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

PROYECTO

“CONTINUIDAD AL DESARROLLO DEL RECINTO MINERO ANA PAULA MEDIANTE EXPLOTACIÓN MINERA SUBTERRÁNEA”

CAPÍTULO I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE, DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y LA DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Índice

I. INTRODUCCIÓN 9

I.1. ANTECEDENTES 9
I.1.1. Autorización de MIA-R Oficio SGPA/DGIRA/DG/02452 10
I.1.2. Modificaciones de obras autorizadas en materia de impacto ambiental regional 13
I.1.2.1 Modificación con Oficio No. SGPA/DGIRA/DG/05461 de fecha 27 de julio de 2017 14
I.1.2.2 Modificación con Oficio SGPA/DGIRA/DG/00880 de fecha 7 de febrero de 2018 15
I.1.2.3 Modificación con Oficio SRA/DGIRA/DG-05852-26 de fecha 16 de julio de 2026 16
I.1.3. Exenciones en materia de impacto ambiental 16
I.1.3.1 Exención con oficio DFG-SGPARN-UGA/000510/2017 de fecha 29 de agosto de 2017 17
I.1.3.2 Exención con oficio DFG-SGPARN-UGA/000628/2017 de fecha 1 de noviembre de 2017 18
I.1.3.3 Exención con oficio DFG-SGPARN-UGA/00050/2018 de fecha 2 de febrero de 2018 18
I.1.3.4 Exención con oficio DFG-SGPARN-UGA/00049/2018 de fecha 2 de febrero de 2018 18
I.1.4. Autorizaciones en materia de impacto ambiental particular 18
I.1.4.1 MIA P con oficio ORE-GRO-UGA-00116-206 de fecha 12 de febrero de 2026 18
I.1.4.2 MIA P con oficio ORE-GRO-UGA-00210-2026 de fecha 6 de marzo de 2026 20
I.1.5. Resumen de áreas autorizadas en materia de impacto ambiental 22
I.1.6. Fundamento 24
I.2. PROYECTO 25
I.2.1. Nombre del proyecto 25
I.3. PROMOVENTE 25
I.3.1. Nombre o razón social 25
I.3.2. Registro Federal de Contribuyentes del promovente 25
I.3.3. Nombre y cargo del representante legal 25
I.3.4. Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones. 25
I.4. RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL 26
I.4.1. Nombre o razón social 26
I.4.2. Nombre del responsable técnico de la elaboración del estudio de impacto ambiental 26
I.4.3. Correo(s) electrónico(s) 26
I.5. UBICACIÓN DEL PROYECTO 27
I.5.1. Entidad federativa y municipio 27
I.5.2. Calle y número, código postal y localidad, en caso aplicable 28
I.6. DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA DE LAS OBRAS Y ACTIVIDADES, INCLUYENDO OBRAS COMPLEMENTARIAS 28
I.6.1. Naturaleza del Proyecto 28
I.6.1.1 Componentes 30
I.6.2. Justificación 35
I.6.3. Obras temporales previstas 37
I.6.4. Proyecto conforme al artículo 5 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambienta 37
I.6.5. Duración del Proyecto 38
I.6.5.1 Duración del Proyecto 38
I.6.5.2 Programa de trabajo 39
I.6.5.3 Preparación del sitio y construcción 41
Preparación del sitio 41
Trazo y nivelación 41
Desmonte 41
Individuos por remover 42
Despalme 42
Construcción 43
Movimiento de tierras 43
Excavaciones subterráneas 43
Construcción y rehabilitación de caminos 44
Construcción de obras de drenaje 44

Construcción de plataformas y cimentaciones 44
Construcción de vialidades 46
Instalación de subestación eléctrica principal, instalación eléctrica aérea y generadores de emergencia 46
Instalación de planta de tratamiento de aguas residuales 46
Instalación de sistema de agua primario, deposito principal, agua fresca y contra incendios. 46
Construcción de estación de combustible de mina 46
Construcción de cuarto de control y eléctrico del molino, vestidores, laboratorio, mantenimiento de molino, almacén y almacén de reactivos 46
Construcción de infraestructura de proceso e instalación de equipos de proceso 46
Construcción de tepetateras 50
Construcción de presa de jales y pileta de recolección 51
Bases de diseño de la presa de jales y tepetateras 54
Demolición de infraestructura existente 58
Ubicación de componentes 59
1. Mina subterránea 59
2. Trituración primaria 60
3. Rampa de acceso 60
4. Rampa de servicios 62
5. Portal de entrada 63
6. Transportador aéreo de trituración subterránea 63
7. Torre de transferencia 63
8. Puente transportador 63
9. Cimentación del puente transportador 64
10. Banda transportadora 69
11. Cribado secundario tanque de mineral en bruto y trituradora secundaria 69
12. Molino de bolas depósito de alimentación 70
13. Mantenimiento de molino 70
14. Molino 70
15. Cuarto de control y eléctrico del molino 71
16. Área de flotación 71
17. Área de reactivos 71
18. Espezadores 72
19. BIOX y torres de enfriamiento 72
20. Depósito ASTER 72
21. CCD y neutralización 73
22. Área CIL 73
23. Manipulación del carbón y refinería 73
24. Entrega almacenamiento y procesamiento de piedra caliza 74
25. Laboratorio 74
26. Corredor de tuberías 74
27. Edificio de planta de relleno de pasta 74
28. Filtros de cola plataforma de preparación y transferencia 75
29. Filtro y tanques de jales de flotación 76
30. Generadores de emergencia 76
31. Subestación eléctrica principal sala de control eléctrico 76
32. Sistema de agua primario, depósito principal, agua fresca y contra incendios 77
33. Estación de combustible de mina 77
34. Área plataforma de explotación 78
35. Vestidores 79
36. Zona de apilamiento 79
37. Almacén 80
38. Almacén de reactivos 80
39. PTAR para taller de camiones y vestuarios 80
40. Instalación eléctrica aérea 80
41. Tepetatera 1 81
42. Tepetatera 2 81
43. Presa de jales 83

44. Pileta de recolección 88
45. Área de explosivos 90
Obras complementarias 90
46. Vialidades 90
47. Áreas libres 106
48. Áreas de corte y relleno 120
49. Obras de drenaje 177
50. Caminos 178
Criterios de diseño de procesos 186
I.6.5.4 Operación y/o mantenimiento 189
Operación 189
Mantenimiento 197
I.6.5.5 Cierre y abandono del sitio 200
I.7. TABLA RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO 201
I.7.1. Consumo de energía eléctrica 201
I.7.2. Consumo de agua 202
I.7.3. Emisiones de gases de efecto invernadero 202
I.7.4. Aprovechamiento de recursos naturales 203
I.7.5. Generación de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos 203
I.7.5.1 Clasificación aplicable y criterio de estimación 203
I.7.5.2 Jales del proceso de beneficio 203
I.7.5.3 Roca estéril 204
I.7.5.4 Residuos de manejo especial 204
I.7.5.5 Residuos peligrosos 205
I.7.5.6 Residuos sólidos urbanos 205
I.7.5.7 Estimación consolidada de la generación de residuos 206
I.7.6. Descargas de agua residual y/o de proceso, indicando el cuerpo receptor y la ubicación del sitio especifico de descarga, georreferenciado en UTM, Datum WGS84 207
I.7.7. Superficies generales del Proyecto 207
I.7.7.1 Superficie del predio o superficie total para el desarrollo del Proyecto 207
I.7.7.2 Superficie de desplante de construcciones, obras y/o instalaciones 210
I.7.7.3 Superficie a intervenir sin construcciones o instalaciones proyectadas 219
Superficie permanente y temporal 219
Superficie con sellamiento y sin sellamiento 223
Superficie con afectación, con sellamiento y sin sellamiento 230
I.7.7.4 Superficie autorizada y por autorizar en materia de impacto ambiental en la zona del área de desplante del Proyecto 230
I.7.7.5 Superficie total de vegetación existente y por afectar 237
I.7.7.6 Superficie de vegetación forestal total existente y por afectar 254
1. Superficie por cada tipo de vegetación forestal por afectar en el área de desplante 254
2. Superficie de forestal autorizada y por autorizar en materia de impacto ambiental 265
3. Polígonos forestales autorizados 274
4. Polígonos forestales por autorizar 282
I.7.7.7 Superficie de incidencia en cuerpos de agua (temporal y/o permanente) existente y por afectar 291
I.7.7.8 Superficie de incidencia en zona federal (temporal y/o permanente) existente y por afectar 293
I.7.7.9 Superficie de incidencia en zona federal marítimo terrestre (temporal y/o permanente) existente y por afectar 294
I.7.8. Anexos 294

Índice de figuras

FIGURA 1. POLIGONAL DONDE SE INSERTA EL PROYECTO. 11
FIGURA 2. UBICACIÓN DE LAS ÁREAS PARA OBRAS DEL PROYECTO CON RESPECTO A LA POLIGONAL 12
FIGURA 3. DISTRIBUCIÓN DE LAS OBRAS DEL PROYECTO 13
FIGURA 4. OBRAS AUTORIZADAS MEDIANTE MODIFICACIONES. 14
FIGURA 5. OBRAS AUTORIZADAS MEDIANTE EXENCIONES. 17
FIGURA 6. OBRAS AUTORIZADAS OFICIO ORE-GRO-UGA-00116. 20

FIGURA 7. OBRAS AUTORIZADAS OFICIO ORE-GRO-UGA-00210-2026. 22
FIGURA 8. ÁREAS AUTORIZADAS EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL. 23
FIGURA 9. UBICACIÓN REGIONAL DEL ÁREA DEL PROYECTO. 27
FIGURA 10. UBICACIÓN LOCAL DEL ÁREA DEL PROYECTO. 28
FIGURA 11. ARREGLO DE LA TEPETATERA 1 Y 2, CON AVANCE PROGRESIVO AGUAS ARRIBA. 51
FIGURA 12. VISTA EN PLANTA DE LA PRESA DE JALES. 52
FIGURA 13. ARREGLO DE LA PRESA DE JALES Y PILETA DE RECOLECCIÓN 52
FIGURA 14. DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL DE PROCESOS. 188
FIGURA 15. POLÍGONO DEL ÁREA DEL PROYECTO. 208
FIGURA 16. ÁREA DE DESPLANTE Y EL ÁREA SIN AFECTACIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO 210
FIGURA 17. POLÍGONOS DEL ÁREA DE DESPLANTE DEL PROYECTO. 211
FIGURA 18. COMPONENTES DE LA ZONA DE DESPLANTE DEL PROYECTO (GENERAL) 214
FIGURA 19. COMPONENTES DE LA ZONA DE DESPLANTE DEL PROYECTO (1 DE 8). 215
FIGURA 20. COMPONENTES DE LA ZONA DE DESPLANTE DEL PROYECTO (2 DE 8). 215
FIGURA 21. COMPONENTES DE LA ZONA DE DESPLANTE DEL PROYECTO (3 DE 8). 216
FIGURA 22. COMPONENTES DE LA ZONA DE DESPLANTE DEL PROYECTO (4 DE 8). 216
FIGURA 23. COMPONENTES DE LA ZONA DE DESPLANTE DEL PROYECTO (5 DE 8). 217
FIGURA 24. COMPONENTES DE LA ZONA DE DESPLANTE DEL PROYECTO (6 DE 8). 217
FIGURA 25. COMPONENTES DE LA ZONA DE DESPLANTE DEL PROYECTO (7 DE 8). 218
FIGURA 26. COMPONENTES DE LA ZONA DE DESPLANTE DEL PROYECTO (8 DE 8). 218
FIGURA 27. AFECTACIÓN EN LA ZONA DE DESPLANTE DEL PROYECTO 219
FIGURA 28. ÁREAS CON SELLAMIENTO Y SIN SELLAMIENTO EN LA ZONA DE DESPLANTE DEL PROYECTO. 224
FIGURA 29. ÁREAS CON AFECTACIÓN, CON SELLAMIENTO Y SIN SELLAMIENTO EN LA ZONA DE DESPLANTE DEL PROYECTO. 230
FIGURA 30. ÁREAS AUTORIZADAS Y POR AUTORIZAR EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL EN EL ÁREA DE DESPLANTE DEL PROYECTO. 231
FIGURA 31. ÁREAS AUTORIZADAS EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL POR NÚMERO DE OFICIO Y LAS ÁREAS POR AUTORIZAR EN LA ZONA DEL ÁREA DE DESPLANTE DEL PROYECTO. 233
FIGURA 32. ÁREAS CON REMOCIÓN DE VEGETACIÓN Y SIN REMOCIÓN DE VEGETACIÓN. 254
FIGURA 33. UBICACIÓN DE POLÍGONOS FORESTALES AUTORIZADOS (GENERAL). 279
FIGURA 34. UBICACIÓN DE POLÍGONOS FORESTALES AUTORIZADOS (1 DE 5). 279
FIGURA 35. UBICACIÓN DE POLÍGONOS FORESTALES AUTORIZADOS (2 DE 5). 280
FIGURA 36. UBICACIÓN DE POLÍGONOS FORESTALES AUTORIZADOS (3 DE 5). 280
FIGURA 37. UBICACIÓN DE POLÍGONOS FORESTALES AUTORIZADOS (4 DE 5). 281
FIGURA 38. UBICACIÓN DE POLÍGONOS FORESTALES AUTORIZADOS (5 DE 5). 281
FIGURA 39. UBICACIÓN DE POLÍGONOS FORESTALES POR AUTORIZAR (GENERAL). 287
FIGURA 40. UBICACIÓN DE POLÍGONOS FORESTALES POR AUTORIZAR (1 DE 7). 287
FIGURA 41. UBICACIÓN DE POLÍGONOS FORESTALES POR AUTORIZAR (2 DE 7). 288
FIGURA 42. UBICACIÓN DE POLÍGONOS FORESTALES POR AUTORIZAR (3 DE 7). 288
FIGURA 43. UBICACIÓN DE POLÍGONOS FORESTALES POR AUTORIZAR (4 DE 7). 289
FIGURA 44. UBICACIÓN DE POLÍGONOS FORESTALES POR AUTORIZAR (5 DE 7). 289
FIGURA 45. UBICACIÓN DE POLÍGONOS FORESTALES POR AUTORIZAR (6 DE 7). 290
FIGURA 46. UBICACIÓN DE POLÍGONOS FORESTALES POR AUTORIZAR (7 DE 7). 290
FIGURA 47. UBICACIÓN DE ESCURRIMIENTO EN EL ÁREA DEL PROYECTO. 291
FIGURA 48. UBICACIÓN DE ESCURRIMIENTOS VERIFICADOS POR LA CONAGUA. 293
FIGURA 49. UBICACIÓN DE LA ZONA FEDERAL DE ESCURRIMIENTO. 294

Índice de tablas

TABLA 1. RESUMEN DE AUTORIZACIONES EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL Y CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES. 9
TABLA 2. COORDENADAS DE LA POLIGONAL DEL PROYECTO. 10
TABLA 3. OBRAS Y SUPERFICIES AUTORIZADAS EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL, Y EN LAS QUE SE AUTORIZÓ LA REMOCIÓN DE VEGETACIÓN. 11

TABLA 4. UBICACIÓN DE RAMPA AUTORIZADA. 14
TABLA 5. SUPERFICIES DE LA MODIFICACIÓN DISTRIBUIDAS POR COMPONENTES. 16
TABLA 6. OBRAS PROGRAMADAS I.1.1.1 MIA P CON OFICIO ORE-GRO-UGA-00116-206. 19
TABLA 7. DIMENSIONES DE LAS OBRAS Y CAMINOS A CONSTRUIR ORE-GRO-UGA-00210-2026. 21
TABLA 8. RESUMEN DE SUPERFICIES AUTORIZADAS EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL 23
TABLA 9. UNIDADES DE PROCESO DE LA PLANTA DE BENEFICIO. 29
TABLA 10. COMPONENTES DEL PROYECTO Y SU REPRESENTACIÓN EN EL PLANO DEL ARREGLO GENERAL. 31
TABLA 11. OBRAS COMPLEMENTARIAS EN EL ÁREA DE DESPLANTE DEL PROYECTO. 35
TABLA 12. PROGRAMA DE TRABAJO DEL PROYECTO. 39
TABLA 13. RESUMEN DE INDIVIDUOS POR REMOVER. 42
TABLA 14. COMPONENTES QUE SERÁN CONSTRUIDOS MEDIANTE EXCAVACIONES SUBTERRÁNEAS. 43
TABLA 15. PARÁMETROS DE DISEÑO DE CÁMARAS DEL MÉTODO DE MINADO. 43
TABLA 16. COMPONENTES EN LOS CUALES SE CONSTRUIRÁN PLATAFORMAS DE CONCRETO HIDRÁULICO. 44
TABLA 17. COMPONENTES EN LOS CUALES SE CONSTRUIRÁN PLATAFORMAS DE BASE GRANULAR. 45
TABLA 18. COMPONENTES PARA LA TRANSPORTACIÓN DE MATERIAL TRITURADO. 47
TABLA 19. EQUIPOS DE PROCESO QUE SE INSTALARÁN. 48
TABLA 20. SUPERFICIES, VOLÚMENES REQUERIDOS Y ÁREA EN LAS CUALES SE CONSTRUIRÁN LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN. 49
TABLA 21. ALTURAS, TIRANTES Y PRESIONES MÁXIMAS DE LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN. 50
TABLA 22. SUB COMPONENTES DE DISEÑO DE LA PRESA DE JALES. 53
TABLA 23. CRITERIOS DE DISEÑO. 54
TABLA 24. VÉRTICES DE MINA SUBTERRÁNEA. 59
TABLA 25. VÉRTICES DEL ÁREA DE TRITURACIÓN PRIMARIA. 60
TABLA 26. VÉRTICES DE LA RAMPA DE LA RAMPA DE ACCESO. 60
TABLA 27. VÉRTICES DE LA RAMPA DE SERVICIOS. 63
TABLA 28. VÉRTICES DEL PORTAL DE ENTRADA. 63
TABLA 29. VÉRTICES DE TRANSPORTADOR AÉREO DE TRITURACIÓN SUBTERRÁNEA. 63
TABLA 30. VÉRTICES DE TORRE DE TRANSFERENCIA. 63
TABLA 31. VÉRTICES DEL PUENTE TRANSPORTADOR. 63
TABLA 32. VÉRTICES DE CIMENTACIÓN DEL PUENTE TRANSPORTADOR. 64
TABLA 33. VÉRTICES DE LA BANDA TRANSPORTADORA. 69
TABLA 34. VÉRTICES DEL CRIBADO SECUNDARIO TANQUE DE MINERAL EN BRUTO Y TRITURADORA SECUNDARIA. 69
TABLA 35. VÉRTICES DE MOLINO DE BOLAS DEPÓSITO DE ALIMENTACIÓN. 70
TABLA 36. VÉRTICES DEL MANTENIMIENTO DE MOLINO. 70
TABLA 37. VÉRTICES DEL MOLINO. 71
TABLA 38. VÉRTICES DEL CUARTO DE CONTROL Y ELÉCTRICO DEL MOLINO. 71
TABLA 39. VÉRTICES DEL ÁREA DE FLOTACIÓN. 71
TABLA 40. VÉRTICES DEL ÁREA DE REACTIVOS. 71
TABLA 41. VÉRTICES DE ESPEZADORES. 72
TABLA 42. VÉRTICES DEL BIOX Y TORRES DE ENFRIAMIENTO. 72
TABLA 43. VÉRTICES DEL ASTER DEPÓSITO. 72
TABLA 44. VÉRTICES DEL CCD Y NEUTRALIZACIÓN. 73
TABLA 45. VÉRTICES DEL ÁREA CIL. 73
TABLA 46. VÉRTICES DE MANIPULACIÓN DEL CARBONO Y REFINERÍA. 73
TABLA 47. VÉRTICES DE LA ENTREGA DE ALMACENAMIENTO Y PROCESAMIENTO DE PIEDRA CALIZA. 74
TABLA 48. VÉRTICES DEL LABORATORIO. 74
TABLA 49. VÉRTICES DEL CORREDOR DE TUBERÍAS. 74
TABLA 50. VÉRTICES DEL EDIFICIO DE PLANTA DE RELLENO DE PASTA. 74
TABLA 51. VÉRTICES DE LOS FILTROS DE COLA PLATAFORMA DE PREPARACIÓN Y TRANSFERENCIA. 75
TABLA 52. VÉRTICES DEL FILTRO Y TANQUES DE JALES DE FLOTACIÓN. 76
TABLA 53. VÉRTICES DE GENERADORES DE EMERGENCIA. 76
TABLA 54. VÉRTICES DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA PRINCIPAL SALA DE CONTROL ELÉCTRICO. 76
TABLA 55. VÉRTICES DEL SISTEMA DE AGUA PRIMARIO. 77

TABLA 56. VÉRTICES DE LA ESTACIÓN DE COMBUSTIBLE DE MINA....77
TABLA 57. VÉRTICES DEL ÁREA DE PLATAFORMA DE EXPLOTACIÓN....78
TABLA 58. VÉRTICES DE VESTIDORES....79
TABLA 59. VÉRTICES DE ZONA DE APILAMIENTO....79
TABLA 60. VÉRTICES DEL ALMACÉN....80
TABLA 61. VÉRTICES DEL ALMACÉN DE REACTIVOS....80
TABLA 62. VÉRTICES DE PTAR PARA TALLER DE CAMIONES Y VESTUARIOS....80
TABLA 63. VÉRTICES DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA AÉREA....80
TABLA 64. VÉRTICES DE TEPETATERA 1....81
TABLA 65. VÉRTICES DE TEPETATERA 2....81
TABLA 66. VÉRTICES DE PRESA DE JALES....83
TABLA 67. VÉRTICES DE PILETA DE RECOLECCIÓN....88
TABLA 68. VÉRTICES DEL ÁREA DE EXPLOSIVOS....90
TABLA 69. VÉRTICES DE VIALIDADES....90
TABLA 70. VÉRTICES DE POLÍGONOS DE ÁREAS LIBRES....106
TABLA 71. VÉRTICES DEL ÁREA DE CORTE Y RELLENO....120
TABLA 72. VÉRTICES DE LAS OBRAS DE DRENAJE....177
TABLA 73. VÉRTICES DE CAMINOS....178
TABLA 74. LEYES DE CABEZA PROMEDIO DE LA VIDA DE LA MINA Y RECUPERACIONES....186
TABLA 75. CRITERIOS DE DISEÑO DE PROCESOS....189
TABLA 76. LISTA DE REACTIVOS Y CONSUMIBLES DE PROCESO....196
TABLA 77. ESTIMACIÓN DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS DEL PROYECTO....206
TABLA 78. COORDENADAS DEL ÁREA DEL PROYECTO....208
TABLA 79. SUPERFICIE DEL ÁREA DE DESPLANTE Y EL ÁREA SIN AFECTACIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO....209
TABLA 80. SUPERFICIE DE LOS POLÍGONOS DEL ÁREA DE DESPLANTE DEL PROYECTO....210
TABLA 81. SUPERFICIES DE LOS COMPONENTES DE LA ZONA DE DESPLANTE DEL ÁREA DEL PROYECTO....211
TABLA 82. SUPERFICIE DE AFECTACIÓN PERMANENTE Y TEMPORAL EN EL ÁREA DE DESPLANTE DEL PROYECTO....219
TABLA 83. SUPERFICIE DE AFECTACIÓN PERMANENTE Y TEMPORAL EN EL ÁREA DE DESPLANTE DEL PROYECTO POR COMPONENTE Y SUBCOMPONENTES....220
TABLA 84. SUPERFICIES CON SELLAMIENTO Y SIN SELLAMIENTO EN EL ÁREA DE DESPLANTE DEL PROYECTO....223
TABLA 85. COMPONENTES CON SELLAMIENTO Y SIN SELLAMIENTO EN EL ÁREA DE DESPLANTE DEL PROYECTO....225
TABLA 86. SUPERFICIE CON AFECTACIÓN PERMANENTE, TEMPORAL, CON SELLAMIENTO Y SIN SELLAMIENTO EN EL ÁREA DE DESPLANTE....230
TABLA 87. SUPERFICIES AUTORIZADAS Y POR AUTORIZAR....231
TABLA 88. AUTORIZACIONES DE IMPACTO AMBIENTAL SOBREPUESTAS EN EL ÁREA DE DESPLANTE DEL PROYECTO....231
TABLA 89. SUPERFICIES POR NÚMERO DE OFICIO Y POR AUTORIZAR EN EL ÁREA DE DESPLANTE DEL PROYECTO....232
TABLA 90. SUPERFICIES AUTORIZADAS Y POR AUTORIZAR EN LOS COMPONENTES DEL ÁREA DE DESPLANTE DEL PROYECTO....233
TABLA 91. USO DE SUELO Y VEGETACIÓN EN EL ÁREA DEL PROYECTO....237
TABLA 92. SUPERFICIES POR USOS DE SUELO Y VEGETACIÓN EN EL ÁREA DE DESPLANTE DEL PROYECTO....238
TABLA 93. USOS DE SUELO Y VEGETACIÓN DE CAMPO EXISTENTE EN LOS COMPONENTES DEL ÁREA DE DESPLANTE....238
TABLA 94. VEGETACIÓN EN EL ÁREA DE DESPLANTE DEL PROYECTO....245
TABLA 95. SUPERFICIES DE VEGETACIÓN EN LA CUAL SE REALIZARÁ REMOCIÓN DE VEGETACIÓN Y SIN REMOCIÓN DE VEGETACIÓN EN EL ÁREA DE DESPLANTE....245
TABLA 96. SUPERFICIES DE VEGETACIÓN EN LA CUAL SE REALIZARÁ REMOCIÓN DE VEGETACIÓN Y SIN REMOCIÓN DE VEGETACIÓN POR COMPONENTE EN EL ÁREA DE DESPLANTE....246
TABLA 97. SUPERFICIE FORESTAL POR AFECTAR EN EL ÁREA DE DESPLANTE DEL PROYECTO....254
TABLA 98. COMPONENTES EN LOS CUALES SE REALIZARÁ LA REMOCIÓN DE VEGETACIÓN; ASÍ LA SUPERFICIE....256
TABLA 99. SUPERFICIES DE VEGETACIÓN FORESTAL QUE SERÁ REMOVIDA AUTORIZADA Y POR AUTORIZAR....265
TABLA 100. SUPERFICIE FORESTAL AUTORIZADA Y POR AUTORIZAR....265
TABLA 101. COMPONENTES POR USO DE SUELO Y VEGETACIÓN AUTORIZADOS Y POR AUTORIZAR EN LOS CUALES SE REALIZARÁ LA REMOCIÓN DE VEGETACIÓN....266
TABLA 102. SUPERFICIES DE LOS POLÍGONOS FORESTALES AUTORIZADOS....274
TABLA 103. SUPERFICIES DE LOS POLÍGONOS FORESTALES POR AUTORIZAR....282

TABLA 104. SUPERFICIES DE INCIDENCIA EN ESCURRIMIENTOS INTERMITENTES EN EL ÁREA DEL PROYECTO. 291
TABLA 105. SUPERFICIES DE INCIDENCIA EN ESCURRIMIENTOS EN LOS COMPONENTES DEL ÁREA DE DESPLANTE.....292

I. INTRODUCCIÓN

I.1. Antecedentes

El área donde se ubica el proyecto “Continuidad al Desarrollo del Recinto Minero Ana Paula mediante Explotación Minera Subterránea”, promovido por la empresa Minera Aurea, S.A. de C.V. en el municipio de Cuetzala del Progreso, Estado de Guerrero, cuenta con autorizaciones previas emitidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) para desarrollar el proyecto antecedente denominado “Desarrollo Recinto Minero Ana Paula”.

Con el propósito de adecuar el esquema operativo a las condiciones geoambientales del sitio, optimizar la eficiencia en la extracción minera y dar cumplimiento irrestricto a la legislación ambiental vigente —en particular a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y sus reglamentos—, la empresa promovente somete a evaluación del procedimiento de evaluación del impacto ambiental una nueva Manifestación de Impacto Ambiental (MIA).

Esta nueva MIA responde a la necesidad de reconfigurar la distribución espacial de la infraestructura, integrar ajustes técnicos al diseño minero-metalúrgico (transición e integración de minado a cielo abierto hacia un esquema de explotación minera subterránea) y regularizar e integrar de manera integral y holística la totalidad de las obras existentes, ampliaciones y proyectos complementarios desarrollados históricamente en el sitio.

El sitio del Proyecto cuenta con un historial de gestión ambiental y trámite de autorizaciones tanto en materia de Impacto y Riesgo Ambiental ante la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA), como en Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) ante la Delegación Federal/Oficina de Representación de la SEMARNAT en el Estado de Guerrero. A continuación, se resumen los instrumentos legales emitidos previamente para el proyecto antecedente:

Tabla 1. Resumen de autorizaciones en materia de impacto ambiental y cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

Materia	Número de autorización	Modificaciones	MIA-P
Impacto ambiental	SGPA/DGIRA/DG/02452 con fecha 3 de abril de 2017, mediante el cual se autorizó la MIA-R para el proyecto denominado “Desarrollo Recinto Minero Ana Paula”.	SGPA/DGIRA/DG/05461 de fecha 27 de julio de 2017 mediante el cual se autorizó la Modificación del proyecto “Desarrollo Recinto Minero Ana Paula”.	-
		SGPA/DGIRA/DG/00880 de fecha 7 de febrero de 2018 de fecha 27 de julio de 2017 mediante el cual se autorizó la Modificación del proyecto “Desarrollo Recinto Minero Ana Paula”.	-
		SRA/DGIRA/DG-05852-26 de fecha 16 de julio de 2026 mediante el cual se autorizó la Modificación del proyecto “Desarrollo Recinto Minero Ana Paula”.	-
	DFG-SGPARN-UGA/000510/2017 de fecha 29 de agosto de 2017, resolución de exención.	-	-
	DFG-SGPARN-UGA/000628/2017 de fecha 1 de noviembre de 2017, resolución de exención.	-	-
	DFG-SGPARN-UGA/00050/2018 de fecha 2 de febrero de 2018, resolución de exención.	-	-
	DFG-SGPARN-UGA/00049/2018 de fecha 2 de febrero de 2018, resolución de exención.	-	-

Materia	Número de autorización	Modificaciones	MIA-P
	-	-	ORE-GRO-UGA-00116-206 de fecha 12 de febrero de 2026, mediante el cual se autorizó la MIA-P al proyecto denominado “Exploración Guadalupe
	-	-	ORE-GRO-UGA-00210-2026 de fecha 6 de marzo de 2026, mediante el cual se autorizó la MIA-P al proyecto denominado “Exploración del Rodeo”

I.1.1. Autorización de MIA-R Oficio SGPA/DGIRA/DG/02452

La resolución en materia de Impacto y Riesgo Ambiental se emitió en referencia a los aspectos ambientales correspondientes a las obras y actividades del proyecto denominado “Desarrollo Recinto Minero Ana Paula” promovido por la empresa Minera Aurea, S.A. de C.V. Lo anterior con oficio No. SGPA/DGIRA/DG/02452 con fecha 3 de abril de 2017.

El Proyecto consiste en el aprovechamiento de un yacimiento de oro y plata que comprende la explotación de minado a cielo abierto (tajo) y el beneficio mediante la trituración, lixiviación dinámica con cianuro, así como adsorción, desorción y recuperación (ADR) y depósito de jales en una presa, con una capacidad nominal de tratamiento instalada de 6,000 toneladas de mineral triturado por día.

La autorización señala una vigencia de 2 años para llevar a cabo las obras y/o actividades de preparación del sitio y construcción, 10 años para la operación y mantenimiento, y 2 años para la etapa de abandono del Proyecto. Dado que, el oficio de autorización fue notificado con fecha 04 de abril de 2017 el plazo para la preparación del sitio y construcción finalizó el 05 de abril de 2019, por lo que actualmente las obras y actividades autorizadas y ejecutadas mediante este oficio, se encuentran en la etapa de operación y mantenimiento.

De acuerdo con la autorización, la poligonal donde se inserta el Proyecto, tiene una superficie de 2,003 ha, cuyas coordenadas y ubicación se muestran a continuación.

Tabla 2. Coordenadas de la poligonal del Proyecto.

Vértice	X	Y
1	407,008.81	1,999,863.17
2	411,908.81	1,999,863.17
3	411,908.81	1,997,863.17
4	415,408.81	1,997,863.17
5	415,408.81	1,997,763.17
6	411,908.81	1,997,763.17
7	411,908.81	1,995,863.17
8	407,008.81	1,995,863.17

Sin embargo, el polígono conformado por las coordenadas señaladas en la misma autorización, el cual se muestra en la siguiente figura arroja una superficie total de 1,995 ha.

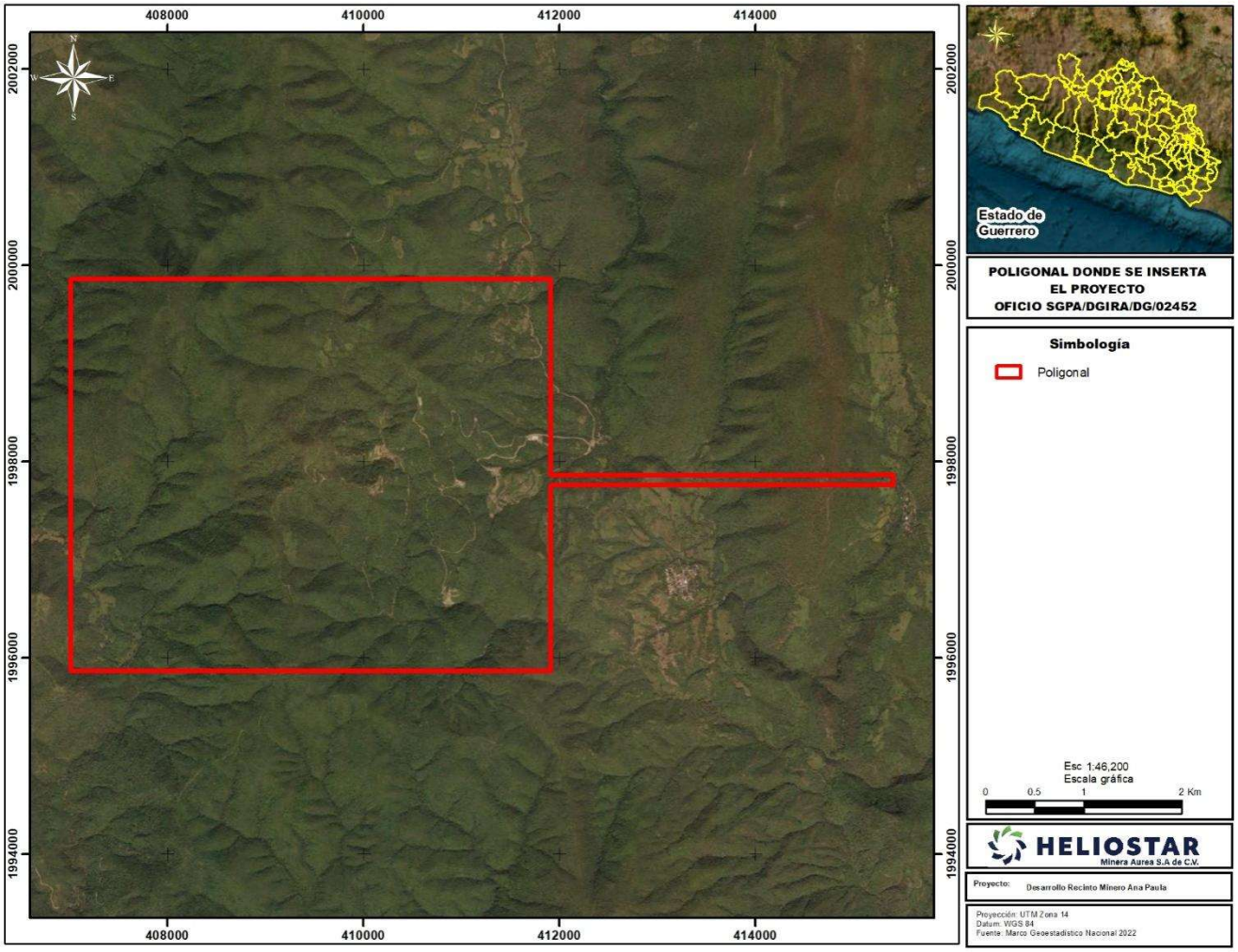


Figura 1. Poligonal donde se inserta el Proyecto.

Por otra parte, en la autorización se señala que, de las 2,003 ha, las obras autorizadas ocuparán sólo 140.39 ha, y se requiere el desmonte en 140.39 ha que sustentan vegetación forestal de selva baja caducifolia, vegetación secundaria del mismo tipo, así como bosque de encino.

Tabla 3. Obras y superficies autorizadas en materia de Impacto Ambiental, y en las que se autorizó la remoción de vegetación.

No. de obras	Obras	Superficie (ha)
1	Tajo	30.7
2	Tepetateras	49.3
3	Presa de jales	36.5
4	Almacenamiento de suelo recuperado	6.27
5	Laboratorio	0.18
6	Subestación eléctrica	0.5
7	Oficinas	1.9
8	Campamento A, B y C	5.69
9	Taller de mantenimiento	0.36
10	Planta de beneficio	5.22
11	Detoxificación de jales	0.11
12	Almacén de reactivos	0.36
13	Laguna de emergencia	0.14
14	Espesadores y filtros	0.8
15	Área de explosivos	0.79

No. de obras	Obras	Superficie (ha)
16	Almacén general	0.63
17	Área de maniobras	0.84
18	Tanques de agua	0.1
Total		**140.39**

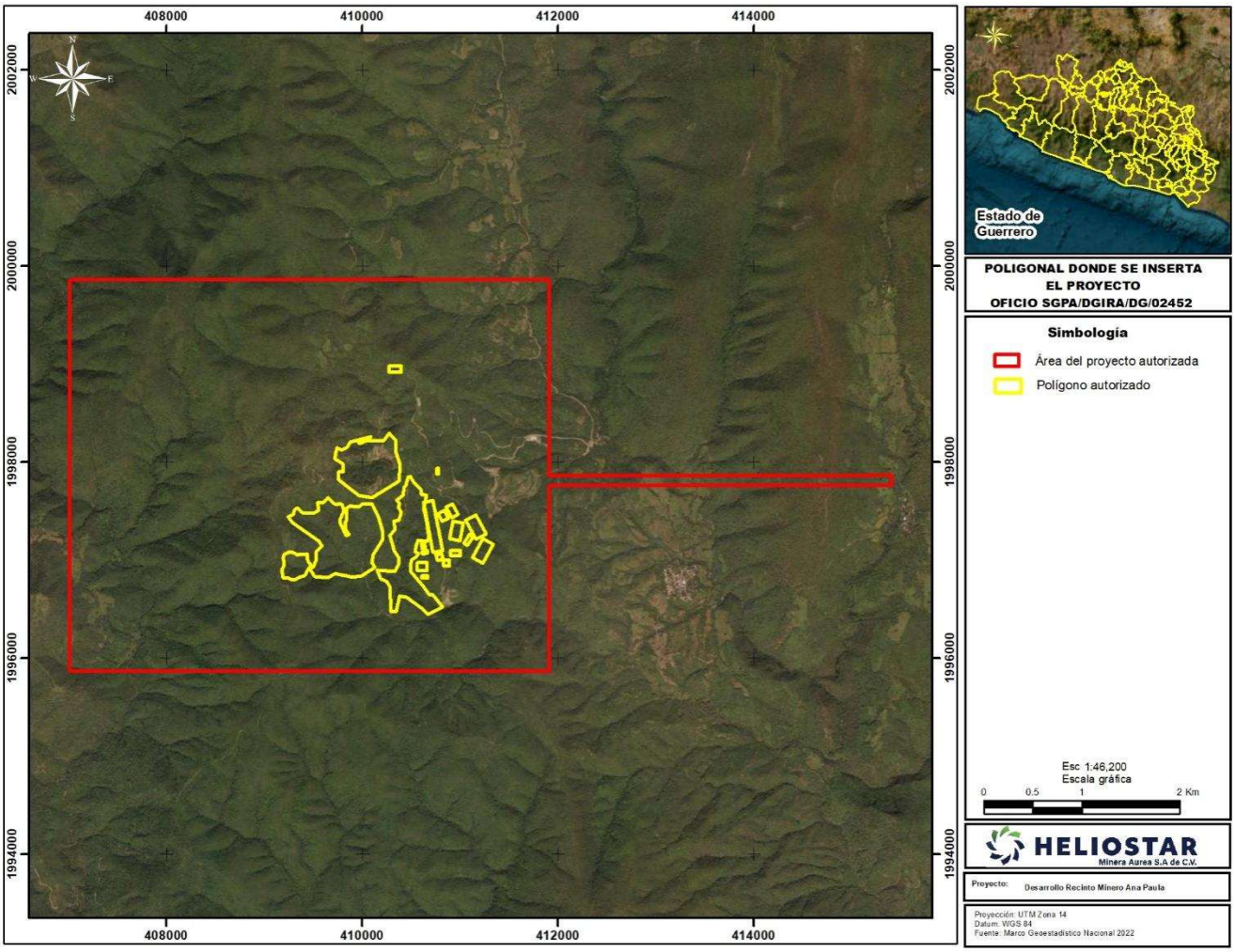


Figura 2. Ubicación de las áreas para obras del Proyecto con respecto a la poligonal.

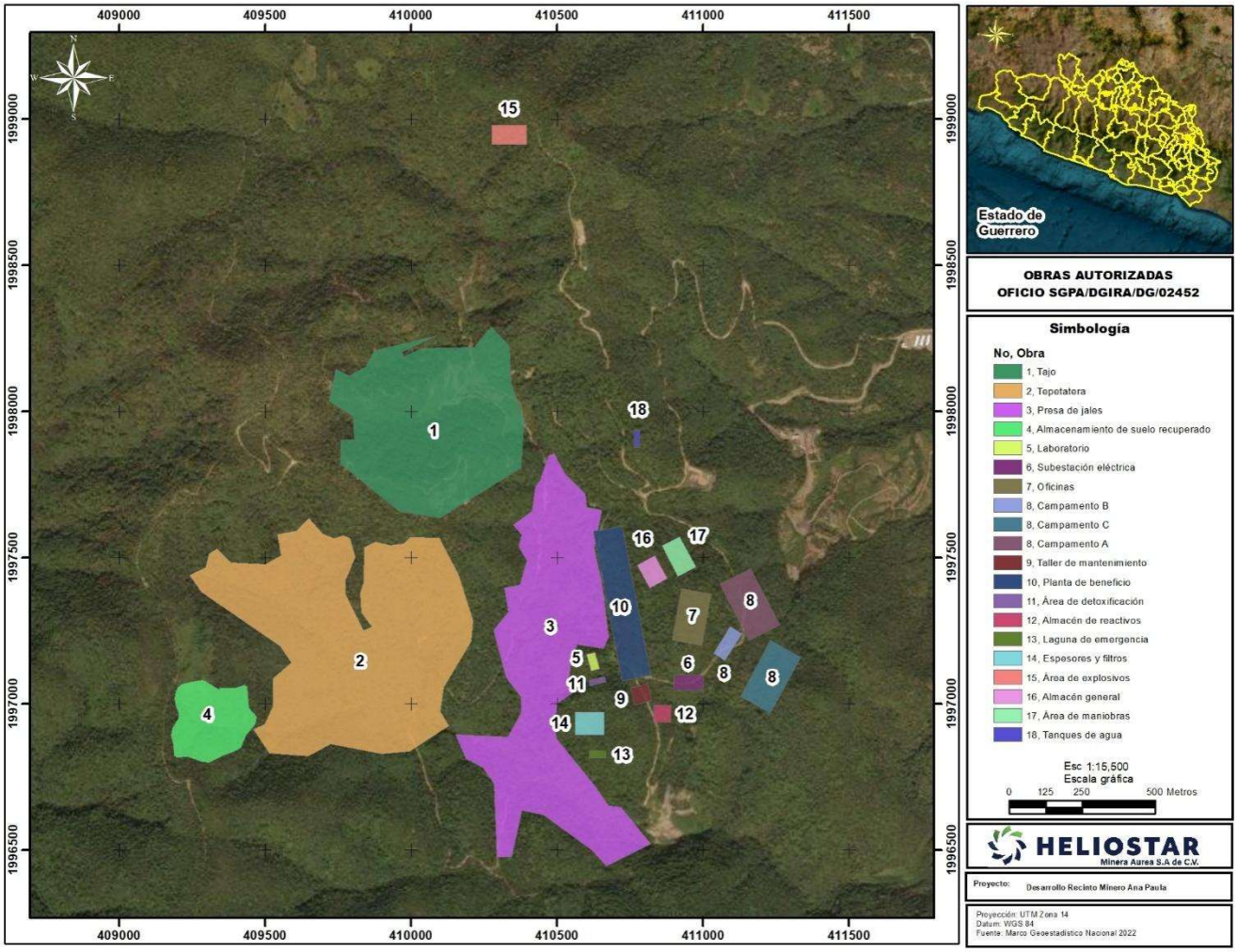


Figura 3. Distribución de las obras del Proyecto.

I.1.2. Modificaciones de obras autorizadas en materia de impacto ambiental regional

La autorización SGPA/DGIRA/DG/02452 con fecha 3 de abril de 2017, mediante el cual se autorizó la MIA-R para el proyecto denominado “Desarrollo Recinto Minero Ana Paula” cuenta con 3 modificaciones autorizadas:

- SGPA/DGIRA/DG/05461 de fecha 27 de julio de 2017 mediante el cual se autorizó la Modificación del proyecto “Desarrollo Recinto Minero Ana Paula”.
- SGPA/DGIRA/DG/00880 de fecha 7 de febrero de 2018 de fecha 27 de julio de 2017 mediante el cual se autorizó la Modificación del proyecto “Desarrollo Recinto Minero Ana Paula”.
- SRA/DGIRA/DG-05852-26 de fecha 16 de julio de 2026 mediante el cual se autorizó la Modificación del proyecto “Desarrollo Recinto Minero Ana Paula”.

La ubicación de las obras autorizadas en las modificaciones señaladas se muestra en la siguiente figura.

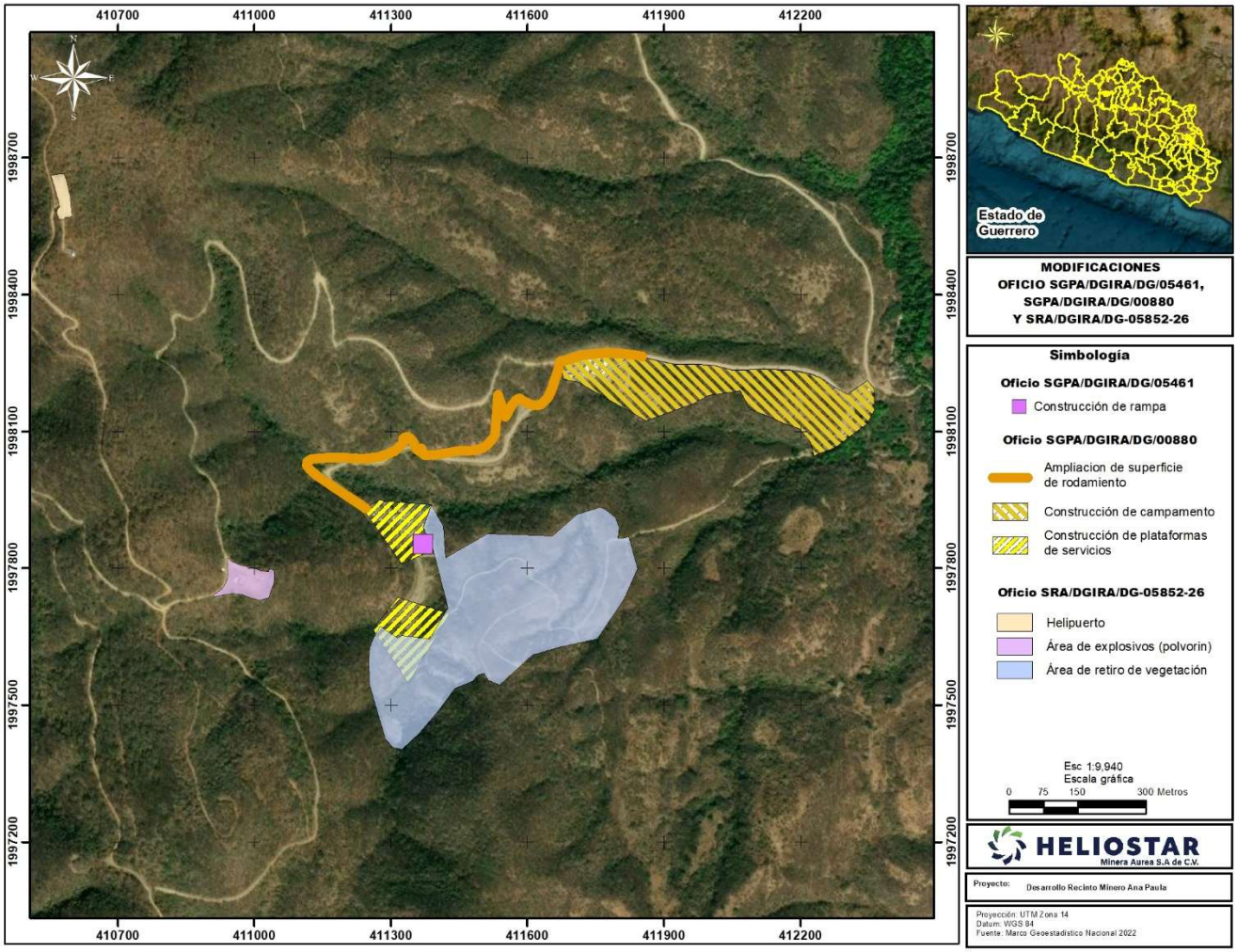


Figura 4. Obras autorizadas mediante modificaciones.

En los siguientes apartados se describen las características de los componentes autorizados, su ubicación con coordenadas, así como dimensiones.

I.1.2.1 Modificación con Oficio No. SGPA/DGIRA/DG/05461 de fecha 27 de julio de 2017

La modificación planteada para el Proyecto consistió en la construcción de una rampa de 1,480 metros de longitud con una pendiente de 12% asimismo plantea que se requiere la colocación de siente travesaños, cada uno, con una longitud de 100 metros, a cada 50 metros únicamente en los últimos 300 metros de la rampa. La entrada al túnel es de 5 metros de ancho por 5.5 metros de alto, que se localizará en las siguientes coordenadas como el punto de acceso al túnel:

Tabla 4. Ubicación de rampa autorizada.

X	Y
411370.109	1997853.355

Asimismo, la promovente manifestó que se instalarán 2 ventiladores de flujo axial de 50 mil cfm dispuestos en serie, los ventiladores serán posicionados en el portal de entrada para entregar aire limpio, el cual será conducido través de ductos de ventilación mediante mangas de 40 pulgadas, dichos ductos, debido a la sección y geometría de la galería serán de tipo circular, con una contrapocera, con una

distancia vertical entre 250 y 300 metros. Se indicó que para la construcción de la rampa se requeriría un periodo de 14 meses.

I.1.2.2 Modificación con Oficio SGPA/DGIRA/DG/00880 de fecha 7 de febrero de 2018

La modificación propuesta para el Proyecto consistió en el desarrollo y/o actividades asociadas a la construcción de la rampa o túnel descendente requerido para llevar a cabo los procesos de explotación minera, mediante una operación de superficie, pero con potencial subterráneo, para hacer más eficiente el aprovechamiento subterráneo y con ello disminuir el tamaño del tajo y, en consecuencia, disminuir efectos adversos que genera la explotación de minerales por métodos a cielo abierto.

En este sentido, para poder llevar a cabo el desarrollo de dicha rampa o túnel descendente, la promovente manifestó que se requiere la construcción de un campamento, de una plataforma para servicios y patios de maniobras; así como la ampliación de la franja de rodamiento de los caminos existentes a 5 metros de ancho, mientras que las áreas con pendientes laterales, los mismos se agrandarán hasta 8 metros, y adicionalmente el área de pateo se incrementará a 5 metros, las razones son estrictamente por seguridad del personal y para garantizar las seguridad del tránsito vehicular.

1. **Ampliación de rodamiento**

Las obras de ampliación de la superficie de rodamiento, obras de drenaje y pateos para la ampliación del camino de acceso al campamento y al túnel de explotación para el Proyecto tendrán una longitud de 1,073.9381 metro.

2. **Campamento**

La instalación del campamento se realizará en un terreno agrícola de temporal con una superficie de 6.8411 ha.

Asimismo, la promovente indicó que las obras que se instalarán dentro de este polígono, serán los módulos prefabricados semifijos y unidades móviles para dormitorios de 36.40 metros x 7.28 metros, oficinas y servicios, caseta de vigilancia, servicios médicos, baños, bodegas, comedor y lavandería de 20.02 metros x 5.46 metros, una palapa para área recreativa, una cancha de básquetbol y una de fútbol, módulo para paramédicos, módulo para la planta purificadora de agua, cisterna de 10,000 litros para agua, plataforma para generador de electricidad, y un biodigestor de 7,000 litros para agua.

3. **Plataformas de servicios**

Adicionalmente, la promovente declaró que contará con un área de maniobras, lo más cercano posible a la rampa o túnel descendente previamente autorizada, pretende construir dos plataformas con una superficie de 1.311015 ha y 1.845443 ha, respectivamente, unidas por camino de 117 m de longitud con una superficie de rodamiento de 6 m de ancho.

Conforme a la autorización, las obras y actividades que se pretenden desarrollar en la plataforma con superficie de 1.311015 ha son: un área de oficinas, área de comedor, área de taller, áreas de generación de energía, área de almacén, área de baños, área para decantación de agua, área de suministro de agua, área de paramédicos; y en la plataforma con superficie de 1.845443 ha, se llevarán a cabo

maniobras y un estacionamiento para la maquinaria y el equipo que se utilizará en la construcción del túnel.

I.1.2.3 Modificación con Oficio SRA/DGIRA/DG-05852-26 de fecha 16 de julio de 2026

La modificación al proyecto consiste en el cambio de ubicación del área de explosivos (polvorín), un área nueva para depósito de la vegetación producto del desmonte y despalme y la construcción de un helipuerto. Para llevar a cabo dichas modificaciones al Proyecto, se requiere de una superficie total de 16.0718 ha, distribuidas de la manera siguiente:

Tabla 5. Superficies de la modificación distribuidas por componentes.

Obra	Superficie en ha
Área de explosivos (polvorín)	0.7012
Área de retiro de vegetación	15.0816
Helipuerto	0.2890
Total	**16.0718**

Se requerirá del cambio de uso de suelo forestal en las 16.0718 ha que comprenden la modificación del Proyecto y que sustentan vegetación de tipo selva baja caducifolia.

I.1.3. Exenciones en materia de impacto ambiental

Por otra parte, se obtuvieron las siguientes 4 resoluciones que exentan de la autorización de impacto ambiental a obras complementarias.

1. DFG-SGPARN-UGA/000510/2017 de fecha 29 de agosto de 2017.
2. DFG-SGPARN-UGA/000628/2017 de fecha 1 de noviembre de 2017.
3. DFG-SGPARN-UGA/00050/2018 de fecha 2 de febrero de 2018.
4. DFG-SGPARN-UGA/00049/2018 de fecha 2 de febrero de 2018.

La distribución de las obras exentadas en las 4 resoluciones se muestra en la siguiente figura, mientras que, en los apartados posteriores se describen sus alcances y ubicación con coordenadas.

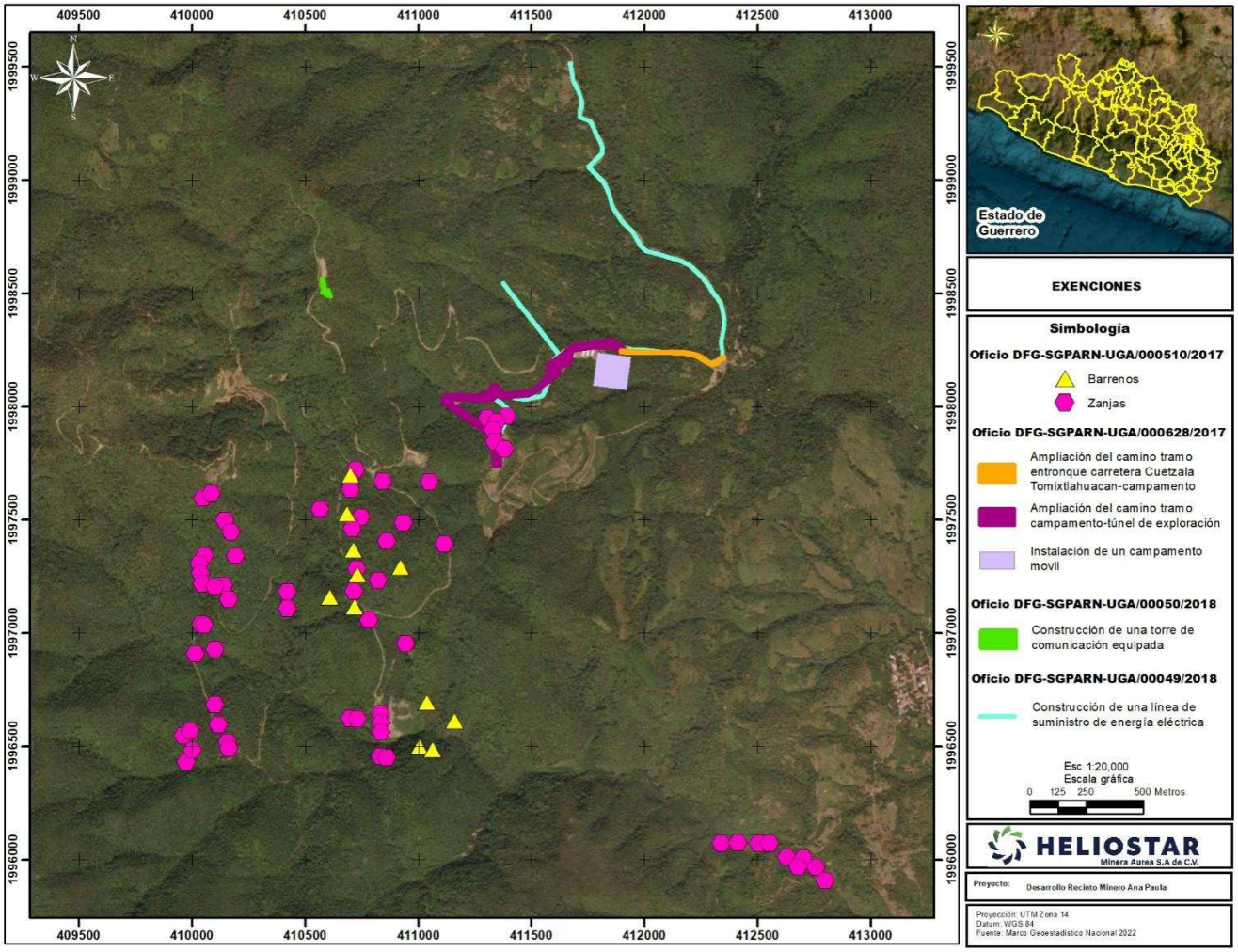


Figura 5. Obras autorizadas mediante exenciones.

I.1.3.1 Exención con oficio DFG-SGPARN-UGA/000510/2017 de fecha 29 de agosto de 2017

En esta exención se manifestó que, los trabajos de campo del Proyecto consisten:

- Zanjeos con retroexcavadora y la realización de pozos a cielo abierto, como tramos de prueba, distribuidos en el área del terreno, los cuales se excavan con máquina retroexcavadora, con el fin de muestrear la mayoría de los estratos que se presentan y establecer la estratigrafía nativa del sitio, la profundidad excavada en los sondeos varía de 1.20 metros a 1.80 metros debido al afloramiento de la roca.
- Sondeos con máquina rotatoria (SMR), en el área del proyecto se realizarán sondeos efectuados con maquina a diferentes profundidades.
- Ensayes y pruebas de laboratorio. Con la finalidad de preparar este reporte se llevaron a cabo análisis de laboratorio con muestras representativas para clasificar el material.

En el resolutivo se señala que dichas obras y actividades se realizarían en una zona ya impactada y que, no requeriría la remoción de cubierta vegetal forestal.

I.1.3.2 Exención con oficio DFG-SGPARN-UGA/000628/2017 de fecha 1 de noviembre de 2017

El promovente, sometió al procedimiento de exención de la presentación de la manifestación de impacto ambiental, las obras e instalaciones, relativas a la ampliación de un camino de acceso del camino que comunica a la población de Cuetzala del Progreso y Tomixtlahuacán, ambos en Municipio de Cuetzala del Progreso, Guerrero, con el campamento y el túnel de exploración, dentro del proyecto Minero “Ana Paula”.

La resolución señala que para este proyecto no se requiere de la remoción de vegetación forestal de bosques, selvas o zonas áridas.

I.1.3.3 Exención con oficio DFG-SGPARN-UGA/00050/2018 de fecha 2 de febrero de 2018

El proyecto consistió en realizar obras e instalaciones, relativas a la construcción de una torre de comunicación equipada, sobre un polígono de 1,113 metros cuadrados.

La resolución señala que estas se ubican en zonas ya impactadas por la agricultura y la ganadería y que no se requiere la remoción de vegetación forestal.

I.1.3.4 Exención con oficio DFG-SGPARN-UGA/00049/2018 de fecha 2 de febrero de 2018

El proyecto consistió en realizar obras e instalaciones del proyecto “Línea de transmisión para la unidad minera Ana Paula, relativas a la construcción de una línea de suministro de energía eléctrica de 3,197 metros de los cuales 3,115 corresponde a una línea primaria aérea y dos líneas subterráneas de 56 y 26 metros de longitud respectivamente.

La resolución señala que para las obras y actividades de este proyecto no se requiere la remoción de vegetación forestal.

I.1.4. Autorizaciones en materia de impacto ambiental particular

I.1.4.1 MIA P con oficio ORE-GRO-UGA-00116-206 de fecha 12 de febrero de 2026

El proyecto pretende la exploración minera directa por medio del método de barrenación a diamante con recuperación de núcleo; actividad que se presente realizar por parte de la empresa Minera Aurea SA de CV, dentro del área comprendida por el lote minero Apaxtla 3, municipio de Cuetzala del Progreso.

Las actividades que se pretenden realizar corresponden a diversos trabajo y actividades de exploración minera directa en una superficie de 81.624 ha; corresponde a lo siguiente:

- Limpieza y nivelación del terreno.
- El acondicionamiento de 265 planillas de barrenación para instalación del equipo de perforación, con dimensiones promedio de 72 m^2 c/u (12 m por 6) en una superficie de 18,360 m^2 (1.8360 hectáreas) y la perforación de 298 barrenos a diamante con una profundidad total conjunta aproximada de 126,010 metros lineales.
- La construcción de 86 tramos de camino con una longitud total de 3,663.946 metros, con ancho promedio de 4.25 metros, dando una superficie total de 15,630 m^2 (1.563 hectáreas).

- Rehabilitación y acondicionamiento de 2.337 ha de caminos y brechas existentes.
- Debido a que las obras de exploración se encuentran dispersas, el área del proyecto será la suma de las superficies en la cuales se realizaran las actividades anteriormente descritas, en este caso 57,360 m^2 (5.763 ha).
- No se tiene contemplado la construcción de campamentos, estaciones de servicio u alguna otra instalación, debido a la cercanía de la unidad minera Ana Paula y las ciudades de Cuetzala y Cocula.
- Instalación temporal de instalación para el personal, manejo de información y núcleos, sanitarios portátiles, e infraestructura de acopio de residuos.

Tabla 6. Obras programadas I.1.1.1 MIA P con oficio ORE-GRO-UGA-00116-206.

Obra	**Cantidad**	**Dimensiones (m)**	**Superficies (m^2)**	**Superficie (ha)**
Planilla de barrenación	265	6 x 12 (promedio)	18660	1.836
Camino de acceso existentes	-	-	23370	2.337
Caminos por construir	86	4.25 x 3663.946	15630	1.563
Total	**351**	-	**57,360**	**5.736**

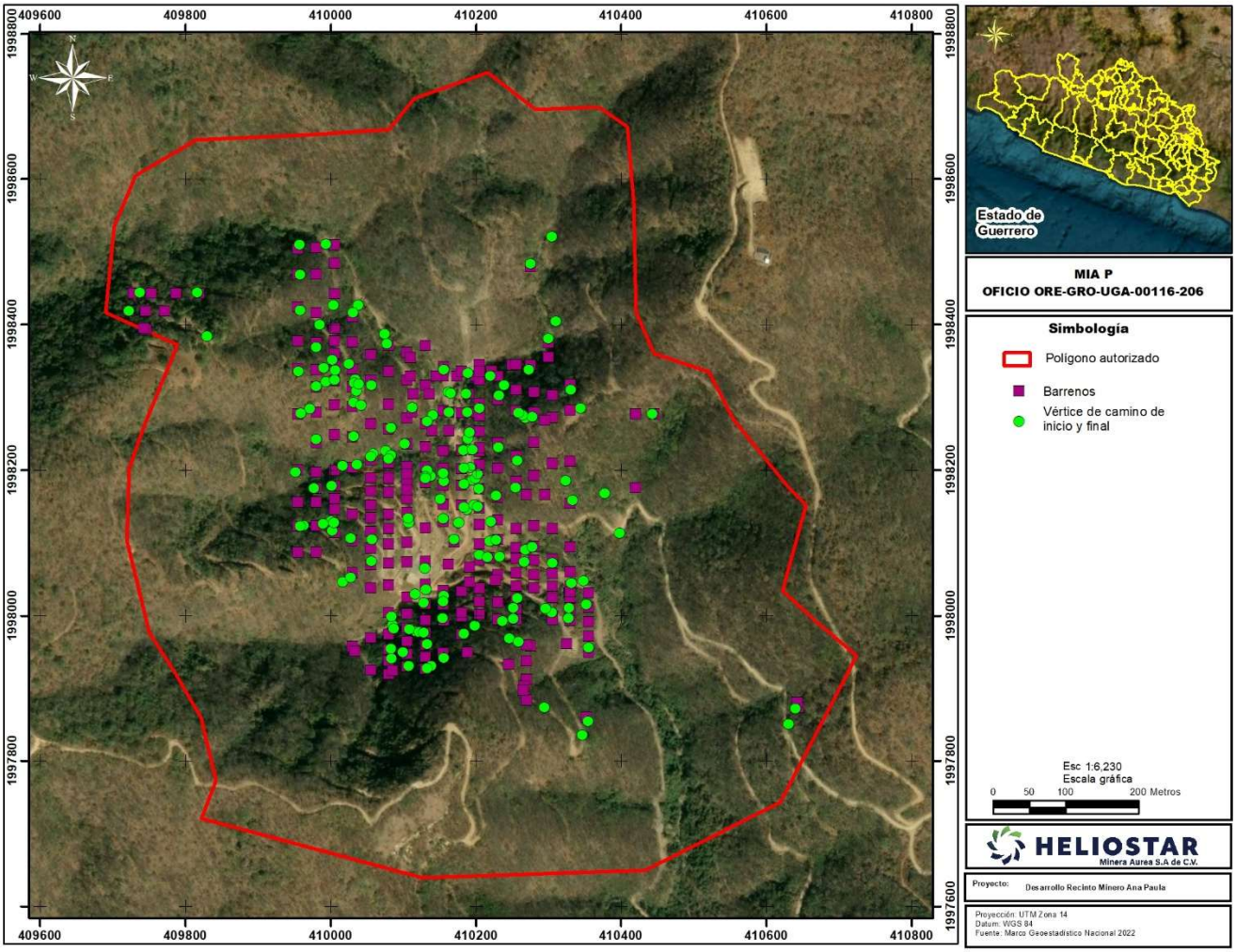


Figura 6. Obras autorizadas oficio ORE-GRO-UGA-00116.

I.1.4.2 MIA P con oficio ORE-GRO-UGA-00210-2026 de fecha 6 de marzo de 2026

El Proyecto “Exploración El Rodeo”, consiste en la exploración minera directa a través del método de barrenación a diamante con recuperación de núcleo, circulación inversa y zanjeo, en un área de interés, localizada dentro de áreas concesionadas a la empresa Minera Aurea SA de CV.

Dentro de un polígono envolvente con influencia del proyecto con una superficie de 265.182 hectáreas, en específico este proyecto comprende 10.092 hectáreas, de las cuales se requiere realizar actividades de cambio de uso de suelo en solo 3.584 hectáreas, cubiertas con vegetación de selva baja caducifolia.

Se proyectan 98 planillas de exploración minera, correspondientes a 72 planillas de barrenación y 26 planillas de zanjeo, con las siguientes características:

- Planillas de barrenación:

72 planillas de barrenación para instalación del equipo de perforación (64 a diamante y 8 circulación inversa) de estas:

  - 64 con dimensiones de 72 m^2 c/u (13 m por 6 m) en una superficie de 0.04608 hectáreas.

- 3 planillas de barrenación de 12 x 30 m (360 m2 c/u), en una superficie de 0.108 hectáreas.
- 5 planillas de barrenación de 40 x 40 (1,600 m2 c/u), en una superficie de 0.8 hectáreas, con una profundidad total conjunta aproximada de 7,145 metros lineales.

- Planillas de zanjeo

26 planillas de zanjeo de 72 m^2 c/u (12 m x 6 m) en una superficie de 0.1872 hectáreas, de 3 m de ancho, por 5 m de largo y 1 m de profundidad promedio.

- Trabajos de limpieza y rehabilitación: trabajos de limpieza y rehabilitación de 7.007 km de caminos.
- Caminos nuevos: construcción de 39 tramos de caminos nuevos con un ancho promedio de 6 metros, en una longitud total de 8,236 metros, en una superficie total de 85,360 m2 (8.536 hectáreas), que incluyen los taludes y pateos.

Tabla 7. Dimensiones de las obras y caminos a construir ORE-GRO-UGA-00210-2026.

No.	Obra	Dimensión	Cantidad	Superficie (m2)	Superficie (ha)
1	Planilla	12 x 6 m/12 x 30/ 40 x 40	72	13,688	1.3688
2	Zanjas	12 x 6 m	26	1,872	0.1872
3	Caminos nuevos	6 m + pateo y talud	39 tramos	85,360	8.536
			Total	**100,920**	**10.092**

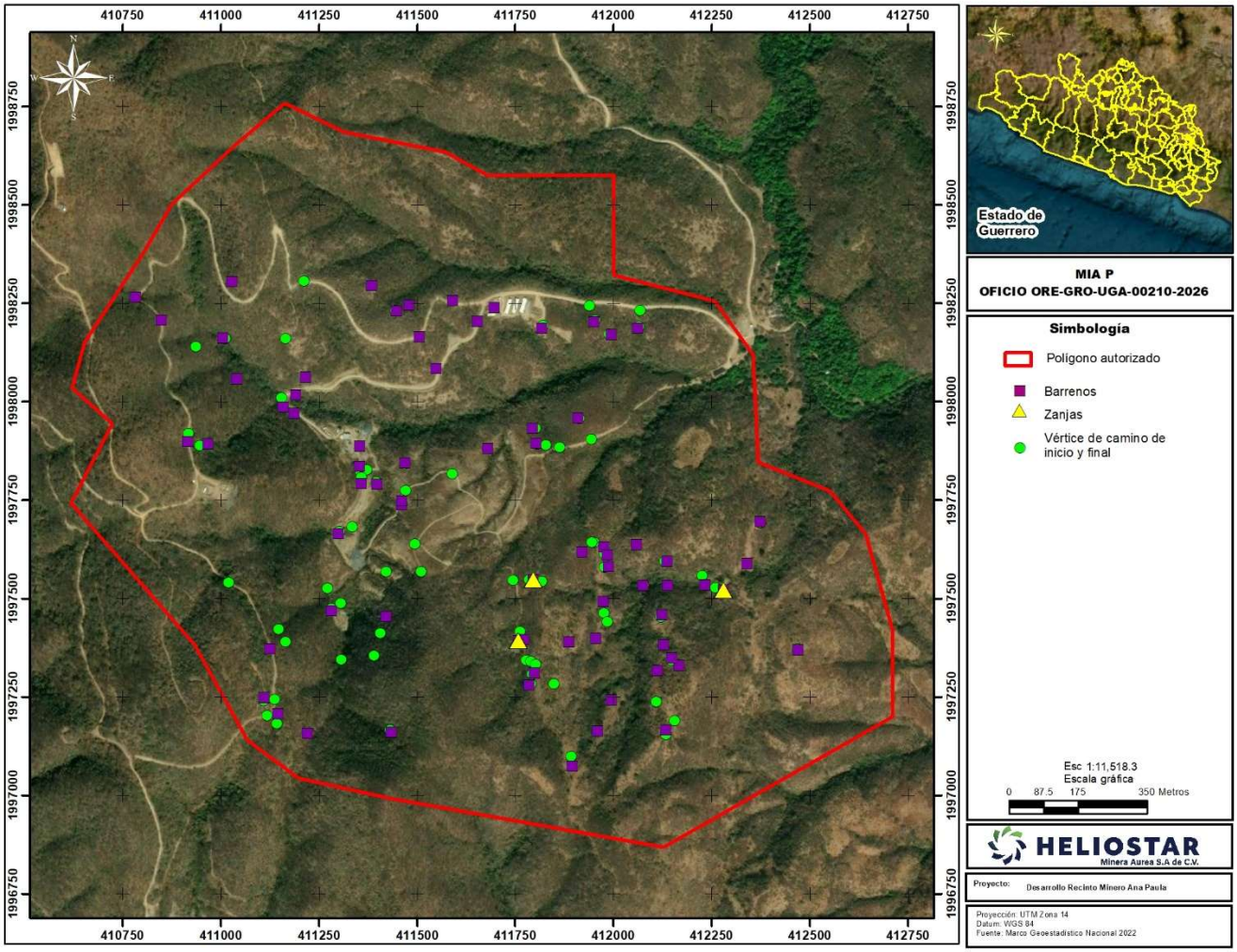


Figura 7. Obras autorizadas oficio ORE-GRO-UGA-00210-2026.

I.1.5. Resumen de áreas autorizadas en materia de impacto ambiental

Conforme a la información obtenida de las autorizaciones descritas anteriormente, en la siguiente figura y tabla se resumen las áreas que cuentan con autorización en materia de impacto ambiental.

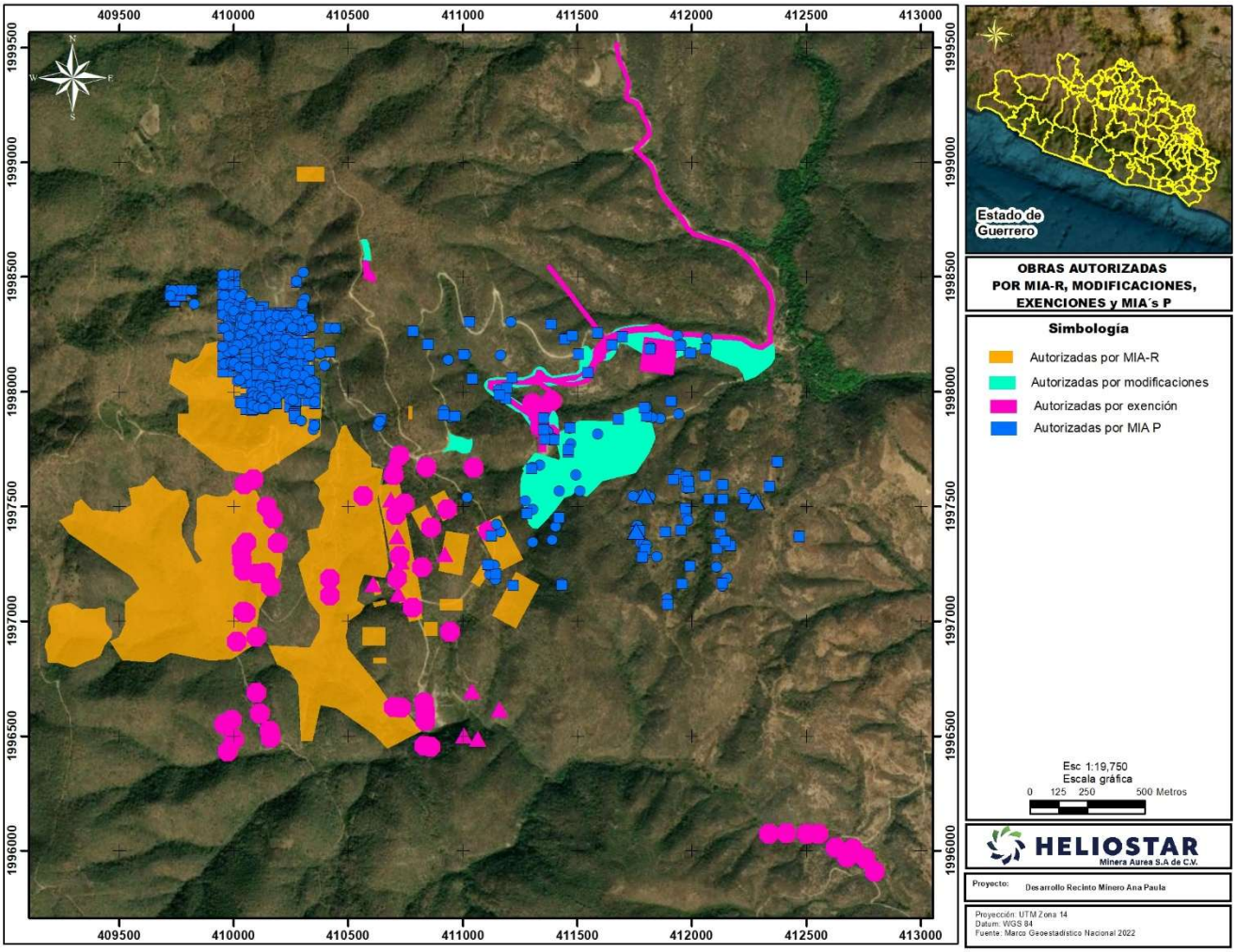


Figura 8. Áreas autorizadas en materia de impacto ambiental.

Tabla 8. Resumen de superficies autorizadas en materia de impacto ambiental.

Tipo	Número de autorización
Autorización de MIA-R	SG9A/DGIRA/DG/02452 con fecha 3 de abril de 2017, mediante el cual se autorizó la MIA-R para el proyecto denominado “Desarrollo Recinto Minero Ana Paula”.
Modificaciones a proyecto autorizado en materia de impacto ambiental	SGPA/DGIRA/DG/05461 de fecha 27 de julio de 2017 mediante el cual se autorizó la Modificación del proyecto “Desarrollo Recinto Minero Ana Paula”, consistente en: construcción de una rampa de 1,480 metros de longitud con un ancho de 5 metros (subterránea).
	SGPA/DGIRA/DG/00880 de fecha 7 de febrero de 2018 de fecha 27 de julio de 2017 mediante el cual se autorizó la Modificación del proyecto “Desarrollo Recinto Minero Ana Paula”, consistente en: ampliación de superficie de rodamiento, construcción de campamento y construcción de plataformas de servicios.

Tipo	Número de autorización
	SRA/DGIRA/DG-05852-26 de fecha 16 de julio de 2026 mediante el cual se autorizó la Modificación del proyecto “Desarrollo Recinto Minero Ana Paula”, consiste en el cambio de ubicación del área de explosivos (polvorín), un área nueva para depósito de la vegetación producto del desmonte y despalme y la construcción de un helipuerto.
Exenciones	DFG-SGPARN-UGA/000510/2017 de fecha 29 de agosto de 20217, resolución de exención, mediante la cual se exentan las obras consistentes en zanjeos con retroexcavadora y la realización de pozos a cielo abierto.
	DFG-SGPARN-UGA/000628/2017 de fecha 1 de noviembre de 2017, resolución de exención, mediante la cual se exentan las obras consistentes en: ampliación del camino tramo entronque carretera Cuetzala Tomixtlahuacan-campamento, ampliación del camino tramo campamento-túnel de exploración e Instalación de un campamento móvil
	DFG-SGPARN-UGA/00050/2018 de fecha 2 de febrero de 2018, resolución de exención, mediante la cual se exenta la construcción de una torre de comunicación equipada.
	DFG-SGPARN-UGA/00049/2018 de fecha 2 de febrero de 2018, resolución de exención, mediante la cual se exenta la construcción de una línea de suministro de energía eléctrica de 3,197 m.
Autorización de MIA-P	ORE-GRO-UGA-00116-206 de fecha 12 de febrero de 2026, mediante el cual se autorizó la MIA-P al proyecto denominado “Exploración Guadalupe
	ORE-GRO-UGA-00210-2026 de fecha 6 de marzo de 2026, mediante el cual se autorizó la MIA-P al proyecto denominado “Exploración del Rodeo”

En • Anexo 02_Resolutivos se incluyen las autorizaciones en materia de impacto ambiental.

I.1.6. Fundamento

La presentación de esta nueva Manifestación de Impacto Ambiental se fundamenta en los siguientes pilares técnicos y jurídicos:

1. **Unificación y Regularización Integral:** Integrar en un solo expediente ambiental la totalidad del proyecto —incluyendo las infraestructuras ejecutadas previamente, las áreas reubicadas o ajustadas y las nuevas obras proyectadas para el minado subterráneo— a fin de dotar al proyecto de certeza jurídica y facilitar la labor de inspección y vigilancia de la autoridad.
2. **Reconfiguración Operativa y Optimización Ambiental:** Incorporar mejoras tecnológicas en el plan de minado, la disposición de tepetateras, el manejo de jales y la eficiencia hídrica y energética, garantizando que el balance de impactos ambientales acumulativos y sinérgicos esté debidamente evaluado y mitigado conforme a las normativas vigentes (incluidas la NOM-141-SEMARNAT-2003 y NOM-120-SEMARNAT-1997).
3. **Actualización de la Línea Base:** Presentar una caracterización ambiental actualizada del área de influencia que contemple las condiciones actuales de los ecosistemas, garantizando programas de mitigación, reforestación y rescate de flora y fauna acordes a la realidad del territorio.

I.2. Proyecto

I.2.1. Nombre del proyecto

El nombre del presente proyecto es “CONTINUIDAD AL DESARROLLO DEL RECINTO MINERO ANA PAULA MEDIANTE EXPLOTACIÓN MINERA SUBTERRÁNEA” (en adelante Proyecto).

I.3. Promovente

I.3.1. Nombre o razón social

[redacted]

I.3.2. Registro Federal de Contribuyentes del promovente

[redacted]

I.3.3. Nombre y cargo del representante legal

[redacted]

I.3.4. Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones.

[redacted]

I.4. Responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental

I.4.1. Nombre o razón social

[redacted]

I.4.2. Nombre del responsable técnico de la elaboración del estudio de impacto ambiental

[redacted]

I.4.3. Correo(s) electrónico(s)

[redacted]

Declaro bajo protesta de decir verdad que los resultados de la Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente En el anexo 1.6 se incluye copia de la cédula profesional, identificación oficial y CURP del responsable técnico de la elaboración del estudio. utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales (Artículo 36 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental).

Nombre y firma electrónica digital del responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental

[redacted]

I.5. Ubicación del proyecto

I.5.1. Entidad federativa y municipio

El proyecto se ubicará en el municipio de Cuetzala del Progreso, en la entidad de Guerrero. En las siguientes figuras se muestra la ubicación regional y local del área del Proyecto.

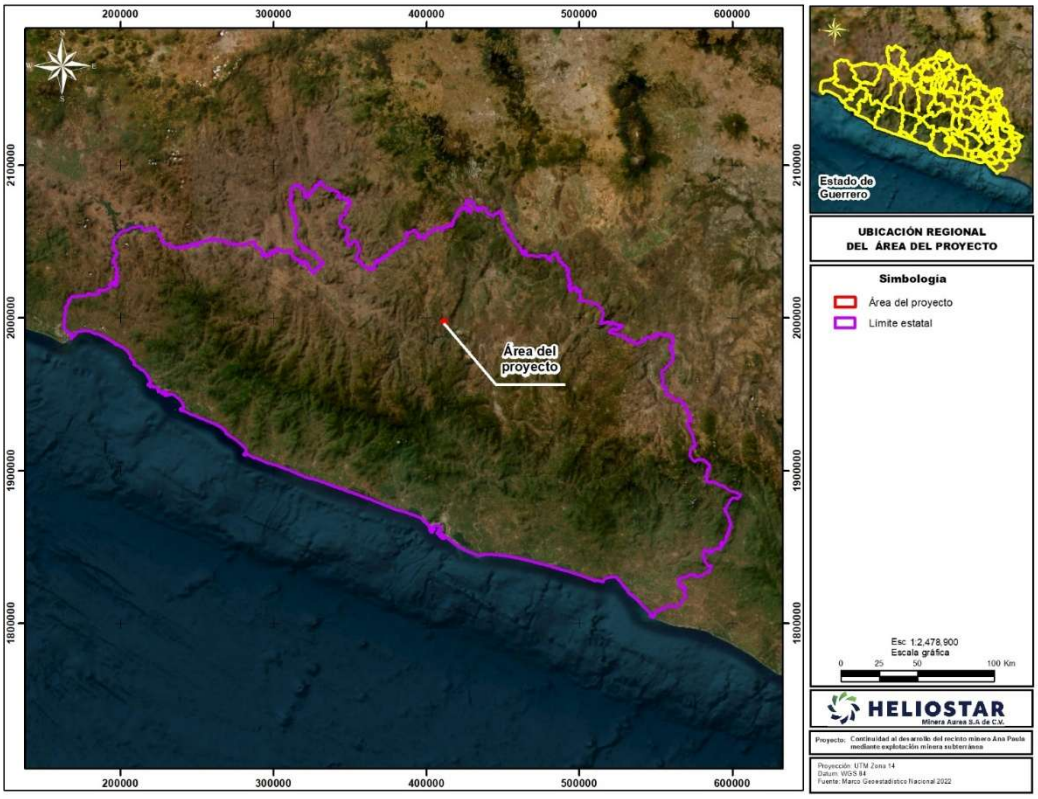


Figura 9. Ubicación regional del área del Proyecto.

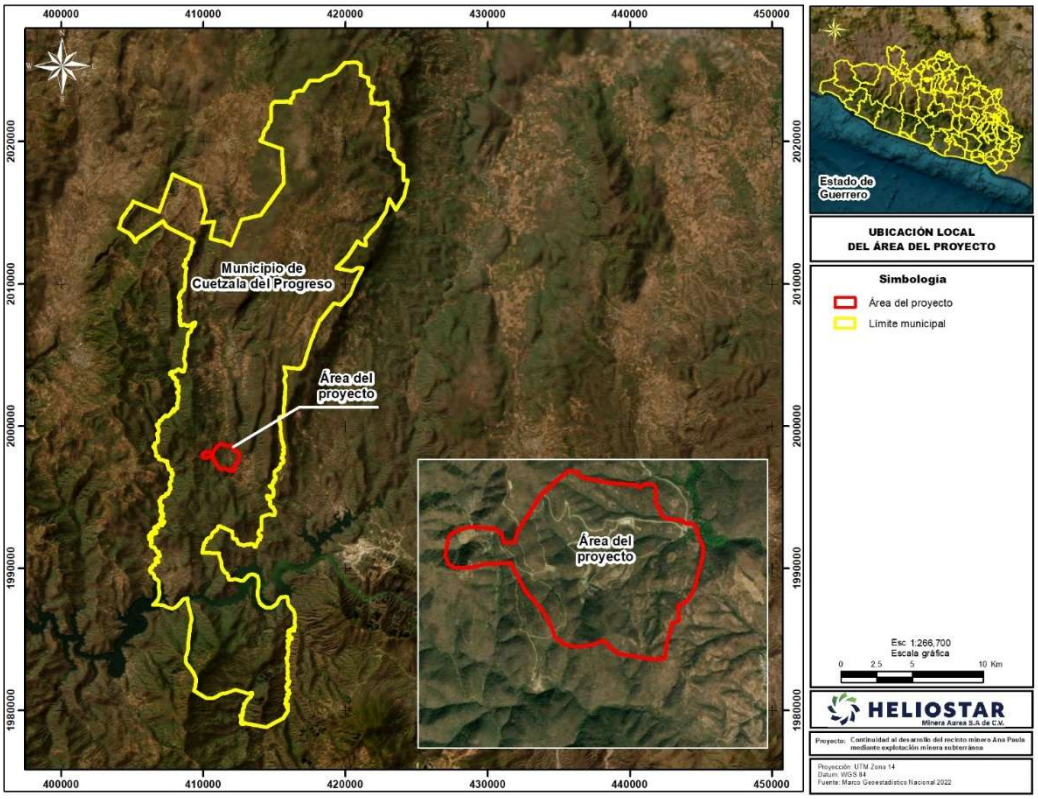


Figura 10. Ubicación local del área del Proyecto.

I.5.2. Calle y número, código postal y localidad, en caso aplicable

I.6. Descripción específica de las obras y actividades, incluyendo obras complementarias

I.6.1. Naturaleza del Proyecto

El proyecto consiste en dar continuidad al desarrollo del Recinto Minero Ana Paula mediante la explotación de un yacimiento aurífero por minería subterránea, en sustitución del minado a cielo abierto previamente autorizado, y en la operación de una planta de beneficio con capacidad nominal de 2,000 toneladas por día.

El método de explotación es el de cámaras abiertas con barrenos largos, en configuración transversal y longitudinal, con relleno de pasta cementada de las cámaras ya explotadas. El acceso a las labores se realiza por una rampa que parte del portal de entrada, complementada por una segunda rampa destinada a la evacuación del personal. Conforme a la descripción de operaciones de referencia, el mineral ROM se deposita en superficie y es transferido mediante cargador frontal a la trituradora primaria a través de un grizzly estacionario.

El mineral del yacimiento es refractario: el 38 % del oro contenido se encuentra ocluido en sulfuros de hierro, arsenopirita y pirita arsenical, condición que impide su disolución directa por cianuración y que determina la ruta de proceso adoptada. El circuito integra en consecuencia, de forma secuencial, la conminución del mineral, la concentración gravimétrica y la flotación de sulfuros, la oxidación biológica del concentrado, el lavado en contracorriente y la neutralización, la cianuración del concentrado oxidado en circuito de carbón en lixiviación, y la elución del carbón cargado con recuperación del oro por electrodeposición y fundición. La recuperación global de oro de diseño es del 90 %.

El circuito de cianuración trata la pulpa oxidada proveniente del circuito CCD-BIOX; la tasa de 340 t/d corresponde a la alimentación de concentrado de diseño del circuito BIOX y no a la alimentación directa del CIL. Los jales de flotación no ingresan al circuito de cianuración. La pulpa de jales de flotación se divide en dos flujos: aproximadamente 38 t/h alimentan la planta de pasta y el resto se combina con los residuos de lixiviación y de neutralización del licor BIOX para su espesamiento y filtración. El cianuro remanente en las colas del proceso se destruye antes del espesamiento y de la disposición.

La naturaleza del proyecto es, por tanto, la de una operación minero-metalúrgica subterránea de menor huella superficial que la autorizada, cuyos elementos determinantes para la evaluación ambiental son el manejo de cianuro de sodio y de ácido clorhídrico en el circuito de beneficio, la disposición de jales filtrados después de la etapa de detoxificación y el aprovechamiento de la corriente de jales de flotación destinada a la planta de pasta como relleno estructural en el interior de la mina.

La operación minero-metalúrgico subterránea se desarrollará mediante las siguientes unidades de proceso, las cuales se describen a continuación:

Tabla 9. Unidades de proceso de la planta de beneficio.

No.	Unidad de proceso	Descripción
1	Trituración primaria y secundaria	Reducción del mineral extraído hasta el tamaño que admite la molienda. Conforme a la descripción de operaciones de referencia, la trituración primaria recibe mineral ROM depositado en superficie y la trituración secundaria opera en circuito cerrado con criba.
2	Molienda	Molino de bolas en circuito cerrado con hidrociclones, que entrega el producto al tamaño requerido por la flotación.
3	Concentrador gravimétrico	Concentradores centrífugos que recuperan el oro libre desde una fracción del bajoflujo de los hidrociclones, con enriquecimiento final en mesa vibratoria.
4	Flotación	Banco de celdas rougher que concentra los sulfuros portadores del oro mediante colector, activador y espumante.
5	Remolienda	Molino que reduce el concentrado de flotación al tamaño que requiere la liberación de los sulfuros antes de la oxidación biológica.
6	Oxidación bacteriana	Tren de reactores en los que un consorcio de microorganismos oxida la matriz sulfurosa y libera el oro ocluido, con control automático de temperatura y de pH.
7	CCD	Circuito de lavado en contracorriente que separa la solución ácida del producto oxidado mediante espesadores dispuestos en serie.
8	Neutralización	Tren de tanques que conduce la solución ácida hasta condiciones neutras mediante la adición de piedra caliza y de cal.
9	Tratamiento biológico de tiocianato	Circuito biológico complementario, con tanque de acondicionamiento, reactor aerobio y clarificador, que degrada el tiocianato y el cianuro libre residual de la corriente de la oxidación biológica.
10	Ajuste de pH	Tanque que eleva la alcalinidad de la pulpa neutralizada antes de su ingreso al circuito de cianuración, y que constituye el control

No.	Unidad de proceso	Descripción
		ambiental crítico del proceso al impedir la formación de ácido cianhídrico gaseoso.
11	CIL	Tren de tanques en los que el oro se disuelve con cianuro y se adsorbe de forma simultánea sobre carbón activado.
12	Lavado ácido del carbón	Lavado ácido del carbón activado cargado proveniente del circuito de adsorción, previo a su elución.
13	Elución del carbón	Elución a presión del carbón activado cargado para extraer el oro adsorbido hacia la solución.
14	Electrodeposición	Recuperación del oro de la solución mediante celdas electrolíticas.
15	Retortas y fundición	Secado en retortas y fundición del oro recuperado a barra doré.
16	Reactivación del carbón	Reactivación térmica del carbón activado para su reincorporación al circuito de adsorción.
17	DETOX de cianuro	Circuito que oxida el cianuro remanente de las colas del proceso antes de su espesamiento y disposición.
18	Espesadores y filtros de jales	Espesador de floculación de jales de 12 m de diámetro y filtros de placas que deshidratan los jales de flotación y las colas del proceso. El jal espesado alimenta la planta de pastas y el jal filtrado se envía a la instalación superficial de almacenamiento de jales filtrados.
19	Planta de pastas	Instalación que mezcla el jal espesado con cemento y bombea la pasta hacia las labores subterráneas como relleno estructural.

I.6.1.1 Componentes

Por lo anterior, el Proyecto consiste en la preparación del sitio y construcción, operación y mantenimiento del siguiente conjunto de obras: Mina subterránea, Trituración primaria, Rampa de acceso, Rampa de servicios, Portal de entrada, Transportador aéreo de trituración subterránea, Torre de transferencia, Puente transportador, Cimentación del puente transportador, Banda transportadora, Cribado secundario, tanque de mineral en bruto y trituradora secundaria, Molino de bolas depósito de alimentación, Mantenimiento de molino, Molino, Cuarto de control y eléctrico del molino, Área de flotación, Área de reactivos, Espezadores, BIOX y torres de enfriamiento, Depósito ASTER, CCD y neutralización, Área CIL, Manipulación del carbón y refinería, Entrega, almacenamiento y procesamiento de piedra caliza, Laboratorio, Corredor de tuberías, Edificio de planta de relleno de pasta, Filtros de cola: plataforma de preparación y transferencia, Filtro y tanques de jales de flotación, Generadores de emergencia (3) 1,000 kw diesel, Generador de emergencia (1) 1,000 kw diesel, Subestación eléctrica principal, sala de control eléctrico de la zona 700 EL. 785, Sistema de agua primario, deposito principal, agua fresca y contra incendios, Estación de combustible de mina, Área de plataforma de explotación, Vestidores, Zona de apilamiento, Almacén, Almacén de reactivos, Planta de tratamiento de aguas residuales para taller de camiones y vestuarios, Instalación eléctrica aérea, Tepetatera 1, Tepetatera 2, Presa de jales, Pileta de recolección, Área de explosivos.

Además de las siguientes obras complementarias: vialidades, áreas libres, áreas de corte y relleno, obras de drenaje y caminos.

A continuación, se describe de forma particular la naturaleza de cada componente del Proyecto.

Tabla 10. Componentes del Proyecto y su representación en el plano del arreglo general.

No	Componente	Descripción	Notas
1	Mina subterránea	En esta área se realizará la extracción de mineral. Se realizará relleno de las cámaras ya explotadas.	Área autorizada mediante MIA con extracción superficial.
2	Trituración primaria	Instalación de tolva de descarga y alimentador vibratorio tipo Grizzly conectado a una trituradora primaria integrada a una planta con capacidad nominal de procesamiento de 2,000 t/d. El sistema operará confinado y contará con un colector de polvos mecánico / vía húmeda en los puntos de transferencia para mitigar emisiones de partículas.	
3	Rampa de acceso	Esta será de acceso para la circulación de vehículos y maquinaria).	Autorizada mediante modificación. Actualmente se han construido 410.00 m
4	Rampa de servicios.	Esta será para servicios, así como la transportación de material, se tendrá ventilación y electricidad. La configuración de la rampa de acceso y la rampa de servicios optimiza los circuitos de ventilación forzada y divide los flujos de tránsito, una vía exclusiva para el acareo de mineral y otra para el ingreso de servicios / personal.	
5	Portal de entrada	Área de acceso de las rampas.	Área autorizada mediante modificación
6	Transportador aéreo de trituración subterránea	Banda transportadora que conducirá el mineral cribado de la fase primaria.	
7	Torre de transferencia	Estructura de transferencia entre tramos de banda transportadora.	
8	Puente transportador	Estructura sobre la cual se instalarán bandas transportadoras de mineral.	
9	Cimentación del puente transportador	Cimentaciones que soportarán la estructura del puente transportador; así como el transportador aéreo de trituración subterránea.	
10	Banda transportadora	Bandas transportadoras que conducirán el mineral hacia el cribado secundario y otras áreas del proceso.	
11	Cribado secundario, tanque de mineral en bruto y trituradora secundaria	Circuito cerrado de fragmentación secundario compuesto por una tolva de compensación de 14 m^3, criba secundaria y trituradora secundaria con un motor de 90 kW para reducir el mineral a un tamaño de partícula de diseño de P_{80} = 13 mm. Todo el circuito incluye cerramientos herméticos y colectores de polvo para el control de emisiones atmosféricas fijas.	
12	Molino de bolas depósito de alimentación	Tolva que almacenará el mineral fino que alimenta al molino.	

No	Componente	Descripción	Notas
13	Mantenimiento de molino	Taller de servicio y mantenimiento para el área de molienda.	
14	Molino	Sistema de molienda húmeda mediante un molino de bolas de 5.0 m de diámetro por 7.9 m de longitud efectiva de molienda (EGL), impulsado por un motor de velocidad fija de 3,356 kW (4,500 hp) operando un circuito cerrado con hidrociclones primarios para lograr una reducción final de P80= 160µm. Al ser un proceso de pulpa acuosa la generación de polvos es nula: se contemplan obras de aislamiento acústico para mitigar la contaminación auditiva por ruido.	
15	Cuarto de control y eléctrico del molino	Sala de tableros y de control para el área de molienda.	
16	Área de flotación	Circuito de flotación para la concentración de sulfuros que consta de un tanque acondicionador y celdas de floración primaria con dimensiones de 5 x 30 m^3. En esta etapa se dosificarán reactivos específicos como colectores (PAX) y activadores (CuSO4). Las instalaciones contarán con diques de contención perimetrales para evitar filtraciones al suelo.	
17	Área de reactivos	Área para la preparación y dosificación de los reactivos de flotación.	
18	Espesadores	Espesadores que deshidratarán los jales antes de su disposición.	
19	BIOX y torres de enfriamiento	Circuito cerrado de oxidación bacteriana diseñado para libera el oro encapsulado en los sulfuros. Esta integrado por un espesador pre-BIOX de 9 m de diámetro, un tanque compensador de 11.5 m de diámetro x 12.1 m de altura, tanques primarios y secundarias BIOX de 14 m de diámetro x 15.2 m de altura con inyección de aire y nutrientes bacterianos. Las torres de enfriamiento controlarán la temperatura del proceso biológico.	
20	Depósito ASTER	Sistema de mitigación y tratamiento biológico avanzado compuesto por un tanque acondicionador ASTER, tanque de dosificación de nutrientes, tanques de reacción biológica ASTER y un clarificador ASTER. Diseñado específicamente para la degradación y destrucción de tiocianatos y cianuro residual del proceso antes de su disposición o recirculación.	
21	CCD y neutralización	Sistema de Decantación en Contracorriente (CCD) compuesto por una serie de tres espesadores para el lavado del producto oxidado BIOX. Incluye una sección de neutralización del licor ácido mediante un tanque de 6.5 m de diámetro x 7.1 de altura donde se adiciona lechada de cal (CaCO3/Cal) para elevar el pH y asegurar la estabilidad química de los precipitados.	

No	Componente	Descripción	Notas
22	Área CIL	Circuito de lixiviación y absorción que consta de 5 tanques CIL de 7.2 m de diámetro por 7.8 m de altura, equipados con cribas de carbón cargado y de seguridad. El proceso utiliza cianuro de sodio (NaCN) y Cal para el control del pH. Toda el área se desplantará sobre una loca de concreto impermeable con muros de contención volumétrica con capacidad del 110% ante posibles derrames.	
23	Manipulación del carbón y refinería	Planta de desorción y refinería que incluye columnas de lavado de ácidos, columnas de elución, hornos de regeneración de carbón con colectores del polvo, celdas de electrodeposición y una retorta de mercurio acoplada a un *scrubber* de gases y lecho de carbón activado. El proceso culmina en un horno de fundición para la obtención de barras de doré, implementado campanas de extracción de gases de seguridad.	
24	Entrega, almacenamiento y procesamiento de piedra caliza	En esta área se realizará la recepción y preparación de la piedra caliza que se consume en el proceso.	
25	Laboratorio	En este se realizarán ensayes para el control de calidad del proceso.	Autorizada mediante MIA. Se cambia su ubicación.
26	Corredor de tuberías	En este se habilitarán tuberías de proceso y de servicios entre las áreas de proceso.	
27	Edificio de planta de relleno de pasta	Infraestructura destinada a recibir la corriente de jales de flotación filtrados; el diseño de referencia considera aproximadamente 38 t/h de jales de flotación hacia la planta de pasta. Esta equipada con un tanque de alimentación, silos y alimentadores de cemento con colectores de polvo y un mezclador de pasta que bombeara la mezcla estabilizada (cemento-jal) hacia las labores de la mina subterránea, fungiendo como soporte geo mecánico y medida de minimización de residuos en superficie.	
28	Filtros de cola: plataforma de preparación y transferencia	En estos se realizará el filtrado y la transferencia de los jales del proceso.	
29	Filtro y tanques de jales de flotación	Sistema de deshidratación de residuos mineros compuesto por un espesador de floculación de jales de 12 m de diámetro, un tanque de alimentación y un sistema de filtros de jales (filtro de placas/prensa). Su función ambiental es separar el agua de proceso para su recirculación inmediata al circuito y acondicionar los residuos combinados de flotación filtrada y BIOX para su envío a la instalación de almacenamiento de jales filtrados para depósito final.	
30	Generadores de emergencia (3) 1,000 kw diesel, Generador de emergencia (1) 1,000 kw diesel	Mediante estos se producirá electricidad de respaldo para los servicios críticos ante falla del suministro.	

No	Componente	Descripción	Notas
31	Subestación eléctrica principal, sala de control eléctrico de la zona 700 EL. 785	Esta regulará y distribuirá la energía eléctrica hacia las diferentes áreas del proceso. **La línea de transmisión hacia la subestación eléctrica no será alcance de este Proyecto.**	En la ingeniería de detalle se definirá la capacidad y las características técnicas.
32	Sistema de agua primario, deposito principal, agua fresca y contra incendios	En este se almacenará agua fresca; así como también se almacenará agua tratada para incendios**. La obra de toma de agua fresca no será alcance de este Proyecto.**	La concesión para agua fresca se encuentra en actualmente en trámite.
33	Estación de combustible de mina	Área de donde se almacenará y se despachará de diésel para los vehículos y equipos.	
34	Área de plataforma de explotación	Área de acopio temporal y de maniobras.	
35	Vestidores	Área de servicios de aseo y cambio de ropa del personal.	
36	Zona de apilamiento	Área de acopio de mineral.	
37	Almacén	Almacén de refacciones, consumibles y materiales.	
38	Almacén de reactivos	Almacén de reactivos químicos del proceso, dividido en compartimentos según la compatibilidad entre sustancias.	
39	Planta de tratamiento de aguas residuales para taller de camiones y vestuarios	En esta se realizará el tratamiento de las aguas residuales provenientes del taller de camiones y de los vestidores.	En la ingeniería de detalle se definirá el tipo y capacidad.
40	Instalación eléctrica aérea	Línea eléctrica la cual conducirá energía eléctrica entre las áreas de proceso del Proyecto.	
41	Tepetatera 1	Zona destinada al depósito definitivo de roca estéril (tepetate) proveniente del declive de la mina. Estructuralmente balanceada en dos secciones (tepetatera 1 y 2) para la reducción de trayecto de los acarreos internos y para la minimizar los gases provenientes de la combustión de la maquinaria. El diseño de los taludes contempla bermas de control de erosión.	Autorizada mediante MIA. Se cambia su ubicación.
42	Tepetatera 2	Zona destinada al depósito definitivo de roca estéril (tepetate) proveniente del declive de la mina. Estructuralmente balanceada en dos secciones (tepetatera 1 y 2) para la reducción de trayecto de los acarreos internos y para la minimizar los gases provenientes de la combustión de la maquinaria. El diseño de los taludes contempla bermas de control de erosión.	

No	Componente	Descripción	Notas
43	Presa de jales	Sitio de disposición final confinado en superficie diseñado para recibir los residuos combinados de flotación filtrada y BIOX bajo la modalidad de jal filtrado/seco. El vaso del depósito se proyecta con impermeabilización basal mediante suelo arcilloso compactado y geomembrana de HDPE conforme a las especificaciones de diseño y monitoreo de aguas subterráneas dictadas por la NOM-141-SEMARNAT-2003.	Autorizada mediante MIA. Se cambia su ubicación.
44	Pileta de recolección	Área que capta el agua de contacto de la instalación de jales.	
45	Área de explosivos	Área de almacenamiento de explosivos y accesorios de voladura.	Autorizada mediante MIA. Se autorizo cambio de ubicación mediante modificación.

Tabla 11. Obras complementarias en el área de desplante del Proyecto.

No.	Componente	Descripción
46	Vialidad	Circulaciones internas del recinto que comunicarán las diferentes áreas de proceso, almacenes y depósitos.
47	Áreas libres	Áreas sin construcción entre las áreas de proceso y vialidades.
48	Áreas de corte y relleno	Áreas derivadas de la conformación de las plataformas de las áreas del proceso y vialidades; así como de la apertura de caminos.
49	Obra de drenaje	Obras de conducirán el agua de los escurrimientos existentes en los cuales índice el Proyecto.
50	Caminos	Vías de acceso al recinto minero y de comunicación con los caminos existentes.

I.6.2. Justificación

El proyecto **"Continuidad al Desarrollo del Recinto Minero Ana Paula mediante Explotación Minera Subterránea"** representa la evolución estratégica y la optimización integral del proyecto minero previamente autorizado en su modalidad a cielo abierto (tajo abierto). La reevaluación técnica y los nuevos estudios geológico-económicos determinaron la viabilidad de migrar el método de extracción hacia un esquema de **minería subterránea de alta ley** (mediante *long-hole stoping* / cámaras transversales y longitudinales con barrenos largos).

Esta reconfiguración responde al compromiso del promovente de implementar una minería moderna y de menor huella superficial, reduciendo de manera sustancial la afectación al medio biótico y geomorfológico, optimizando el uso de los recursos naturales de la región y aprovechando de forma eficiente la infraestructura de apoyo preexistente y autorizada en el sitio. De este modo, la continuidad del proyecto Ana Paula garantiza el equilibrio entre el desarrollo socioeconómico de la región del Balsas y la conservación ambiental mediante la minimización y mitigación de los impactos socioambientales.

Desde la perspectiva de la ingeniería minera y metalúrgica, el cambio de método de minado de tajo abierto a minería subterránea se justifica por los siguientes factores:

- **Sustitución del Tajo por Minería Subterránea:** La transición elimina la necesidad de realizar un minado a cielo abierto a gran escala, sustituyéndolo por un acceso mediante rampa/portal y desarrollo subterráneo concentrado en las zonas de mayor concentración mineral (brecha polimíctica / paneles de alta ley).
- **Reconfiguración y Optimización de la Huella Superficial:** La disminución sustancial del material estéril a extraer (reducción severa en el movimiento de rocas y volumen de tepetateras) reduce la huella de intervención en superficie. Esto permite reubicar y redimensionar los componentes principales del proyecto (planta de beneficio, depósitos de tepetate y jales, obras de manejo del agua y áreas de servicios) optimizando la logística interna y la estabilidad geotécnica de las obras.
- **Aprovechamiento de Infraestructura Autorizada y Existente:** Se aprovechan accesos, caminos, polvorines y desarrollos de ingeniería previamente establecidos y autorizados, lo que evita aperturas innecesarias en terreno natural.
- **Eficiencia Procesal y Tecnológica:** El nuevo diseño contempla una planta de beneficio ajustada al procesamiento de mineral subterráneo con una tasa de producción eficiente y un diagrama de flujo optimizado, lo que incrementa la recuperación metalúrgica del mineral y asegura un manejo de residuos mineros con estándares de seguridad geotécnica y detoxificación previa conforme a la normatividad aplicable (NOM-141-SEMARNAT-2003).

La transición a la minería subterránea constituye la principal medida preventiva y de mitigación del proyecto, logrando una reducción drástica de las principales presiones ambientales identificadas en la MIA anterior:

Reducción de la Pérdida de Cobertura Vegetal y Cambio de Uso de Suelo: Al eliminar la huella del tajo a cielo abierto y reducir la extensión de los depósitos de tepetate, la superficie total a desmontar y despalmar disminuye drásticamente, preservando extensiones considerables de vegetación nativa y hábitats de fauna silvestre.

Preservación de la Geomorfología y el Paisaje: Los impactos clasificados como “muy significativos” en el proyecto anterior —relativos a la *modificación del relieve* por la excavación del tajo y el *deterioro de la calidad visual del paisaje* — se reducen sustancialmente al mantener la mayor parte de las operaciones bajo la superficie.

Manejo Hídrico y Calidad del Aire: Al contraer la huella operativa en superficie, se disminuye la alteración de los patrones de drenaje superficial y la afectación a zonas de recarga hídrica. Asimismo, el menor movimiento de maquinaria pesada en superficie y la reducción en voladuras a cielo abierto se traducen en un menor volumen de emisiones de material particulado (PST, PM_{10}, $PM_{2.5}$) y emisiones de gases de combustión a la atmósfera.

Manejo Responsable de Residuos Mineros: Los jales generados continuarán siendo procesados y depositados bajo estrictos parámetros de detoxificación y estabilidad física en instalaciones diseñadas ad hoc, reduciendo riesgos de generación de drenaje ácido de mina u otras contingencias hídricas.

En el contexto socioeconómico regional de los municipios de Cuetzala del Progreso, Cocula e Iguala en el estado de Guerrero:

Generación de Empleo Estable y Especializado: El desarrollo y operación de una mina subterránea requiere mano de obra técnica y operativa especializada durante un horizonte operativo de largo plazo. Esto fomentará la contratación y capacitación de personal local, generando empleos directos e indirectos bien remunerados.

Frenado de la Migración y Arraigo Local: La falta de fuentes de empleo formal en la zona históricamente propicia la migración de la Población Económicamente Activa (PEA). La continuidad del proyecto Ana Paula actúa como un motor de desarrollo que permite fijar la población local, fortalecer el núcleo familiar y dinamizar las cadenas de suministro locales (servicios, alimentos, transporte, suministros).

Derrama Económica e Infraestructura: El proyecto generará una relevante derrama económica mediante la compra de insumos a proveedores regionales, contribuciones fiscales (derechos mineros e impuestos) y el mantenimiento/mejoramiento de la infraestructura vial de acceso comunitario, contribuyendo directamente a las metas de desarrollo sustentable e impulso al sector minero responsable planteadas en los planes de desarrollo estatal y municipal.

I.6.3. Obras temporales previstas

Se instalarán obras temporales tales como almacén de materiales, almacén de residuos peligrosos, áreas para contenedores de residuos sólidos urbanos, patios de maniobras y maquinaria, áreas de almacenamiento temporal de despalme.

Las áreas anteriormente mencionadas se ubicarán principalmente en el componente denominado áreas libres, las dimensiones serán definidas previo al inicio de la etapa de preparación y construcción y no se precisan las ubicaciones en este documento debido a que conforme se avance en la construcción del Proyecto estas se estarán cambiando de posición.

Para la construcción del Proyecto se requerirá de obras asociadas las cuales serán: planta para elaboración de concreto hidráulico, explotación de bancos de materiales pétreos. Estas obras asociadas serán responsabilidad de la empresa constructora; así como la obtención de las autorizaciones correspondientes, y es importante mencionar que estas quedan fuera del presente estudio.

I.6.4. Proyecto conforme al artículo 5 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambienta

El proyecto **"Continuidad al Desarrollo del Recinto Minero Ana Paula mediante Explotación Minera Subterránea"** se sujeta al procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental en el ámbito federal, en cumplimiento con el **Artículo 28, fracción III** de la *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)*, así como en lo dispuesto en el **Artículo 5, inciso L), fracciones I y III** del *Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA)*, atendiendo a las siguientes consideraciones:

A. Encuadre en el Artículo 5, Inciso L) del REIA

El Proyecto se encuadra específicamente en las actividades extractivas y de beneficio mineral sujetas a regulación federal conforme a los siguientes numerales:

- **Fracción I. Obras para la explotación de minerales y sustancias reservadas a la Federación, así como su infraestructura de apoyo:**

El Proyecto comprende el desarrollo minero subterráneo, la extracción de mineral metalífero, las obras de infraestructura de superficie asociadas (obras de acceso, áreas de almacenamiento, oficinas, talleres y vialidades internas) destinadas al soporte operativo del desarrollo minero.

- **Fracción III. Beneficio de minerales y disposición final de sus residuos en presas de jales:**

El procesamiento del mineral contempla etapas de beneficio mediante procesos que emplean sustancias reguladas para la separación de valores metálicos. Asimismo, incluye el diseño, construcción, operación y mantenimiento de una presa de jales para la disposición final segura de los residuos del beneficio minero, excluyendo expresamente el supuesto de excepción, al requerir la gestión integral de dichos jales en infraestructura dedicada.

B. Justificación de la Modalidad Regional (MIA-R)

De conformidad con lo dispuesto en el **Artículo 11 del REIA**, el estudio se presenta en **Modalidad Regional (MIA-R)** debido a que el conjunto de obras minero-metalúrgicas e infraestructura proyectada interactúan con un conjunto de cuencas hidrológicas y sistemas ecológicos regionales en el estado de Guerrero, requiriéndose una evaluación integral de sus impactos acumulativos y residuales en el sistema ambiental regional.

I.6.5. Duración del Proyecto

I.6.5.1 Duración del Proyecto

El plazo solicitado para la ejecución del Proyecto es de 20 años, de los cuales se requieren 4 años para la etapa de preparación del sitio y construcción, 11 años para la etapa de operación y mantenimiento, y finalmente se consideran 5 años para el desmantelamiento y abandono.

I.6.5.2 Programa de trabajo

A continuación, se muestra el cronograma de trabajo.

Tabla 12. Programa de trabajo del Proyecto.

Etapa	Actividad	Años				Años 5 a 15	Años 16 a 20
		1	2	3	4		
Preparación del sitio y Construcción	Trazo y nivelación	■					
	Desmonte	■					
	Despalme	■					
	Movimiento de tierras	■					
	Excavaciones subterráne		■	■			
	Construcción y rehabilitación de caminos		■	■			
	Construcción de obras de drenaje		■	■			
	Construcción de plataformas y cimentaciones		■	■			
	Construcción de vialidades		■	■			
	Instalación de subestación eléctrica, instalación eléctrica aérea y generadores de emergencia		■	■			
	Instalación de planta de tatamiento de aguas residuales		■	■			
	Instalación de sistema de agua primario, deposito principal, agua fresca y contra incendios			■	■		
	Construcción de estación de combustible de mina			■	■		
	Construcción de cuarto de control y eléctrico del molino, vestidores, laboratorio, mantenimiento de molino, almacén y almacén de reactivos			■	■		
	Construcción de infraestructura de proceso e instalación de equipos de proceso			■	■		
	Construcción de tepetateras			■	■		
	Construcción de presa de jales y pileta de recolección			■	■		
	Demolición de infraestructura existente			■	■		
Operación y mantenimiento	Voladuras					■	
	Transporte y acarreo de material					■	

Etapa	Actividad	Años				Años 5 a 15	Años 16 a 20
		1	2	3	4		
	Operación de trituración y molienda						
	Concentración y tratamiento metalúrgico						
	Manejo y detoxificación de soluciones						
	Manejo de carbón y recuperación de oro						
	Manejo y disposición de jales						
	Depósito de material estéril (tepetateras)						
	Operación de planta de relleno de pasta						
	Manejo de insumos y materiales						
	Mantenimiento preventivo, correctivo						
	Generación y manejo de residuos (RSU, RME, RP)						
Desmantelamiento y abandono	Desmantelamiento, retiro de equipos y estructuras						
	Excavaciones y demoliciones						
	Restauración y rehabilitación						

I.6.5.3 Preparación del sitio y construcción

Preparación del sitio

Trazo y nivelación

Se localizará, alineara, se ubicará y se marcará en el terreno la superficie de construcción del área del Proyecto, considerando los ejes principales, paralelos y perpendiculares señalados en el plano del proyecto, así como los linderos de este, que permitan, en cualquier momento, reponer las líneas de proyecto, particularmente durante la construcción.

Para este efecto se determinará el trazo replanteando los puntos de interés en campo, de tal manera que sea visible en cada momento, por lo cual se utilizarán tubos de P.V.C. de 1” de diámetro, colocados en los límites, según marca el proyecto.

Desmonte

Se requerirá realizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales en una superficie total de 86.846 ha para la ejecución del Proyecto, de esta superficie 70.553 ha corresponden a selva baja caducifolia y 16.292 ha a vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, la remoción se realizará mediante el siguiente procedimiento:

La actividad se inicia con un desmonte manual selectivo del estrato arbustivo, lo cual permitirá realizar el derribo de arbolado con una mayor facilidad y efectividad. Para esta actividad se utilizarán herramientas menores, tales como: machetes y ocasionalmente hachas.

Posteriormente, se hará el derribo, desrame y trozado de los ejemplares arbóreos.

- Derribo: esta operación consiste en separar el árbol de su pie, para lo cual se requerirá personal capacitado. A continuación, se describe el procedimiento a seguir:
- Se deberá elegir cuidadosamente la dirección de caída del árbol la cual dependerá de la inclinación del árbol, viento, obstáculo en la dirección de la caída y en el suelo de la vegetación que permanecerá en pie, de la existencia de nidos, madrigueras o presencia de fauna.
- El derribo se iniciará haciendo una muesca, la que debe de penetrar hasta un quinto o un cuarto de diámetro del árbol, después se hace el corte de caída, el cual debe ser horizontal y su posición debe ser de 2.5 a 5 cm.
- En el caso de árboles inclinados, el derribo deberá hacerse en un ángulo cercano a 30 grados de la inclinación, en este caso, la mueca debe ser orientada en la dirección de la caída. La bisagra deberá hacerse más angosta en el lado de la inclinación y más ancha en el lado hacia donde se desea girar el árbol o la caída. Además de lo anterior, una cuña introducida en el lado de la inclinación ayudará a dirigir la caída del árbol, si el árbol es pequeño, el corte de caída se hace en tres secciones, procurando formar un triángulo y después se corta la punta del eje del triángulo por el sentido opuesto de la muesca.
- Desrame: Esta actividad se hará con apoyo de motosierras, inmediatamente después del derribo para no dejar árboles encimados sin desramar, se realizará de la siguiente manera:
- Se adoptará una secuencia de trabajo metódico siguiendo los anillos de las ramas.
- Cuando el árbol descanse en el suelo, se deberá dar vuelta una vez que el operador llega a la copa. Las ramas que aún permanezcan en el tronco se cortarán mientras que el operador llega a la base.

- Cuando el árbol sea grande, primero se eliminarán las ramas que obstaculizan el trabajo cortando las ramas en dos partes o más, cuando exista el peligro de rajaduras en la base o cuando éste facilite el trabajo de eliminación de ramas.
- Trozado: el trozado de árboles se realizará con motosierra, este puede ser difícil sobre todo cuando el diámetro es mayor que la longitud de la espada, en tal caso, el trozado se realizará de los dos lados y se cambiará la posición de la sierra varias veces.

El material producto del desmonte que se genere se triturará y será esparcido tanto principalmente en las áreas de corte y relleno para su reincorporación como materia orgánica como; así como en el área que se destine para reforestación.

Previo al desmonte se realizará el rescate y reubicación de flora de importancia ecológica y los que se encuentren en alguna categoría de riesgo ambiental, afectadas por la ejecución del proyecto.

Cabe mencionar que de las 86.846 ha, 22.911 ha ya se tiene autorización en materia de impacto ambiental y en 63.935 ha por autorizar.

Individuos por remover

De acuerdo con los resultados obtenidos en la caracterización de vegetación, el cual se encuentra en el anexo 09, se estima la remoción de 6,303,064 individuos en total, de los cuales 65,617 individuos corresponden al estrato arbóreo, 319,077 individuos al arbustivo y 5,918,370 individuos al estrato herbáceo; una parte de estos se encuentra en áreas con CUSTF autorizado en materia de impacto ambiental y otra en áreas con CUSTF por autorizar, como se resume en la siguiente tabla.

Tabla 13. Resumen de individuos por remover.

Tipo de vegetación	Estrato	Núm. especies	Núm. individuos remover		
			CUSTF autorizado	CUSTF por autorizar	Total
SBC y VSa/SBC	Arbóreo	56	17,310	48,307	65,617
	Arbustivo	17	84,175	234,902	319,077
	Herbáceo	28	1,561,311	4,357,059	5,918,370
Total de individuos		**101**	**1,662,796**	4,640,268	6,303,064

Despalme

Consistirá en el retiro de la capa orgánica del suelo, con una profundidad aproximada de 10 cm. Se requerirá realizar esta actividad en una superficie total de 86.846 ha, en donde se estima generar 86,846.00 m^3 de material de despalme.

La recuperación y almacenamiento temporal de suelo orgánico se realizará en las áreas definidas principalmente como “áreas de corte y relleno, y áreas libres”, estas áreas reunirán además los siguientes criterios:

- no deben obstruir las corrientes de agua ni ubicarse cerca de estas, se ubicarán a una distancia mayor a 100 m,
- no deben afectar vegetación circundante
- ubicarse donde no exista probabilidad de deslizamientos
- no debe obstruir áreas de operación de la maquinaria y personal

- áreas con pendiente menor a 5%.

En estas áreas se colocará el material orgánico removido en montículos no mayores a 1.5 m de altura y sin compactarse. En caso de existir algún riesgo de arrastre de suelo, se aplicarán técnicas de retención de suelo, privilegiando el uso de materiales fáciles de adquirir, tales como piedra acomodada, residuos provenientes del desmonte, barreras de geocostales. Estas barreras actúan como una trinchera o muro que, al ser colocada en contra de la pendiente, ayuda a retener sedimentos y disminuir la velocidad de la corriente de agua.

Construcción

Movimiento de tierras

Se requerirá de la excavación de cortes; así como la formación de rellenos cuando el nivel de terreno se encuentre por debajo del nivel proyectado. Posteriormente se realizará la compactación del suelo en capas hasta obtener un 90% a 95% de la prueba Proctor. El movimiento de tierras se realizará mediante el uso de maquinaria pesada.

Excavaciones subterráneas

Se realizará la excavación de áreas de forma subterránea. La excavación subterránea se realizará mediante el uso de maquinaria pesada. En la siguiente tabla se muestran los componentes que será construidos mediante excavaciones subterráneas.

Tabla 14. Componentes que serán construidos mediante excavaciones subterráneas.

No.	Componente
1	Mina subterránea
2	Trituración primaria
3	Rampa de acceso
4	Rampa de servicios.

Cabe mencionar que el componente rampa de acceso actualmente se tienen construidos 410.00 metros y es de 5 metros de ancho por 5.5 metros de alto, y en esta etapa será terminada su construcción. La rampa de servicios tendrá las mismas dimensiones que la rampa de acceso.

Las excavaciones en el área de la mina subterránea serán por el método de cámaras por barrenos largos, en su variante transversal para las zonas de ancho superior a veinte metros y en su variante longitudinal con relleno de pasta donde la mineralización es estrecha. El minado comienza en la Zona A, la más ancha, en el nivel 725, y se desarrolla de forma ascendente. La rampa principal se traza desde el frente del declive existente en el nivel 765 hasta la base de la Zona A.

Tabla 15. Parámetros de diseño de cámaras del método de minado.

Parámetro	Unidad	Valor
Ley de corte	g/t	2.50
Longitud a lo largo del rumbo	m	20
Altura de sill a sill	m	25
Ancho mínimo	m	4

Parámetro	Unidad	Valor
Ancho diluido mínimo	m	5
Ancho de pilar mínimo	m	10
Rumbo, mínimo, máximo y cambio	grados	−10 / 10 / 5
Buzamiento, mínimo, máximo y cambio	grados	60 / 120 / 20
Dilución de respaldo alto	m	0.5
Dilución de respaldo bajo	m	0.5
Dilución de minado	%	5
Recuperación minera	%	95

El relleno de las cámaras se practica con pasta procedente de la planta del de la planta de pastas y jales filtrados, condición que vincula el ciclo de minado con el manejo de jales y establece la vía por la que el cianuro residual de las colas retorna a la obra subterránea. Esa vía es la razón por la que el objetivo de destrucción de cianuro se fija sobre la corriente que alimenta al espesamiento de jales y no sobre la descarga final.

Construcción y rehabilitación de caminos

Se realizará la construcción de caminos para la cual se realizarán cortes y rellenos. Estos serán construidos con una estructura de sub-base y base granulada, para lo cual se requerirá el uso de maquinaria pesada. Para lo anterior se formarán capas con la terracería proveniente de las diferentes excavaciones. Estos tendrán un ancho promedio de 10 metros. En el ancho del camino se construirá una cuneta por lado y serán con producto de la excavación y serán revestidas con base granulada.

En las áreas donde ya existen caminos, estos serán rehabilitados como parte de las obras del Proyecto.

Construcción de obras de drenaje

En el área de desplante del Proyecto, se construirán 4 obras de drenaje. En 3 de estas obras serán mediante 1 tubo de concreto con cabezales de entrada y salida, y en una será mediante un portal de entrada a base concreto armado y tubo de concreto.

Construcción de plataformas y cimentaciones

1. Plataforma de concreto hidráulico

Se realizará el movimiento de tierras para la construcción de plataformas de concreto hidráulico armado en las áreas de proceso del Proyecto, las cuales servirán de cimentación. En la siguiente tabla de muestran los componentes en los cuales se construirán plataformas de concreto hidráulico.

Tabla 16. Componentes en los cuales se construirán plataformas de concreto hidráulico.

No	Componente
7	Torre de transferencia
11	Cribado secundario, tanque de mineral en bruto y trituradora secundaria
12	Molino de bolas depósito de alimentación

No	Componente
13	Mantenimiento de molino
14	Molino
15	Cuarto de control y eléctrico del molino
16	Área de flotación
17	Área de reactivos
18	Espezadores
19	BIOX y torres de enfriamiento
20	Depósito ASTER
21	CCD y neutralización
22	Área CIL
23	Manipulación del carbón y refinería
25	Laboratorio
27	Edificio de planta de relleno de pasta
28	Filtros de cola: plataforma de preparación y transferencia
29	Filtro y tanques de jales de flotación
30	Generador de emergencia (1) 1,000 kw diesel
30	Generadores de emergencia (3) 1,000 kw diesel
31	Subestación eléctrica principal, sala de control eléctrico de la zona 700 EL. 785
32	Sistema de agua primario, deposito principal, agua fresca y contra incendios
33	Estación de combustible de mina
35	Vestidores
37	Almacén
38	Almacén de reactivos
39	Planta de tratamiento de aguas residuales para taller de camiones y vestuarios
45	Área de explosivos

2. Plataformas de base granular

Se construirán áreas con base granular con la finalidad de que estas sean permeables permitiendo la filtración del agua de lluvia, para lo cual se requerirá el uso de maquinaria pesada. Para lo anterior se formarán capas con la terracería proveniente de las diferentes excavaciones. En la siguiente tabla se muestran los componentes en los cuales se construirá una plataforma de base granular.

Tabla 17. Componentes en los cuales se construirán plataformas de base granular.

No	Componente
24	Entrega, almacenamiento y procesamiento de piedra caliza
34	Área de plataforma de explotación
36	Zona de apilamiento
47	Área libre

En el área de desplante del Proyecto se tiene ya construido el componente Portal de entrada el cual es de base granular, y se le dará rehabilitación en esta etapa de construcción.

3. **Construcción de cimentaciones para el puente transportador**

Para la construcción del puente transportador se requerirá de zapatas de concreto armado de 3 metros x 3 metros a una profundidad de 3 metros.

Construcción de vialidades

En el área de desplante se construirán vialidades para lo cual se realizarán cortes y rellenos. Estas serán construidas con una estructura de sub-base y base granulada, para lo cual se requerirá el uso de maquinaria pesada. Para lo anterior se formarán capas con la terracería proveniente de las diferentes excavaciones. Estos tendrán un ancho promedio de 10 metros. En el ancho del camino se construirá una cuneta por lado y serán con producto de la excavación y serán revestidas con base granulada.

Instalación de subestación eléctrica principal, instalación eléctrica aérea y generadores de emergencia

Se instalará una subestación eléctrica principal. El entorno del emplazamiento está atravesado por líneas de alta tensión de 115 y de 230 kilovoltios. Esta regulará y distribuirá la energía eléctrica hacia las diferentes áreas del proceso. **La línea de transmisión hacia la subestación eléctrica no será alcance de este Proyecto.** En la ingeniería de detalle se definirá la capacidad y las características técnicas de la subestación eléctrica, así como la línea eléctrica aérea.

También se instalarán 4 generadores de emergencia de energía de 1,000 km de diésel.

Instalación de planta de tratamiento de aguas residuales

Se instalará una planta de tratamiento de aguas residuales. Esta tratará aguas residuales provenientes del taller de camiones y de los vestidores. En la ingeniería de detalle se definirá el tipo y capacidad.

Instalación de sistema de agua primario, deposito principal, agua fresca y contra incendios.

Se instalará un tanque con capacidad de 2,300 m^3; así como una red de agua y red contra incendios. En la ingeniería de detalle se definirá el tipo de material del tanque, y los materiales de la red de agua y red contra incendios.

Construcción de estación de combustible de mina

Se construirá una estación de combustible de diésel, la cual será de estructura metálica, el número de despachadores; así como también se instalará un tanque con capacidad de 60 m^3.

Construcción de cuarto de control y eléctrico del molino, vestidores, laboratorio, mantenimiento de molino, almacén y almacén de reactivos

Se construirán edificaciones mediante estructuras metálicas las cuales estarán soportadas sobre plataformas de concreto. Estas edificaciones serán: Cuarto de control y eléctrico del molino, vestidores, laboratorio, mantenimiento de molino, almacén y almacén de reactivos.

Construcción de infraestructura de proceso e instalación de equipos de proceso

1. **Trituración y molienda**

El material triturado por la trituradora primaria será transportado hasta la trituradora secundaria. En la siguiente tabla se muestran los componentes que realizarán la transportación del material triturado.

Tabla 18. Componentes para la transportación de material triturado.

No.	Componente
6	Transportador aéreo de trituración subterránea
7	Torre de transferencia
8	Puente transportador
10	Banda transportadora

Para lo anterior se realizará la construcción de estructuras metálicas, estas serán de tipo prefabricadas y ensambladas en sitio. El transportador aéreo de trituración y el puente transportador serán mediante vigas metálicas, y la torre de transferencia mediante columnas metálicas. Sobre estas se instalarán bandas transportadoras de caucho (material duradero y de alta capacidad para absorber impactos).

Las alturas de las columnas metálicas serán variables ya que dependerán de la topografía y estas se definirán en la ingeniería de detalle.

Se instalará un molino que operará en circuito cerrado con un conjunto de hidrociclones. Sus dimensiones serán de 5.0 metros de diámetro por 7.9 metros de longitud efectiva de molienda, con motor de velocidad fija de 3,356 kilovatios, equivalentes a 4,500 caballos de fuerza. El producto característico de la molienda es de 160 micrómetros y el índice de trabajo del mineral es de 22.1 kilovatios hora por tonelada.

2. Gravimetría, flotación y espesamiento

En estas se instalará un molino que remolerá el concentrado de la pulpa procedente de la molienda y que será sometida concentración gravimétrica y a flotación de sulfuros. El molino será de 355 kilovatios hasta un producto característico de 25 micrómetros, tamaño que condiciona la eficiencia de la oxidación biológica posterior.

3. Bio-oxidación, lavado en contracorriente y neutralización

En estas se instalará un tanque de compensación de 11.50 metros de diámetro por 12.10 metros de altura, con retención total de sesenta horas, y este alimentará al circuito de bio-oxidación a razón de 340 toneladas por día.

También se instalarán ocho reactores, cuatro primarios y cuatro secundarios, de 14.00 metros de diámetro por 15.20 metros de altura cada uno, con volumen geométrico unitario de 2,340.00 metros cúbicos, construidos en acero inoxidable dúplex 2205. Estos operarán a presión atmosférica con venteo libre continuo, a temperatura controlada entre 38 y 42 grados Celsius, con pH comprendido entre 1.1 y 1.7, y con aire soplado.

Así como también se instalarán tres espesadores en contracorriente, el último de 12.00 metros de diámetro, un tren de neutralización de seis tanques en serie de 6.5 metros de diámetro por 7.1 metros de altura, con perfil de pH ascendente que termina en el dominio neutro, un reactor aerobio de 9.0 metros de diámetro por 9.8 metros de altura, con retención hidráulica de ocho horas y un clarificador de 7.6

metros de diámetro y 3.5 metros de profundidad con tasa de desborde de 35 metros cúbicos por día y por metro cuadrado.

4. Ajuste de pH y cianuración en carbón en lixiviación

En estas se instalará un tanque de ajuste de pH, único, de 2.30 metros de diámetro por 2.50 metros de altura, con caudal de 24.40 metros cúbicos por hora y tiempo de residencia de veintiséis minutos. El pH será sostenido por dosificación de lechada con cal mediante la construcción de un arreglo de 3 canales.

Así como también la instalación de un tren para la cianuración el cual comprenderá cinco tanques en serie de 7.20 metros de diámetro por 7.80 metros de altura cada uno, con volumen geométrico unitario de 317.70 metros cúbicos, construidos en acero al carbono A36 recubierto en epoxi, a presión atmosférica con venteo libre y temperatura de diseño de 45 grados Celsius.

5. Elución, refinería y destrucción de cianuro

Se instalará un recipiente 500-TK-003, de 1.6 metros de diámetro por 4.0 metros de altura y ocho metros cúbicos de volumen, construido en acero inoxidable 316L, a 50 grados Celsius y presión atmosférica con venteo a lavador, en el cual se lavará el carbón con ácido clorhídrico.

También se instalará un recipiente 500-V-001, de 1.6 metros de diámetro por 4.7 metros de altura y 9.5 metros cúbicos de volumen, con capacidad de tres toneladas de carbón por lote, construido en acero al carbono SA-516-70 revestido interiormente.

Se instalarán 2 celdas de electrodeposición de 125 pies cúbicos cada una. El en cual el lodo se someterá a retorta y el producto se fundirá.

Así como también se instalarán 2 reactores en serie de 4.3 metros de diámetro por 4.6 metros de altura cada uno, con tiempo de residencia de diseño de dos horas y objetivo de descarga inferior a 50 miligramos por litro de cianuro disociable en ácido débil.

6. Planta de pastas y jales filtrados

Se instalará un espesador de jales combinado, de quince metros de diámetro, el cual recibirá 38 toneladas por hora de jales de flotación más el resto de las corrientes, y espesará hasta un intervalo comprendido entre el cincuenta y el cincuenta y cinco por ciento de sólidos.

7. Equipos de proceso

En la siguiente tabla se describe el resumen de los equipos que se instalarán en las áreas de proceso en el desplante del Proyecto.

Tabla 19. Equipos de proceso que se instalarán.

Equipo o línea de proceso	Flujo nominal	Condiciones y características
Trituración primaria y secundaria	83.3 t/h nominal; 90.6 t/h de diseño	Trituración primaria subterránea, de F80 300 mm a P80 80 mm; atmosférica y a temperatura ambiente
Molino de bolas	90.6 t/h de sólidos secos	5.0 × 7.9 m de longitud efectiva; motor de 3,356 kW; P80 160 µm; índice de trabajo 22.1 kWh/t

Equipo o línea de proceso	Flujo nominal	Condiciones y características
Celdas rougher de flotación	Pulpa al 30 % de sólidos; residencia de diseño 55 min	6 celdas de 70 m³; volumen instalado 420 m³; recuperación de oro de diseño 95 %
Molino de remolienda	Fracción del concentrado	355 kW; P80 25 µm
Tanque de compensación de bio-oxidación	340 t/d de concentrado; retención total 60 h	11.5 m de diámetro por 12.1 m de altura
Reactores de bio-oxidación	Alimentación conforme al balance, con aire soplado	8 unidades de 14.0 × 15.2 m; 2,340 m³ unitarios; dúplex 2205; 38 a 42 °C; pH 1.1 a 1.7
Espesadores de lavado en contracorriente	No cuantificado	3 en serie; espesador final de 12 m de diámetro; atmosférico
Tanques de neutralización	No cuantificado	6 en serie de 6.5 × 7.1 m; perfil de pH de 3.5 a 7.2
Tanque de ajuste de pH	24.4 m³/h; residencia 26 min	2.3 × 2.5 m; consigna pH 11.0; atmosférico
Tanque de acondicionamiento biológico	66.2 m³/h; residencia 20 min	3.2 × 3.4 m
Reactor biológico aerobio	66.2 m³/h; retención hidráulica 8 h	9.0 × 9.8 m
Clarificador biológico	1,588.8 m³/d; tasa de desborde 35 m³/d·m²	7.6 m de diámetro con 3.5 m de profundidad
Tanques de cianuración CIL	14.2 t/h de sólidos; 340 t/d; 66.2 m³/h	5 en serie de 7.2 × 7.8 m; 317.7 m³ unitarios; A36 recubierto en epoxi; pH superior a 10.5
Recipiente de extracción de carbón	3 t de carbón por lote	1.6 × 4.7 m; 9.5 m³; SA-516-70 revestido; 150 °C de diseño; 605 kPa manométricos
Recipiente de lavado ácido	Por lote	1.6 × 4.0 m; 8.0 m³; acero 316L; 50 °C
Reactores de destrucción de cianuro	Salida de jales de cianuración; residencia 2 h	2 en serie de 4.3 × 4.6 m; objetivo inferior a 50 mg/L
Espesador de jales combinado	38 t/h de jales de flotación más el resto	15 m de diámetro; 50 a 55 % de sólidos
Celdas de electrodeposición	Solución cargada de oro	2 celdas de 125 pies cúbicos
Horno de reactivación de carbón	Carbón agotado tras deshidratación	650 a 750 °C, con máximo de 850 °C; lavador de gases dedicado

8. Sistema de contención

Se construirán 10 sistemas de contención secundaria independientes. El criterio volumétrico exige que cada dique aloje el ciento diez por ciento del volumen del mayor recipiente que contiene, más el volumen de precipitación pluvial correspondiente a una lámina de doscientos cincuenta milímetros en veinticuatro horas sobre la superficie completa del recinto. Estos serán impermeabilizados.

En la siguiente tabla se muestran las superficies, volúmenes requeridos y área en las cuales se construirán los sistemas de contención.

Tabla 20. Superficies, volúmenes requeridos y área en las cuales se construirán los sistemas de contención.

Dique y área	Superficie	V requerido	V útil	Muro	Espesor de muro	Losa	Recubrimiento
Bio-oxidación (300)	2,448 m²	2,644.0 m³	2,877.9 m³	2.40 m	30 cm	30 cm	Novolaca 600 µm
Tren CIL (400)	658.8 m²	514.1 m³	575.2 m³	1.50 m	25 cm	25 cm	Epóxica alcalina 500 µm
Neutralización (300)	216.0 m²	219.0 m³	244.0 m³	1.60 m	30 cm	25 cm	Éster vinílico 600 µm

Dique y área	Superficie	V requerido	V útil	Muro	Espesor de muro	Losa	Recubrimiento
Destrucción INCO (500)	240.0 m²	192.0 m³	216.2 m³	1.30 m	25 cm	25 cm	Epóxica certificada 500 µm
Planta de pastas (600)	160.0 m²	128.0 m³	140.4 m³	1.30 m	25 cm	25 cm	Epóxica con carga 400 µm
Solución de cianuro de sodio (400)	96.0 m²	59.2 m³	64.5 m³	1.00 m	25 cm	25 cm	Epóxica alcalina 500 µm
Ácido clorhídrico (500)	42.0 m²	32.5 m³	37.8 m³	1.20 m	25 cm	25 cm	Novolaca 600 µm
Sosa cáustica (500)	30.0 m²	24.0 m³	27.0 m³	1.20 m	25 cm	25 cm	Epóxica alcalina 500 µm
Reactivos de flotación (200)	60.0 m²	18.9 m³	20.0 m³	0.70 m	25 cm	25 cm	Epóxica con carga 400 µm
Choque de emergencia (400)	16.0 m²	9.5 m³	11.2 m³	1.00 m	25 cm	25 cm	Epóxica alcalina 500 µm
TOTAL	3,966.8 m²	3,841.2 m³	4,214.2 m³	—	—	—	Diez sistemas independientes

En la siguiente tabla se muestran las alturas, tirantes y presiones máximas de los sistemas de contención.

Tabla 21. Alturas, tirantes y presiones máximas de los sistemas de contención.

Dique	Altura de muro	Tirante útil	Presión máxima	Momento en la base
Macro-dique de bio-oxidación	2.40 m	2.10 m	27.7 kPa	20.40 kN·m/m
Neutralización y contingencia	1.60 m	1.30 m	17.2 kPa	4.83 kN·m/m
Macro-dique del tren CIL	1.50 m	1.20 m	16.4 kPa	3.95 kN·m/m
Destrucción de cianuro	1.30 m	1.00 m	10.0 kPa	1.67 kN·m/m
Planta de pastas y jales	1.30 m	1.00 m	16.7 kPa	2.78 kN·m/m
Ácido clorhídrico	1.20 m	0.90 m	10.4 kPa	1.41 kN·m/m
Sosa cáustica	1.20 m	0.90 m	13.8 kPa	1.86 kN·m/m
Solución de cianuro de sodio	1.00 m	0.70 m	7.6 kPa	0.62 kN·m/m
Sosa cáustica de emergencia	1.00 m	0.70 m	10.7 kPa	0.88 kN·m/m
Reactivos de flotación	0.70 m	0.40 m	4.0 kPa	0.11 kN·m/m

Construcción de tepetateras

Se construirán 2 tepetateras denominadas 1 y 2, en las cuales serán depositados la roca estéril y se desarrollarán mediante una configuración en terrazas ascendentes, partiendo desde el fondo de una quebrada natural con avance progresivo aguas arriba. La geometría contempla taludes individuales 1.3H:1V, una elevación máxima por etapa de 15 metros y bermas intermedias de 15 metros de ancho a cada 15 metros de altura, las banquetas contaran con una pendiente hacia el interior del apilamiento del 2% al 4% para conducir las escorrentías superficiales hacia el sistema de drenaje interno.

Las tepetateras tendrán una capacidad de aproximadamente 291,000 m3 cada una a una elevación máxima de 885 msnm para el depósito 1 y de 887 msnm para el depósito 2.

Cada uno de los depósitos contará con dos canales de agua de no contacto ubicados de manera perimetral uno por cada margen de la quebrada, los cuales interceptan y desvían el agua de escorrentía externa.

El sistema de drenaje estará conformado por una red de drenes transversales al eje de cada una de las quebradas, construidos con material granular envuelto en geotextil no tejido, que se instalarán sobre la base preparada del depósito para captar y evacuar las aguas subterráneas y de infiltración que fluyen a través del cuerpo del relleno. Estos drenes convergen en un colector principal longitudinal emplazado en el eje de la quebrada, el cual conduce las aguas captadas hacia la zona de descarga ubicada al pie aguas abajo del depósito. Finalmente, en el sector de salida se dispondrá de una pileta de colección de aguas de filtraciones, diseñada para captar y contener las aguas provenientes del sistema de subdrenaje.

En la siguiente figura se muestra el arreglo de la tepetatera 1 y 2, las cuales tendrán un avance progresivo aguas arriba.

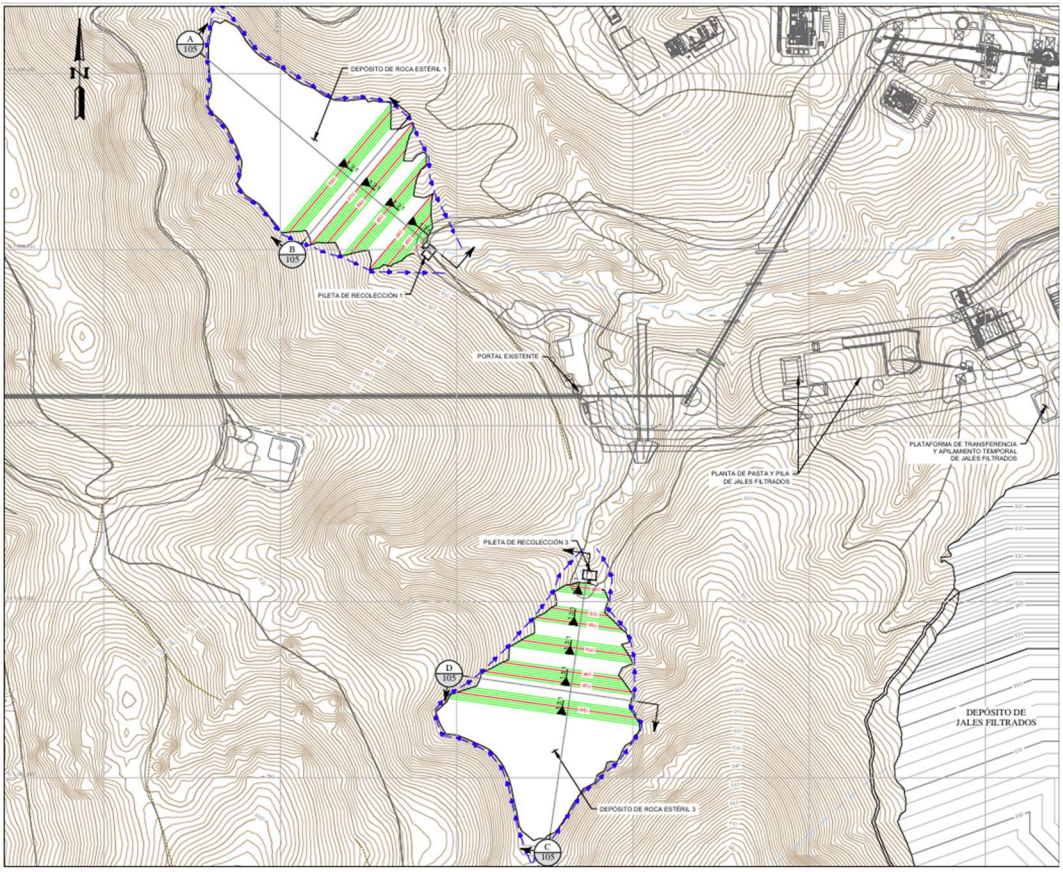


Figura 11. Arreglo de la tepetatera 1 y 2, con avance progresivo aguas arriba.

Construcción de presa de jales y pileta de recolección

La presa de jales estará diseñada conceptualmente como una instalación completamente revestida con un bordo principal y dos bordos de cierre (norte y sureste). En esta área se instalará un sumidero de colección para recolectará las filtraciones, las cuales serán conducidas a través de un subdren revestido directamente hacia la pileta de recolección aguas abajo. En la siguiente figura se muestra en planta la presa de jales.

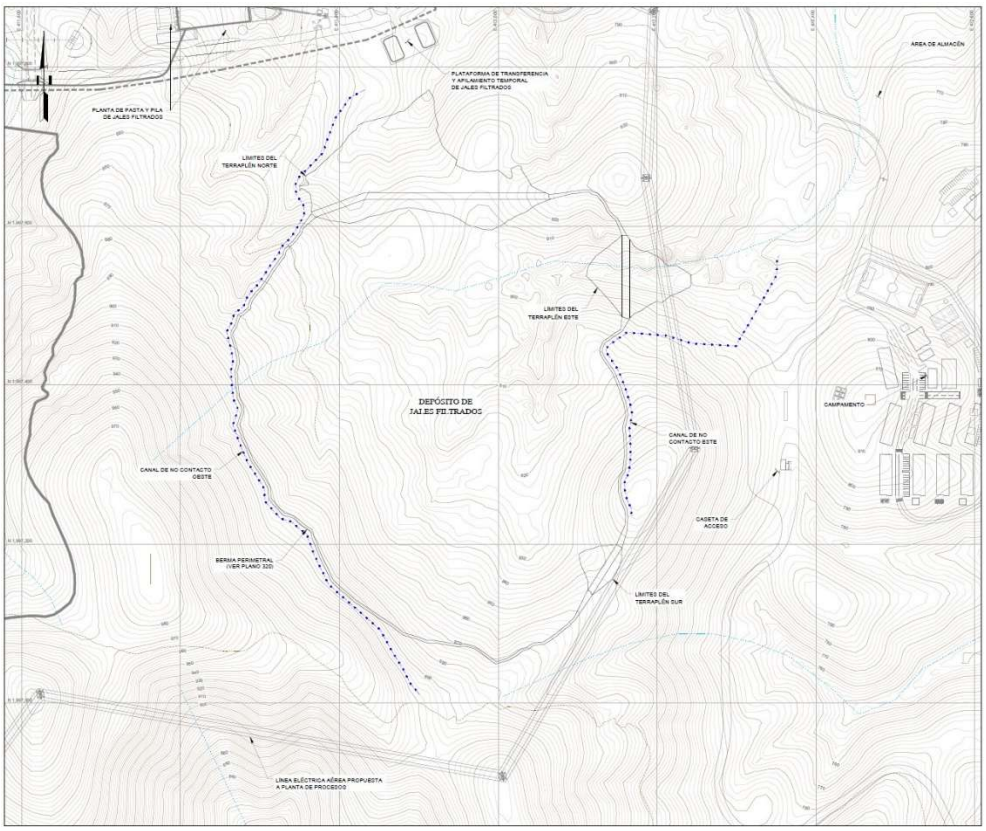


Figura 12. Vista en planta de la presa de jales.

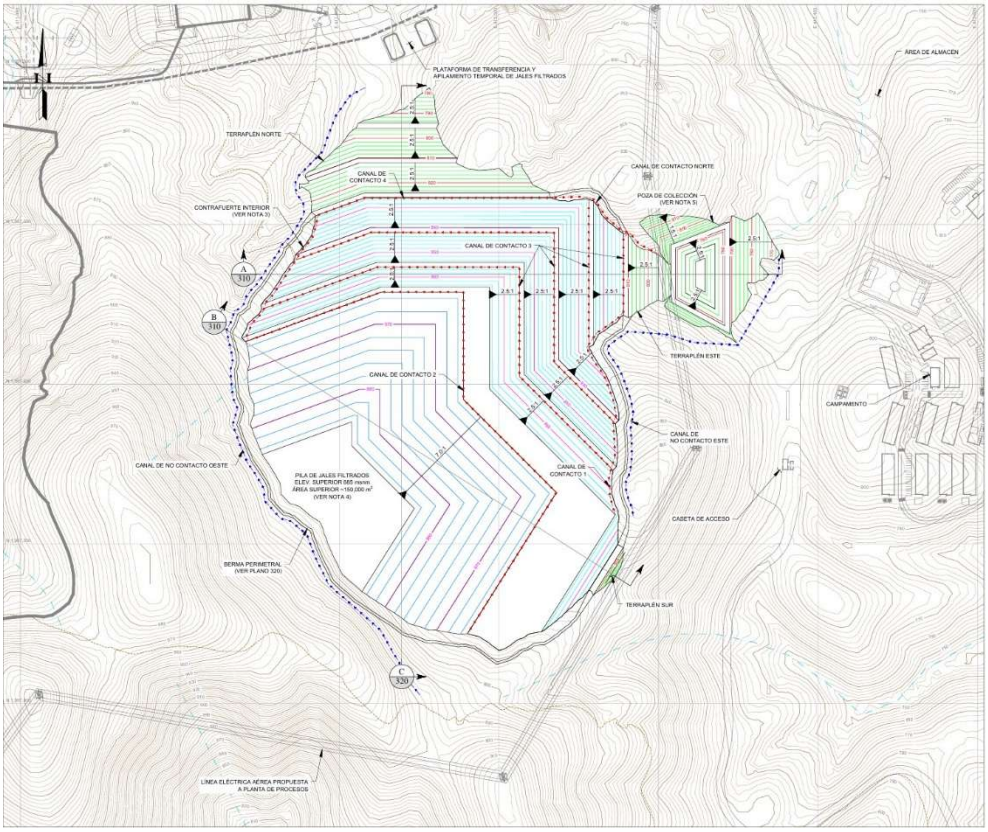


Figura 13. Arreglo de la presa de jales y pileta de recolección.

En la figura anterior se muestra el arreglo de la presa de jales y de la pileta de recolección.

La pileta de recolección estará ubicada en el pie aguas abajo del bordo principal, con una capacidad de 25,800 m³. El diseño de la pileta de recolección incluirá crestas de 6 metros de ancho a una elevación de 795 msnm, y un sistema de revestimiento consistente en una geomembrana de HDPE colocada sobre una capa de revestimiento de suelo arcilloso de 0.3 metros de espesor. Las cantidades de nivelación incluirán 25,000 m³de corte y 50,000 m³de relleno.

Se requerirá un contrafuerte de estabilidad interna para mejorar la estabilidad de la presa de jales. El contrafuerte será construido con enrocado, el cual será colocado entre la cara aguas arriba de los bordos y el cuerpo de jales filtrados hasta la elevación 865 msnm. El material del contrafuerte en cuña será colocado directamente sobre la subbase preparada.

El resto del área donde se colocarán los jales será revestido con un sistema de revestimiento compuesto, que consistirá en una geomembrana sintética de polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) colocada sobre una subbase preparada de 0.15 metros de espesor. Se implementarán drenes chimenea alrededor de la cara exterior inclinada de los jales filtrados, en contacto con el contrafuerte interno, para captar las filtraciones laterales y conducirlas hacia la geomembrana de fondo y posteriormente hacia el sumidero de colección interno. Con el fin de promover el drenaje interior hacia el sumidero de colección y reducir la posible carga hidráulica dentro de la instalación, se instalará un sistema de drenes secundarios tipo dedo, integrado por tuberías corrugadas perforadas, alojadas en grava drenante y envueltas en geotextil, dispuestas sobre la geomembrana a lo largo de las líneas de drenaje natural del vaso.

Los jales filtrados serán apilados con una pendiente exterior general de 7.0H:1V, hasta la elevación máxima de la instalación de 885 msnm, lo que resultará en una capacidad total de 3,900,000 m³ (o 5.6 millones de toneladas métricas a una densidad de 1.44 toneladas por metro cúbico). En la siguiente tabla se muestran las características de diseño de los sub componentes que integrarán la presa de jales.

Tabla 22. Sub componentes de diseño de la presa de jales.

Sub componente de Diseño	Valores
Bordos	
Relleno de bordo principal	185,000 m^3
Relleno de bordo norte	167,000 m^3
Relleno de bordo sureste	64,000 m^3
Ancho de cresta de bordo principal	6 m
Taludes aguas arriba y aguas abajo del bordo	2.5H:1V
Relleno para el contrafuerte interior	3,200,000 m^3
Poza de colección revestida	
Ancho de corona	6 m
Taludes laterales	2.5H:1V
Capacidad	25,800 m^3
Volumen de corte	25,000 m^3
Volumen de relleno	50,000 m^3
Apilamiento de jales filtrados	

Sub componente de Diseño	Valores
Talud exterior global	7H:1V
Elevación en el punto alto	885 msnm
Capacidad total	3,900,000 m^3
Densidad de los jales	1.44 t/m^3
Tonelaje total	5.6 Mt

Bases de diseño de la presa de jales y tepetateras

Los criterios de diseño para la presa de jales y tepetateras se basan en parámetros de diseño definidos a partir de las condiciones del sitio, la tasa de producción de jales, las propiedades físicas y geoquímicas de los jales, el control de filtraciones, los requerimientos de manejo de aguas superficiales, la evaluación de amenaza sísmica y la evaluación geotécnica. Los criterios de diseño se ajustan a prácticas actualmente aceptadas por la industria, normas regulatorias y lineamientos nacionales e internacionales. En los casos en que los criterios de diseño se superponen, se han aplicado al Proyecto los requisitos más rigurosos.

La siguiente resume los criterios de diseño para la presa de jales y tepetateras, dichos criterios se han desarrollado respetando las siguientes normas y regulaciones locales:

Tabla 23. Criterios de Diseño.

Criterio	Valor de criterio/ Guía	Fuente	Base	Comentarios
Aspectos Generales del Sito				
Sistema de coordenadas	UTM, metros	MA	M	
Topografía	Curvas de nivel a intervalos de 1 metro	MA	M	
Clasificación zona hidráulica	Clima húmedo a lluvioso	MA	C	NOM-141-SEMARNAT-2003
Clasificación de la zona sísmica	Sísmica (Zona D)	MA	C	NOM-141-SEMARNAT-2003
Aspectos Generales de los Jales				
Tasa de producción	2,000 tpd	MA	C	
Almacenamiento total requerido	5.6 M toneladas	MA	C	
Vida de la mina	11 años	MA	C	
Densidad promedio de los jales	1.44 t/m^3	KP	M	
Preparación de la fundación del bordo para jales				
Vegetación existente	Limpieza y despalme hasta 3 m más allá de la huella de afectación.	MA, KP	E	
Suelo orgánico	Retiro y apilamiento de la capa de suelo vegetal de 0.3 m de espesor en promedio.	MA, KP	E	

Criterio	Valor de criterio/ Guía	Fuente	Base	Comentarios
Suelo no apto	Se considera el retiro de todo material inadecuado y suelto para la construcción del bordo.	MA, KP	E	Excavar hasta alcanzar la superficie de fundación aprobada, según lo confirmado por el ingeniero en sitio y el personal de control de calidad de la construcción (CQA).
Preparación del vaso para jales				
Vegetación existente	Limpieza y despalme hasta 3 m más allá de la huella de afectación.	MA, KP	E	
Suelo orgánico	Retiro y apilamiento de la capa de suelo vegetal de 0.3 m de espesor en promedio.	MA, KP	E	
Suelo no apto	Se considera el retiro de todo material inadecuado y suelto hasta encontrar la fundación adecuada.	MA, KP	E	
Composición del sistema de revestimiento	Geomembrana de LLDPE texturizada por ambas caras. Subbase preparada de 0.15m de espesor.	KP	E	
Sistema de colección de infiltración	Tuberías colectoras de fondo, alojadas en grava drenante sobre la geomembrana.	KP	E	Conducen el flujo hacia un sumidero interno de colección.
Preparación de la zona de apilamiento de tepetatera				
Vegetación existente	Limpieza y despalme hasta 3 m más allá de la huella de afectación.	MA, KP	E	
Suelo orgánico	Retiro y apilamiento de la capa de suelo vegetal de 0.3 m de espesor en promedio.	MA, KP	E	
Suelo no apto	Se considera el retiro de todo material inadecuado y suelto hasta encontrar la fundación adecuada.	MA, KP	E	
Sistema de colección de infiltración	Tuberías colectoras de fondo, alojadas en grava drenante .	KP	E	Conducen el flujo hacia una pileta de colección.
Construcción del bordo para jales				
Fase	Una sola fase	MA, KP	E	No se clasificó en fases para el estudio.
Material para relleno de bordo	Enrocamiento de material inerte	KP	E	Enrocamiento proveniente de la excavación de la capa *overburden* para la operación minera propuesta, la fundación de la planta y otras estructuras.
Pendiente aguas abajo	2.5H:1V	KP	E	
Pendiente aguas arriba	2.5H:1V	KP	E	
Ancho de corona (último)	6 m	KP	E	Consistente con los anchos de banquetas del contrafuerte interno
Bordo libre mínimo	N/A	KP	E	El bordo no retiene agua

Criterio	Valor de criterio/ Guía	Fuente	Base	Comentarios
Apilamiento tepetatera				
Fase	Una sola fase	KP	E	
Material para relleno de bordo	Roca estéril	KP	E	
Altura máxima por etapa (lift)	15 m	KP	E	
Ancho de berma intermedia	15 m	KP	E	
Pendiente de bermas hacia adentro	2%-4%	KP	E	
Frecuencia de bermas	Cada 15 m de altura	KP	E	
Elevación máxima del depósito	Depósito 1: 885 msnm Depósito 3: 887 msnm	KP	E	
Talud local	1.3H:1V	KP	E	
Talud global	2H:1V	KP	E	
Método de colocación	Por capas, altura entre bancos 15 m, banqueta intermedia de 15 m de ancho	KP	E	
Compactación	Tránsito controlado de equipos	KP	E	
Capacidad	Depósito 1: 691,000 m3 Depósito 3: 691,000 m3	KP	C	
Consideraciones sísmicas				
Región sísmica	Sísmica (Zona D)	KP	C	NOM-141-SEMARNAT-2003
Clasificación de peligro del depósito FTSF	Alto	KP	C	CDA 2014
Diseño máximo de sismo	2,475-años de periodo de retorno	KP	C	CDA 2014
Evento de control (magnitud)	8.5 (Mw)	KP	C	LCI (2026)
Aceleración máxima del suelo (PGA)	0.83 g	KP	C	LCI (2026)
Propiedades Geotécnicas				
Fundación – Caliza/Lutita	Envolvente de resistencia no lineal de Hoek-Brown Peso volumétrico = 27 kN/m^3	KP	M, C	Knight Piésold (2023)
Fundación - Granodiorita	Envolvente de resistencia no lineal de Hoek-Brown Peso volumétrico = 26 kN/m^3	KP	M, C	Knight Piésold (2023)
Contrafuerte y bordo (Roca estéril)	Peso volumétrico = 22 kN/m^3 Envolvente no lineal de resistencia al corte	KP	E	Peso unitario fue asumido, Envolvente de enrocamiento estimada como la frontera inferior de Leps (1970)
Jales Filtrados	Peso volumétrico = 20.6 kN/m^3	KP	E	

Criterio	Valor de criterio/ Guía	Fuente	Base	Comentarios
	Cohesión efectiva = 0			
	Angulo de fricción interna efectivo = 35°			
	Relación de resistencia no drenada pico = 0.24			
Suelo de Fundación	Peso volumétrico = 21 kN/m^3	KP	E	El peso unitario y la resistencia al corte se asumieron con base en la experiencia en proyectos similares.
	Ángulo de fricción efectivo = 37°			
Interfaz de Revestimiento compuesto	Envolvente no lineal de resistencia al corte	KP	E	
Requerimientos de estabilidad	FOS mínimo estático drenado: 1.5 (operación y cierre)	KP	S	
	FOS mínimo estático no drenado: 1.3 (operación y cierre)			
	FOS mínimo pseudoestático: 1.0 (operación y cierre)			
Deformación permisible inducida por sismo MDE	La deformación admisible no debería comprometer la integridad del confinamiento ni dar lugar a una liberación no controlada.	KP	S, E	Basado en FEMA
Construcción de la pileta de recolección				
Fases	Una fase	KP	E	
Capacidad de almacenamiento	25,800 m^3	KP	C	De acuerdo con resultados del Balance de Agua de la presa de jales
Ancho de la corona	6 m	KP	E	Por debajo de la elevación asumida del vertedor, correspondiente a 794 msnm.
Pendiente aguas abajo	2.5H:1V	KP	E	
Pendiente aguas arriba	2.5H:1V	KP	E	
Composición del sistema de revestimiento	Geomembrana HDPE Lisa de 60-mil subyacente a capa de revestimiento de suelo arcilloso de 0.3m	KP	E	
Bordo libre mínimo de la poza	1 m	KP	E, C	
Evento de inundación de diseño ambiental (EDF)	25-años / 24-horas	KP	E	
Volumen muerto de almacenamiento requerido	10 % por debajo de la capacidad de almacenamiento disponible del vertedor más el volumen asociado a una profundidad de la poza de 2.0 m para la operación de bombeo	KP	S, E	
Elevación del vertedor	794 msnm	KP	C	1 metro por debajo de la cresta de la poza
Tormenta de diseño para vertedero	100-años /24 horas	KP	C	
Construcción de la pileta de recolección				

Criterio	Valor de criterio/ Guía	Fuente	Base	Comentarios
Fases	Una fase	KP	E	
Capacidad de almacenamiento	Por definir	KP	X	
Ancho de la corona	6 m	KP	E	
Pendiente aguas abajo	2.5H:1V	KP	E	
Pendiente aguas arriba	2.5H:1V	KP	E	
Composición del sistema de revestimiento	Geomembrana HDPE Lisa de 60-mil subyacente a capa de revestimiento de suelo arcilloso de 0.3m	KP	E	
Bordo libre mínimo de la poza	1 m	KP	E, C	
Evento de inundación de diseño ambiental (EDF)	25-años / 24-horas	KP	E	
Volumen muerto de almacenamiento requerido	10 % por debajo de la capacidad de almacenamiento disponible del vertedor más el volumen asociado a una profundidad de la poza de 2.0 m para la operación de bombeo	KP	S, E	
Tormenta de diseño para vertedero	100-años /24 horas	KP	C	
Construcción de Canal de Derivación				
Capacidad de flujo	100-años / 24-horas tormenta de diseño	KP	E, C	Profundidad de 159 mm
Revestimiento de protección para canal de derivación	Revestimiento de rip-rap donde se requiera	KP	E, C	Rango de diámetro medio de 200 a 350 mm
Pendiente mínima longitudinal para canal	1.00%	KP	E, C	
Pendiente mínima para los lados del canal	2.0H:1V	KP	E, C	Mínimo para revestimiento rip-rap para canales
Profundidad mínima de bordo libre del canal	Mayor que 0.3 m o el 25 % del tirante normal del flujo de diseño	KP	S	
Distribución de tormenta	NRCS Tipo II	KP	S	

Demolición de infraestructura existente

En el área de desplante del Proyecto existen instalaciones la cuales son: áreas de oficinas y servicios (dormitorios, servicios médicos, baños, bodegas), caseta de vigilancia, comedor, lavandería y área con un generador de energía de emergencia.

Estas instalaciones están construidas mediante estructuras metálicas y cimentadas sobre plataformas de concreto.

Las estructuras metálicas serán desmanteladas y reutilizadas en las áreas que sean adecuadas. Las plataformas de concreto serán demolidas mediante maquinaria pesada.

En el anexo 05_Planos del proyecto se incluyen los planos del proyecto que describen las actividades antes descritas; así como en el anexo_19 Memoria tecnica descriptiva.

Ubicación de componentes

A continuación, se muestran las coordenadas UTM, WGS-84, Zona 14 de la ubicación de los componentes del área de desplante del Proyecto.

1. Mina subterránea

Tabla 24. Vértices de mina subterránea.

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	410,049.11	1,998,056.09	44	410,239.41	1,997,852.93	87	409,994.23	1,997,903.96
2	410,053.41	1,998,048.82	45	410,161.86	1,997,847.45	88	409,994.75	1,997,907.45
3	410,071.22	1,998,048.82	46	410,121.30	1,997,852.03	89	409,995.81	1,997,910.81
4	410,071.22	1,998,060.24	47	410,120.13	1,997,843.55	90	409,995.33	1,997,914.56
5	410,080.70	1,998,060.24	48	410,109.92	1,997,837.86	91	409,995.48	1,997,918.33
6	410,080.70	1,998,062.56	49	410,099.21	1,997,837.86	92	409,996.27	1,997,922.02
7	410,088.78	1,998,062.56	50	410,095.35	1,997,838.09	93	409,997.66	1,997,925.53
8	410,088.78	1,998,043.24	51	410,091.59	1,997,838.98	94	409,999.63	1,997,928.75
9	410,110.90	1,998,043.24	52	410,088.05	1,997,840.51	95	410,002.11	1,997,931.59
10	410,110.90	1,998,048.58	53	410,084.81	1,997,842.62	96	410,005.04	1,997,933.97
11	410,121.06	1,998,048.58	54	410,081.99	1,997,845.26	97	410,008.33	1,997,935.83
12	410,121.06	1,998,053.59	55	410,044.36	1,997,885.29	98	410,011.88	1,997,937.11
13	410,130.82	1,998,053.59	56	410,045.15	1,997,864.79	99	410,013.73	1,997,941.30
14	410,130.82	1,998,057.03	57	410,045.00	1,997,860.55	100	409,998.50	1,997,957.50
15	410,141.32	1,998,057.03	58	410,044.13	1,997,856.40	101	409,996.52	1,997,961.27
16	410,141.32	1,998,061.02	59	410,042.56	1,997,852.46	102	409,995.20	1,997,965.31
17	410,151.17	1,998,061.02	60	410,040.35	1,997,848.85	103	409,994.57	1,997,969.52
18	410,151.17	1,998,067.06	61	410,037.55	1,997,845.66	104	409,994.67	1,997,973.78
19	410,161.21	1,998,067.06	62	410,034.26	1,997,843.00	105	409,995.47	1,997,977.96
20	410,161.21	1,998,073.37	63	410,030.56	1,997,840.93	106	409,996.97	1,997,981.94
21	410,190.76	1,998,073.37	64	410,026.56	1,997,839.53	107	409,999.12	1,997,985.62
22	410,190.76	1,998,075.88	65	410,022.38	1,997,838.82	108	410,001.85	1,997,988.88
23	410,198.32	1,998,075.88	66	410,018.14	1,997,838.84	109	410,005.09	1,997,991.64
24	410,198.32	1,998,040.83	67	410,013.97	1,997,839.58	110	410,008.75	1,997,993.81
25	410,220.63	1,998,040.83	68	410,009.98	1,997,841.02	111	410,012.72	1,997,995.34
26	410,220.63	1,998,050.76	69	410,006.29	1,997,843.11	112	410,016.90	1,997,996.17
27	410,238.75	1,998,050.76	70	410,003.02	1,997,845.81	113	410,021.15	1,997,996.30
28	410,238.75	1,998,014.27	71	410,000.25	1,997,849.02	114	410,025.37	1,997,995.71
29	410,269.70	1,998,014.27	72	409,998.07	1,997,852.65	115	410,029.42	1,997,994.42
30	410,269.70	1,998,037.30	73	409,996.54	1,997,856.60	116	410,033.20	1,997,992.46
31	410,281.04	1,998,037.30	74	409,995.70	1,997,860.76	117	410,036.60	1,997,989.90
32	410,281.04	1,998,046.96	75	409,995.58	1,997,864.99	118	410,039.52	1,997,986.80
33	410,298.70	1,998,046.96	76	409,996.19	1,997,869.19	119	410,041.88	1,997,983.26
34	410,298.70	1,998,034.42	77	409,997.50	1,997,873.22	120	410,043.61	1,997,979.37
35	410,309.29	1,998,034.42	78	409,999.48	1,997,876.97	121	410,044.66	1,997,975.24
36	410,309.29	1,998,004.38	79	410,002.06	1,997,880.33	122	410,045.00	1,997,971.00
37	410,318.31	1,998,004.47	80	410,005.18	1,997,883.20	123	410,050.50	1,997,971.00
38	410,318.50	1,997,964.87	81	410,002.29	1,997,885.22	124	410,050.50	1,998,022.00
39	410,332.07	1,997,952.00	82	409,999.76	1,997,887.67	125	410,042.50	1,998,034.50
40	410,329.94	1,997,946.99	83	409,997.64	1,997,890.50	126	410,020.50	1,998,032.00
41	410,296.20	1,997,934.08	84	409,996.00	1,997,893.62	127	410,020.50	1,998,098.50
42	410,285.23	1,997,933.15	85	409,994.86	1,997,896.96	128	410,049.11	1,998,098.50
43	410,239.76	1,997,867.35	86	409,994.27	1,997,900.43			

2. Trituración primaria

Tabla 25. Vértices del área de Trituración primaria.

Vertice	X	Y
1	410,128.84	1,997,835.47
2	410,128.84	1,997,830.47
3	410,123.04	1,997,830.26
4	410,118.31	1,997,831.48
5	410,115.94	1,997,834.08
6	410,112.91	1,997,839.53
7	410,120.13	1,997,843.55
8	410,120.33	1,997,844.99
9	410,124.98	1,997,844.36
10	410,129.07	1,997,840.74

3. Rampa de acceso

Tabla 26. Vértices de la rampa de la rampa de acceso.

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,009.21	1,997,912.23	143	411,198.95	1,997,872.78	285	411,167.72	1,997,873.20
2	411,009.80	1,997,912.05	144	411,199.91	1,997,872.27	286	411,166.23	1,997,873.76
3	411,010.71	1,997,912.11	145	411,200.69	1,997,872.18	287	411,165.86	1,997,874.18
4	411,012.97	1,997,911.63	146	411,201.27	1,997,871.94	288	411,165.11	1,997,874.18
5	411,014.60	1,997,911.30	147	411,201.90	1,997,871.56	289	411,164.66	1,997,874.19
6	411,015.90	1,997,910.83	148	411,202.28	1,997,871.60	290	411,163.86	1,997,874.60
7	411,017.05	1,997,910.79	149	411,202.98	1,997,871.78	291	411,162.91	1,997,875.00
8	411,018.53	1,997,910.28	150	411,203.76	1,997,871.79	292	411,161.22	1,997,875.41
9	411,019.86	1,997,910.29	151	411,204.40	1,997,871.56	293	411,157.06	1,997,876.06
10	411,021.50	1,997,910.01	152	411,204.99	1,997,871.13	294	411,154.54	1,997,876.78
11	411,022.34	1,997,909.65	153	411,205.36	1,997,871.07	295	411,153.68	1,997,877.23
12	411,024.71	1,997,909.56	154	411,206.51	1,997,870.57	296	411,153.30	1,997,877.33
13	411,025.73	1,997,909.29	155	411,207.30	1,997,870.53	297	411,152.34	1,997,877.13
14	411,028.74	1,997,908.32	156	411,208.79	1,997,870.26	298	411,151.65	1,997,877.16
15	411,030.72	1,997,908.08	157	411,209.98	1,997,869.77	299	411,151.15	1,997,877.47
16	411,031.39	1,997,907.81	158	411,210.53	1,997,869.70	300	411,149.90	1,997,877.72
17	411,032.99	1,997,907.58	159	411,211.06	1,997,869.81	301	411,147.46	1,997,878.33
18	411,033.61	1,997,907.70	160	411,211.66	1,997,869.69	302	411,146.69	1,997,878.33
19	411,034.54	1,997,907.52	161	411,212.58	1,997,869.67	303	411,145.44	1,997,878.60
20	411,036.08	1,997,907.01	162	411,213.18	1,997,869.60	304	411,144.74	1,997,878.64
21	411,036.97	1,997,907.02	163	411,213.68	1,997,869.60	305	411,142.84	1,997,878.95
22	411,039.01	1,997,906.45	164	411,214.97	1,997,869.11	306	411,141.95	1,997,879.33
23	411,040.49	1,997,905.92	165	411,215.32	1,997,869.12	307	411,141.04	1,997,879.60
24	411,041.80	1,997,905.71	166	411,216.47	1,997,868.85	308	411,140.00	1,997,879.80
25	411,043.11	1,997,905.32	167	411,216.84	1,997,868.71	309	411,139.15	1,997,880.14
26	411,044.65	1,997,904.97	168	411,218.20	1,997,868.80	310	411,136.79	1,997,880.45
27	411,044.93	1,997,904.67	169	411,219.58	1,997,868.51	311	411,135.23	1,997,880.79
28	411,046.74	1,997,904.25	170	411,220.35	1,997,868.16	312	411,133.14	1,997,881.12
29	411,047.39	1,997,903.98	171	411,221.26	1,997,868.13	313	411,131.65	1,997,881.65
30	411,048.07	1,997,904.00	172	411,221.90	1,997,868.02	314	411,130.55	1,997,881.75
31	411,048.62	1,997,903.80	173	411,222.87	1,997,867.71	315	411,129.77	1,997,881.87
32	411,049.21	1,997,903.82	174	411,224.39	1,997,867.34	316	411,129.13	1,997,882.14
33	411,051.24	1,997,903.43	175	411,224.99	1,997,867.37	317	411,127.50	1,997,882.15
34	411,052.87	1,997,902.90	176	411,226.23	1,997,867.18	318	411,125.23	1,997,882.49
35	411,054.30	1,997,902.33	177	411,226.77	1,997,866.98	319	411,123.62	1,997,882.99

Vértice	X	Y
36	411,056.10	1,997,902.13
37	411,056.49	1,997,902.16
38	411,059.25	1,997,901.69
39	411,059.94	1,997,901.21
40	411,063.21	1,997,900.46
41	411,064.78	1,997,900.43
42	411,065.38	1,997,900.55
43	411,066.71	1,997,900.55
44	411,068.92	1,997,899.83
45	411,069.31	1,997,899.61
46	411,070.36	1,997,899.62
47	411,071.92	1,997,899.33
48	411,072.46	1,997,899.14
49	411,073.37	1,997,899.35
50	411,075.01	1,997,898.77
51	411,076.68	1,997,898.58
52	411,077.07	1,997,898.55
53	411,079.01	1,997,897.78
54	411,079.66	1,997,897.82
55	411,083.76	1,997,896.25
56	411,085.48	1,997,896.30
57	411,085.80	1,997,896.51
58	411,086.50	1,997,896.47
59	411,087.25	1,997,896.29
60	411,089.36	1,997,895.56
61	411,090.25	1,997,895.56
62	411,090.98	1,997,895.70
63	411,092.25	1,997,895.70
64	411,092.93	1,997,895.53
65	411,093.69	1,997,896.16
66	411,094.28	1,997,896.59
67	411,094.93	1,997,896.89
68	411,095.83	1,997,897.15
69	411,096.97	1,997,897.06
70	411,098.00	1,997,895.96
71	411,098.35	1,997,895.03
72	411,098.67	1,997,894.45
73	411,100.06	1,997,893.35
74	411,100.89	1,997,892.88
75	411,103.13	1,997,892.64
76	411,105.58	1,997,892.07
77	411,106.47	1,997,892.04
78	411,111.78	1,997,890.74
79	411,112.65	1,997,890.67
80	411,113.80	1,997,889.93
81	411,114.72	1,997,890.02
82	411,117.38	1,997,889.58
83	411,117.63	1,997,889.36
84	411,118.65	1,997,889.16
85	411,119.59	1,997,888.73
86	411,120.54	1,997,888.89
87	411,121.57	1,997,888.55
88	411,122.45	1,997,888.31
89	411,124.14	1,997,888.12
90	411,124.61	1,997,887.90
91	411,126.23	1,997,887.71
178	411,228.13	1,997,866.79
179	411,228.92	1,997,866.49
180	411,229.48	1,997,866.19
181	411,230.66	1,997,865.89
182	411,231.90	1,997,865.63
183	411,233.02	1,997,865.49
184	411,233.73	1,997,865.49
185	411,234.63	1,997,865.34
186	411,235.63	1,997,864.89
187	411,236.28	1,997,864.73
188	411,237.30	1,997,864.29
189	411,238.64	1,997,864.03
190	411,239.31	1,997,863.97
191	411,239.84	1,997,864.10
192	411,240.59	1,997,863.85
193	411,242.00	1,997,863.30
194	411,242.47	1,997,862.98
195	411,242.94	1,997,862.98
196	411,243.71	1,997,862.66
197	411,245.28	1,997,862.67
198	411,246.19	1,997,862.81
199	411,246.84	1,997,862.72
200	411,248.74	1,997,862.20
201	411,249.55	1,997,861.89
202	411,250.36	1,997,861.83
203	411,252.16	1,997,861.29
204	411,253.17	1,997,860.74
205	411,254.30	1,997,860.40
206	411,255.42	1,997,859.95
207	411,258.22	1,997,859.05
208	411,261.32	1,997,858.73
209	411,261.82	1,997,858.85
210	411,263.78	1,997,858.54
211	411,264.65	1,997,858.73
212	411,266.31	1,997,858.76
213	411,267.90	1,997,858.54
214	411,269.05	1,997,858.76
215	411,271.87	1,997,858.66
216	411,272.93	1,997,858.81
217	411,274.17	1,997,859.07
218	411,275.25	1,997,859.65
219	411,277.40	1,997,860.48
220	411,278.23	1,997,860.66
221	411,279.38	1,997,861.40
222	411,280.58	1,997,861.89
223	411,281.75	1,997,862.22
224	411,282.81	1,997,862.70
225	411,289.47	1,997,864.73
226	411,290.26	1,997,865.20
227	411,291.15	1,997,865.39
228	411,291.45	1,997,865.34
229	411,293.37	1,997,865.84
230	411,294.40	1,997,866.53
231	411,295.07	1,997,866.65
232	411,297.65	1,997,867.48
233	411,299.37	1,997,868.15
320	411,122.00	1,997,883.06
321	411,120.85	1,997,883.56
322	411,120.29	1,997,883.54
323	411,119.54	1,997,883.90
324	411,116.45	1,997,884.63
325	411,115.37	1,997,884.63
326	411,113.19	1,997,885.16
327	411,112.84	1,997,885.15
328	411,111.64	1,997,885.46
329	411,111.03	1,997,885.46
330	411,109.36	1,997,886.05
331	411,107.99	1,997,886.22
332	411,107.37	1,997,886.25
333	411,106.39	1,997,886.41
334	411,105.04	1,997,886.48
335	411,104.23	1,997,886.38
336	411,103.22	1,997,886.00
337	411,102.76	1,997,885.61
338	411,102.01	1,997,885.23
339	411,101.67	1,997,884.67
340	411,100.76	1,997,883.99
341	411,100.67	1,997,883.23
342	411,100.09	1,997,882.50
343	411,100.25	1,997,881.79
344	411,100.19	1,997,881.17
345	411,100.47	1,997,878.82
346	411,100.31	1,997,878.18
347	411,099.92	1,997,877.58
348	411,099.66	1,997,876.37
349	411,099.23	1,997,875.47
350	411,098.59	1,997,874.97
351	411,097.21	1,997,874.71
352	411,095.48	1,997,874.72
353	411,093.79	1,997,875.56
354	411,093.51	1,997,876.16
355	411,093.88	1,997,876.94
356	411,093.92	1,997,877.80
357	411,094.34	1,997,878.70
358	411,094.55	1,997,881.14
359	411,095.00	1,997,881.76
360	411,094.96	1,997,883.43
361	411,095.20	1,997,885.49
362	411,095.28	1,997,886.94
363	411,095.01	1,997,888.12
364	411,093.78	1,997,889.41
365	411,091.88	1,997,889.69
366	411,091.09	1,997,889.64
367	411,090.02	1,997,890.11
368	411,088.12	1,997,889.91
369	411,087.44	1,997,890.11
370	411,086.33	1,997,890.13
371	411,085.77	1,997,890.41
372	411,083.44	1,997,890.68
373	411,081.34	1,997,890.77
374	411,073.13	1,997,893.68
375	411,069.56	1,997,894.32

Vértice	X	Y
92	411,126.80	1,997,887.82
93	411,129.28	1,997,887.43
94	411,130.08	1,997,887.31
95	411,131.11	1,997,887.26
96	411,133.25	1,997,886.57
97	411,134.62	1,997,886.28
98	411,139.29	1,997,884.92
99	411,140.29	1,997,884.77
100	411,141.58	1,997,884.38
101	411,142.19	1,997,884.45
102	411,144.57	1,997,884.05
103	411,145.55	1,997,883.67
104	411,146.56	1,997,883.41
105	411,148.28	1,997,883.15
106	411,149.12	1,997,883.17
107	411,150.51	1,997,882.96
108	411,151.97	1,997,882.77
109	411,153.27	1,997,882.05
110	411,154.03	1,997,881.82
111	411,155.32	1,997,881.51
112	411,157.50	1,997,881.44
113	411,158.15	1,997,881.32
114	411,159.97	1,997,881.12
115	411,160.86	1,997,880.76
116	411,162.64	1,997,880.30
117	411,167.32	1,997,879.34
118	411,167.71	1,997,879.38
119	411,173.26	1,997,877.77
120	411,173.97	1,997,877.90
121	411,180.71	1,997,876.16
122	411,181.06	1,997,876.29
123	411,183.05	1,997,875.70
124	411,184.10	1,997,875.24
125	411,184.47	1,997,875.21
126	411,184.86	1,997,875.30
127	411,185.51	1,997,875.36
128	411,186.29	1,997,875.36
129	411,186.79	1,997,875.29
130	411,187.29	1,997,875.38
131	411,188.56	1,997,875.11
132	411,190.31	1,997,874.62
133	411,190.76	1,997,874.61
134	411,191.21	1,997,874.54
135	411,191.72	1,997,874.39
136	411,192.56	1,997,874.03
137	411,193.18	1,997,873.93
138	411,194.24	1,997,873.93
139	411,194.98	1,997,873.51
140	411,196.56	1,997,873.17
141	411,197.44	1,997,873.18
142	411,198.28	1,997,872.87

Vértice	X	Y
234	411,300.60	1,997,868.42
235	411,302.37	1,997,869.10
236	411,303.29	1,997,869.16
237	411,303.87	1,997,869.29
238	411,305.06	1,997,869.59
239	411,306.23	1,997,870.27
240	411,306.68	1,997,870.17
241	411,308.75	1,997,871.03
242	411,314.38	1,997,872.36
243	411,317.67	1,997,873.18
244	411,319.95	1,997,868.18
245	411,309.71	1,997,865.25
246	411,305.85	1,997,864.51
247	411,303.63	1,997,863.58
248	411,294.16	1,997,860.33
249	411,279.84	1,997,856.00
250	411,279.27	1,997,855.77
251	411,277.01	1,997,854.73
252	411,269.94	1,997,852.96
253	411,267.06	1,997,853.01
254	411,262.21	1,997,853.64
255	411,257.75	1,997,854.04
256	411,251.39	1,997,856.39
257	411,245.00	1,997,857.73
258	411,238.83	1,997,859.45
259	411,234.17	1,997,860.25
260	411,226.20	1,997,861.71
261	411,223.07	1,997,862.60
262	411,219.64	1,997,862.52
263	411,216.51	1,997,863.86
264	411,209.38	1,997,865.44
265	411,206.02	1,997,865.58
266	411,202.90	1,997,866.53
267	411,200.09	1,997,867.16
268	411,197.20	1,997,867.64
269	411,195.85	1,997,868.30
270	411,194.56	1,997,868.36
271	411,191.61	1,997,868.65
272	411,191.30	1,997,868.56
273	411,191.00	1,997,867.13
274	411,188.63	1,997,867.58
275	411,189.09	1,997,868.59
276	411,188.71	1,997,869.38
277	411,184.06	1,997,870.60
278	411,182.21	1,997,870.51
279	411,179.09	1,997,871.47
280	411,178.32	1,997,871.82
281	411,175.47	1,997,872.43
282	411,174.42	1,997,872.45
283	411,171.11	1,997,873.53
284	411,168.80	1,997,873.53

Vértice	X	Y
376	411,068.13	1,997,894.58
377	411,066.01	1,997,895.26
378	411,064.69	1,997,895.52
379	411,061.76	1,997,895.45
380	411,060.21	1,997,895.79
381	411,059.40	1,997,895.90
382	411,058.59	1,997,896.22
383	411,057.71	1,997,896.18
384	411,056.51	1,997,896.46
385	411,055.76	1,997,896.76
386	411,054.87	1,997,897.31
387	411,053.95	1,997,897.48
388	411,053.39	1,997,897.44
389	411,051.98	1,997,897.70
390	411,051.30	1,997,898.15
391	411,049.74	1,997,898.60
392	411,047.64	1,997,898.55
393	411,046.31	1,997,899.19
394	411,045.03	1,997,899.17
395	411,042.55	1,997,899.70
396	411,039.35	1,997,900.71
397	411,036.97	1,997,901.07
398	411,035.24	1,997,901.59
399	411,032.61	1,997,902.10
400	411,030.38	1,997,902.63
401	411,027.58	1,997,903.16
402	411,026.72	1,997,903.55
403	411,024.18	1,997,904.06
404	411,022.52	1,997,904.54
405	411,019.43	1,997,904.92
406	411,017.65	1,997,905.16
407	411,016.18	1,997,905.20
408	411,015.31	1,997,905.36
409	411,014.95	1,997,905.71
410	411,014.21	1,997,905.86
411	411,012.30	1,997,906.29
412	411,010.08	1,997,907.16
413	411,008.70	1,997,907.39
414	411,008.05	1,997,907.26
415	410,161.86	1,997,847.45
416	410,107.90	1,997,853.54
417	410,088.53	1,997,868.56
418	410,087.00	1,997,877.17
419	410,091.56	1,997,882.53
420	410,093.67	1,997,871.66
421	410,110.19	1,997,858.81
422	410,162.23	1,997,852.80
423	411,007.69	1,997,912.28
424	411,008.55	1,997,912.28

4. Rampa de servicios

Tabla 27. Vértices de la rampa de servicios.

Vértice	X	Y
1	411,337.56	1,997,831.22
2	410,128.84	1,997,830.47
3	410,128.84	1,997,835.47
4	411,337.21	1,997,836.20
5	411,338.15	1,997,836.17
6	411,338.42	1,997,831.27

5. Portal de entrada

Tabla 28. Vértices del portal de entrada.

Vértice	X	Y
1	411,362.90	1,997,930.20
2	411,346.72	1,997,895.46
3	411,367.38	1,997,850.40
4	411,336.05	1,997,832.86
5	411,286.82	1,997,940.87
6	411,295.77	1,997,949.81

6. Transportador aéreo de trituración subterránea

Tabla 29. Vértices de transportador aéreo de trituración subterránea.

Vértice	X	Y
1	411,459.06	1,997,832.78
2	411,338.34	1,997,832.71
3	411,338.23	1,997,834.71
4	411,460.22	1,997,834.78

7. Torre de transferencia

Tabla 30. Vértices de torre de transferencia.

Coordenadas Torre de transferencia polígono 1					
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,473.73	1,997,842.17	3	411,454.80	1,997,825.39
2	411,461.73	1,997,821.39	4	411,466.80	1,997,846.17
Coordenadas Torre de transferencia polígono 2					
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,708.01	1,998,242.04	3	411,685.85	1,998,223.66
2	411,694.51	1,998,218.66	4	411,699.35	1,998,247.04

8. Puente transportador

Tabla 31. Vértices del puente transportador.

Coordenadas Puente transportador polígono 1

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,689.32	1,998,221.66	3	411,469.36	1,997,844.69	4	411,687.58	1,998,222.66
2	411,471.10	1,997,843.69						

Coordenadas Puente transportador polígono 2								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,695.77	1,998,240.84	4	411,687.46	1,998,239.50	7	411,687.79	1,998,242.18
2	411,694.69	1,998,238.96	5	411,685.35	1,998,239.76	8	411,687.75	1,998,241.83
3	411,687.50	1,998,239.84	6	411,685.68	1,998,242.43			

Coordenadas Puente transportador polígono 3								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,790.18	1,998,229.25	3	411,705.47	1,998,237.64	4	411,706.56	1,998,239.52
2	411,789.93	1,998,227.27						

Coordenadas Puente transportador polígono 4								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,795.26	1,998,213.23	3	411,697.17	1,998,223.26	4	411,698.26	1,998,225.15
2	411,795.02	1,998,211.25						

Coordenadas Puente transportador polígono 5								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,859.73	1,998,220.71	3	411,808.79	1,998,224.95	4	411,809.04	1,998,226.94
2	411,859.49	1,998,218.73						

Coordenadas Puente transportador polígono 6								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,932.08	1,998,207.15	3	411,881.89	1,998,212.23	4	411,882.02	1,998,213.30
2	411,931.95	1,998,206.08						

Coordenadas Puente transportador polígono 7								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,931.88	1,998,205.50	3	411,881.68	1,998,210.58	4	411,881.81	1,998,211.65
2	411,931.75	1,998,204.43						

9. Cimentación del puente transportador

Tabla 32. Vértices de cimentación del puente transportador.

Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 1								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,349.32	1,997,831.91	5	411,346.80	1,997,834.91	9	411,349.80	1,997,832.71
2	411,346.81	1,997,831.91	6	411,349.65	1,997,834.91	10	411,349.81	1,997,831.91
3	411,346.80	1,997,832.71	7	411,349.80	1,997,834.91			
4	411,346.80	1,997,834.71	8	411,349.80	1,997,834.71			

Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 2								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,357.78	1,997,831.92	5	411,356.80	1,997,834.72	9	411,359.80	1,997,832.72
2	411,356.81	1,997,831.91	6	411,356.80	1,997,834.91	10	411,359.81	1,997,831.92
3	411,356.80	1,997,832.72	7	411,359.80	1,997,834.92			
4	411,356.80	1,997,833.04	8	411,359.80	1,997,834.72			

Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 3								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,369.81	1,997,831.92	5	411,366.80	1,997,834.72	9	411,369.80	1,997,834.49
2	411,366.81	1,997,831.92	6	411,366.80	1,997,834.92	10	411,369.80	1,997,832.72
3	411,366.81	1,997,831.99	7	411,369.80	1,997,834.92			
4	411,366.80	1,997,832.72	8	411,369.80	1,997,834.72			

Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 4								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,379.81	1,997,831.93	5	411,376.80	1,997,834.73	9	411,379.80	1,997,834.73
2	411,376.81	1,997,831.93	6	411,376.80	1,997,834.93	10	411,379.80	1,997,832.73
3	411,376.80	1,997,832.73	7	411,379.13	1,997,834.93			
4	411,376.80	1,997,833.85	8	411,379.80	1,997,834.93			

Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 5								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,389.81	1,997,831.93	5	411,386.80	1,997,834.93	9	411,389.80	1,997,832.74
2	411,386.81	1,997,831.93	6	411,388.60	1,997,834.93	10	411,389.80	1,997,832.73
3	411,386.80	1,997,832.73	7	411,389.80	1,997,834.93			
4	411,386.80	1,997,834.73	8	411,389.80	1,997,834.74			

Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 6								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,397.66	1,997,831.94	5	411,396.80	1,997,834.94	9	411,399.80	1,997,834.74
2	411,396.81	1,997,831.94	6	411,396.97	1,997,834.94	10	411,399.80	1,997,834.44
3	411,396.80	1,997,832.74	7	411,399.55	1,997,834.94	11	411,399.80	1,997,832.74
4	411,396.80	1,997,834.74	8	411,399.80	1,997,834.94	12	411,399.81	1,997,831.94

Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 7								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,406.98	1,997,831.95	5	411,406.80	1,997,834.75	9	411,409.80	1,997,832.75
2	411,406.81	1,997,831.94	6	411,406.80	1,997,834.94	10	411,409.81	1,997,831.95
3	411,406.81	1,997,832.08	7	411,409.80	1,997,834.95			
4	411,406.80	1,997,832.75	8	411,409.80	1,997,834.75			

Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 8								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,416.85	1,997,831.95	5	411,416.80	1,997,834.75	9	411,419.80	1,997,834.75
2	411,416.81	1,997,831.95	6	411,416.80	1,997,834.95	10	411,419.80	1,997,832.75
3	411,416.80	1,997,832.75	7	411,419.12	1,997,834.95	11	411,419.81	1,997,831.95
4	411,416.80	1,997,834.11	8	411,419.80	1,997,834.95	12	411,419.37	1,997,831.95

Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 9								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,429.81	1,997,831.96	4	411,426.80	1,997,834.76	7	411,429.80	1,997,834.76
2	411,426.81	1,997,831.96	5	411,426.80	1,997,834.96	8	411,429.80	1,997,832.76
3	411,426.80	1,997,832.76	6	411,429.80	1,997,834.96			

Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 10								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,438.50	1,997,831.96	6	411,436.80	1,997,834.77	11	411,439.80	1,997,834.62
2	411,436.81	1,997,831.96	7	411,436.80	1,997,834.96	12	411,439.80	1,997,832.96
3	411,436.80	1,997,832.77	8	411,439.80	1,997,834.97	13	411,439.80	1,997,832.77
4	411,436.80	1,997,833.03	9	411,439.80	1,997,834.77	14	411,439.81	1,997,831.97
5	411,436.80	1,997,834.28	10	411,439.80	1,997,834.76			

Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 11								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,449.81	1,997,831.97	4	411,446.80	1,997,834.77	7	411,449.80	1,997,834.77
2	411,446.81	1,997,831.97	5	411,446.80	1,997,834.97	8	411,449.80	1,997,832.77
3	411,446.80	1,997,832.77	6	411,449.80	1,997,834.97	9	411,449.81	1,997,831.97

Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 12								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,477.28	1,997,853.40	4	411,473.61	1,997,852.05	7	411,475.11	1,997,854.65
2	411,475.78	1,997,850.80	5	411,473.18	1,997,852.30	8	411,476.85	1,997,853.65
3	411,475.35	1,997,851.05	6	411,474.68	1,997,854.90			

Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 13								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,481.07	1,997,859.96	5	411,478.61	1,997,860.71	9	411,481.85	1,997,862.31
2	411,480.78	1,997,859.46	6	411,478.18	1,997,860.96	10	411,482.28	1,997,862.06
3	411,480.46	1,997,859.65	7	411,479.68	1,997,863.56			
4	411,480.35	1,997,859.71	8	411,480.11	1,997,863.31			

Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 14								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,487.11	1,997,870.42	5	411,483.18	1,997,869.62	9	411,486.85	1,997,870.97
2	411,485.78	1,997,868.12	6	411,484.46	1,997,871.85	10	411,487.28	1,997,870.72
3	411,485.35	1,997,868.37	7	411,484.68	1,997,872.22			

4	411,483.61	1,997,869.37	8	411,485.11	1,997,871.97			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 15								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,492.28	1,997,879.38	4	411,488.61	1,997,878.03	7	411,490.11	1,997,880.63
2	411,490.78	1,997,876.78	5	411,488.18	1,997,878.28	8	411,491.85	1,997,879.63
3	411,490.35	1,997,877.03	6	411,489.68	1,997,880.88			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 16								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,497.28	1,997,888.04	4	411,493.61	1,997,886.69	7	411,495.11	1,997,889.29
2	411,495.78	1,997,885.44	5	411,493.18	1,997,886.94	8	411,496.85	1,997,888.29
3	411,495.35	1,997,885.69	6	411,494.68	1,997,889.54			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 17								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,502.28	1,997,896.70	4	411,498.61	1,997,895.35	7	411,500.11	1,997,897.95
2	411,500.78	1,997,894.10	5	411,498.18	1,997,895.60	8	411,501.85	1,997,896.95
3	411,500.35	1,997,894.35	6	411,499.68	1,997,898.20			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 18								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,507.28	1,997,905.36	4	411,503.61	1,997,904.01	7	411,505.11	1,997,906.61
2	411,505.78	1,997,902.77	5	411,503.18	1,997,904.27	8	411,506.85	1,997,905.61
3	411,505.35	1,997,903.01	6	411,504.68	1,997,906.86			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 19								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,512.28	1,997,914.02	4	411,508.61	1,997,912.67	7	411,510.11	1,997,915.27
2	411,510.78	1,997,911.43	5	411,508.18	1,997,912.93	8	411,511.85	1,997,914.27
3	411,510.35	1,997,911.67	6	411,509.68	1,997,915.52			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 20								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,522.28	1,997,931.34	4	411,518.61	1,997,930.00	7	411,520.11	1,997,932.59
2	411,520.78	1,997,928.75	5	411,518.18	1,997,930.25	8	411,521.85	1,997,931.59
3	411,520.35	1,997,929.00	6	411,519.68	1,997,932.84			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 21								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,522.28	1,997,931.34	4	411,518.61	1,997,930.00	7	411,520.11	1,997,932.59
2	411,520.78	1,997,928.75	5	411,518.18	1,997,930.25	8	411,521.85	1,997,931.59
3	411,520.35	1,997,929.00	6	411,519.68	1,997,932.84			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 22								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,527.28	1,997,940.00	4	411,523.61	1,997,938.66	7	411,525.11	1,997,941.25
2	411,525.78	1,997,937.41	5	411,523.18	1,997,938.91	8	411,526.85	1,997,940.25
3	411,525.35	1,997,937.66	6	411,524.68	1,997,941.50			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 23								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,532.28	1,997,948.66	4	411,528.61	1,997,947.32	7	411,530.11	1,997,949.91
2	411,530.78	1,997,946.07	5	411,528.18	1,997,947.57	8	411,531.85	1,997,948.91
3	411,530.35	1,997,946.32	6	411,529.68	1,997,950.16			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 24								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,537.28	1,997,957.33	4	411,533.61	1,997,955.98	7	411,535.11	1,997,958.57
2	411,535.78	1,997,954.73	5	411,533.18	1,997,956.23	8	411,536.85	1,997,957.57
3	411,535.35	1,997,954.98	6	411,534.68	1,997,958.83			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 25								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,542.28	1,997,965.99	4	411,538.61	1,997,964.64	7	411,540.11	1,997,967.23
2	411,540.78	1,997,963.39	5	411,538.18	1,997,964.89	8	411,541.85	1,997,966.23
3	411,540.35	1,997,963.64	6	411,539.68	1,997,967.49			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 26								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,547.28	1,997,974.65	4	411,543.61	1,997,973.30	7	411,545.11	1,997,975.89
2	411,545.78	1,997,972.05	5	411,543.18	1,997,973.55	8	411,546.85	1,997,974.89
3	411,545.35	1,997,972.30	6	411,544.68	1,997,976.15			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 27								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**

1	411,552.28	1,997,983.31	4	411,548.61	1,997,981.96	7	411,550.11	1,997,984.55
2	411,550.78	1,997,980.71	5	411,548.18	1,997,982.21	8	411,551.85	1,997,983.55
3	411,550.35	1,997,980.96	6	411,549.68	1,997,984.81			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 28								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,557.28	1,997,991.97	4	411,553.61	1,997,990.62	7	411,555.11	1,997,993.22
2	411,555.78	1,997,989.37	5	411,553.18	1,997,990.87	8	411,556.85	1,997,992.22
3	411,555.35	1,997,989.62	6	411,554.68	1,997,993.47			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 29								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,562.28	1,998,000.63	4	411,558.61	1,997,999.28	7	411,560.11	1,998,001.88
2	411,560.78	1,997,998.03	5	411,558.18	1,997,999.53	8	411,561.85	1,998,000.88
3	411,560.35	1,997,998.28	6	411,559.68	1,998,002.13			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 30								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,567.28	1,998,009.29	4	411,563.61	1,998,007.94	7	411,565.11	1,998,010.54
2	411,565.78	1,998,006.69	5	411,563.18	1,998,008.19	8	411,566.85	1,998,009.54
3	411,565.35	1,998,006.94	6	411,564.68	1,998,010.79			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 31								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,572.28	1,998,017.95	4	411,568.61	1,998,016.60	7	411,570.11	1,998,019.20
2	411,570.78	1,998,015.35	5	411,568.18	1,998,016.85	8	411,571.85	1,998,018.20
3	411,570.35	1,998,015.60	6	411,569.68	1,998,019.45			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 32								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,577.28	1,998,026.61	4	411,573.61	1,998,025.26	7	411,575.11	1,998,027.86
2	411,575.78	1,998,024.01	5	411,573.18	1,998,025.51	8	411,576.85	1,998,026.86
3	411,575.35	1,998,024.26	6	411,574.68	1,998,028.11			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 33								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,582.28	1,998,035.27	4	411,578.61	1,998,033.92	7	411,580.11	1,998,036.52
2	411,580.78	1,998,032.67	5	411,578.18	1,998,034.17	8	411,581.85	1,998,035.52
3	411,580.35	1,998,032.92	6	411,579.68	1,998,036.77			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 34								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,587.28	1,998,043.93	4	411,583.61	1,998,042.58	7	411,585.11	1,998,045.18
2	411,585.78	1,998,041.33	5	411,583.18	1,998,042.83	8	411,586.85	1,998,044.18
3	411,585.35	1,998,041.58	6	411,584.68	1,998,045.43			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 35								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,592.28	1,998,052.59	4	411,588.61	1,998,051.24	7	411,590.11	1,998,053.84
2	411,590.78	1,998,049.99	5	411,588.18	1,998,051.49	8	411,591.85	1,998,052.84
3	411,590.35	1,998,050.24	6	411,589.68	1,998,054.09			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 36								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,597.28	1,998,061.25	4	411,593.61	1,998,059.90	7	411,595.11	1,998,062.50
2	411,595.78	1,998,058.65	5	411,593.18	1,998,060.15	8	411,596.85	1,998,061.50
3	411,595.35	1,998,058.90	6	411,594.68	1,998,062.75			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 37								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,602.28	1,998,069.91	4	411,598.61	1,998,068.56	7	411,600.11	1,998,071.16
2	411,600.78	1,998,067.31	5	411,598.18	1,998,068.81	8	411,601.85	1,998,070.16
3	411,600.35	1,998,067.56	6	411,599.68	1,998,071.41			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 38								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,606.23	1,998,076.76	5	411,603.61	1,998,077.22	9	411,606.85	1,998,078.82
2	411,605.78	1,998,075.97	6	411,603.18	1,998,077.47	10	411,607.28	1,998,078.57
3	411,605.39	1,998,076.20	7	411,604.68	1,998,080.07			
4	411,605.35	1,998,076.22	8	411,605.11	1,998,079.82			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 39								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,612.28	1,998,087.23	4	411,608.61	1,998,085.88	7	411,610.11	1,998,088.48
2	411,610.78	1,998,084.63	5	411,608.18	1,998,086.13	8	411,611.85	1,998,087.48

3	411,610.35	1,998,084.88	6	411,609.68	1,998,088.73			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 40								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,617.28	1,998,095.89	4	411,613.61	1,998,094.54	7	411,615.11	1,998,097.14
2	411,615.78	1,998,093.29	5	411,613.18	1,998,094.79	8	411,616.85	1,998,096.14
3	411,615.35	1,998,093.54	6	411,614.68	1,998,097.39			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 41								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,622.28	1,998,104.55	5	411,618.61	1,998,103.20	9	411,620.11	1,998,105.80
2	411,620.78	1,998,101.95	6	411,618.18	1,998,103.45	10	411,621.85	1,998,104.80
3	411,620.35	1,998,102.20	7	411,618.83	1,998,104.58			
4	411,618.67	1,998,103.17	8	411,619.68	1,998,106.05			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 42								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,627.28	1,998,113.21	4	411,623.61	1,998,111.86	7	411,625.11	1,998,114.46
2	411,625.78	1,998,110.61	5	411,623.18	1,998,112.11	8	411,626.85	1,998,113.46
3	411,625.35	1,998,110.86	6	411,624.68	1,998,114.71			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 43								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,632.28	1,998,121.87	4	411,628.61	1,998,120.52	7	411,630.11	1,998,123.12
2	411,630.78	1,998,119.27	5	411,628.18	1,998,120.77	8	411,631.85	1,998,122.12
3	411,630.35	1,998,119.52	6	411,629.68	1,998,123.37			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 44								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,637.28	1,998,130.53	4	411,633.61	1,998,129.18	7	411,635.11	1,998,131.78
2	411,635.78	1,998,127.93	5	411,633.18	1,998,129.43	8	411,636.85	1,998,130.78
3	411,635.35	1,998,128.18	6	411,634.68	1,998,132.03			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 45								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,642.28	1,998,139.19	4	411,638.61	1,998,137.84	7	411,640.11	1,998,140.44
2	411,640.78	1,998,136.59	5	411,638.18	1,998,138.09	8	411,641.85	1,998,139.44
3	411,640.35	1,998,136.84	6	411,639.68	1,998,140.69			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 46								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,647.28	1,998,147.85	5	411,643.61	1,998,146.50	9	411,645.23	1,998,149.03
2	411,645.78	1,998,145.25	6	411,643.18	1,998,146.75	10	411,646.85	1,998,148.10
3	411,645.35	1,998,145.50	7	411,644.68	1,998,149.35			
4	411,643.71	1,998,146.45	8	411,645.11	1,998,149.10			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 47								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,652.28	1,998,156.51	5	411,648.61	1,998,155.16	9	411,650.30	1,998,157.65
2	411,650.78	1,998,153.91	6	411,648.18	1,998,155.41	10	411,651.85	1,998,156.76
3	411,650.35	1,998,154.16	7	411,649.68	1,998,158.01			
4	411,648.78	1,998,155.07	8	411,650.11	1,998,157.76			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 48								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,657.28	1,998,165.17	5	411,653.46	1,998,163.91	9	411,655.11	1,998,166.42
2	411,655.78	1,998,162.57	6	411,653.18	1,998,164.07	10	411,656.85	1,998,165.42
3	411,655.35	1,998,162.82	7	411,654.15	1,998,165.77			
4	411,653.61	1,998,163.82	8	411,654.68	1,998,166.67			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 49								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,662.28	1,998,173.83	4	411,658.61	1,998,172.48	7	411,660.11	1,998,175.08
2	411,660.78	1,998,171.23	5	411,658.18	1,998,172.73	8	411,661.85	1,998,174.08
3	411,660.35	1,998,171.48	6	411,659.68	1,998,175.33			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 50								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,666.57	1,998,181.27	5	411,663.18	1,998,181.40	9	411,666.85	1,998,182.74
2	411,665.77	1,998,179.90	6	411,664.68	1,998,183.99	10	411,667.27	1,998,182.49
3	411,665.35	1,998,180.14	7	411,665.11	1,998,183.74			
4	411,663.61	1,998,181.14	8	411,665.55	1,998,183.49			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 51								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**

1	411,672.27	1,998,191.15	4	411,668.61	1,998,189.80	7	411,670.11	1,998,192.40
2	411,670.77	1,998,188.56	5	411,668.18	1,998,190.06	8	411,671.85	1,998,191.40
3	411,670.35	1,998,188.80	6	411,669.68	1,998,192.65			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 52								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,677.27	1,998,199.81	4	411,673.61	1,998,198.46	7	411,675.11	1,998,201.06
2	411,675.77	1,998,197.22	5	411,673.18	1,998,198.72	8	411,676.85	1,998,200.06
3	411,675.35	1,998,197.46	6	411,674.68	1,998,201.31			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 53								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,682.27	1,998,208.47	4	411,678.61	1,998,207.12	7	411,680.11	1,998,209.72
2	411,680.77	1,998,205.88	5	411,678.18	1,998,207.38	8	411,681.85	1,998,208.72
3	411,680.35	1,998,206.12	6	411,679.68	1,998,209.97			
Coordenadas Cimentación del puente transportador polígono 54								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,682.27	1,998,208.47	4	411,683.61	1,998,215.78	7	411,685.11	1,998,218.38
2	411,680.77	1,998,205.88	5	411,683.18	1,998,216.04	8	411,686.85	1,998,217.38
3	411,680.35	1,998,206.12	6	411,684.68	1,998,218.63	9	411,687.27	1,998,217.13

10. Banda transportadora

Tabla 33. Vértices de la banda transportadora.

Polígono 1								
Vertice	**X**	**Y**	**Vertice**	**X**	**Y**	**Vertice**	**X**	**Y**
1	411,790.18	1,998,229.25	3	411,705.47	1,998,237.64	4	411,706.56	1,998,239.52
2	411,789.93	1,998,227.27						
Polígono 2								
Vertice	**X**	**Y**	**Vertice**	**X**	**Y**	**Vertice**	**X**	**Y**
1	411,795.26	1,998,213.23	3	411,697.17	1,998,223.26	4	411,698.26	1,998,225.15
2	411,795.02	1,998,211.25						
Polígono 3								
Vertice	**X**	**Y**	**Vertice**	**X**	**Y**	**Vertice**	**X**	**Y**
1	411,859.73	1,998,220.71	3	411,808.79	1,998,224.95	4	411,809.04	1,998,226.94
2	411,859.49	1,998,218.73						
Polígono 4								
Vertice	**X**	**Y**	**Vertice**	**X**	**Y**	**Vertice**	**X**	**Y**
1	411,932.08	1,998,207.15	3	411,881.89	1,998,212.23	4	411,882.02	1,998,213.30
2	411,931.95	1,998,206.08						
Polígono 5								
Vertice	**X**	**Y**	**Vertice**	**X**	**Y**	**Vertice**	**X**	**Y**
1	411,931.88	1,998,205.50	3	411,881.68	1,998,210.58	4	411,881.81	1,998,211.65
2	411,931.75	1,998,204.43						

11. Cribado secundario tanque de mineral en bruto y trituradora secundaria

Tabla 34. Vértices del cribado secundario tanque de mineral en bruto y trituradora secundaria.

Vértice	X	Y
1	411,808.54	1,998,222.94
2	411,808.09	1,998,219.22
3	411,812.35	1,998,222.54
4	411,812.50	1,998,222.35
5	411,811.45	1,998,213.77
6	411,807.48	1,998,214.25

Vértice	X	Y
7	411,807.39	1,998,213.51
8	411,806.69	1,998,207.80
9	411,794.77	1,998,209.26
10	411,795.48	1,998,214.97
11	411,796.63	1,998,224.40
12	411,789.69	1,998,225.25
13	411,790.66	1,998,233.19
14	411,797.61	1,998,232.34
15	411,809.52	1,998,230.88

12. Molino de bolas depósito de alimentación

Tabla 35. Vértices de molino de bolas depósito de alimentación.

Vértice	X	Y
1	411,876.23	1,998,227.66
2	411,877.03	1,998,226.63
3	411,877.29	1,998,226.60
4	411,877.97	1,998,225.43
5	411,879.57	1,998,223.38
6	411,880.06	1,998,222.76
7	411,881.62	1,998,223.97
8	411,882.87	1,998,222.37
9	411,881.27	1,998,221.12
10	411,880.43	1,998,214.30
11	411,881.05	1,998,214.22
12	411,881.44	1,998,217.45
13	411,882.50	1,998,217.32
14	411,882.09	1,998,214.09
15	411,882.11	1,998,214.09
16	411,881.53	1,998,209.35
17	411,877.66	1,998,209.83
18	411,877.82	1,998,211.13

Vértice	X	Y
19	411,876.08	1,998,209.77
20	411,875.11	1,998,208.77
21	411,874.84	1,998,208.80
22	411,873.81	1,998,208.00
23	411,865.67	1,998,209.00
24	411,863.75	1,998,211.45
25	411,863.45	1,998,211.48
26	411,863.45	1,998,211.51
27	411,859.70	1,998,211.97
28	411,858.68	1,998,212.09
29	411,859.54	1,998,219.17
30	411,859.77	1,998,221.03
31	411,860.32	1,998,225.52
32	411,861.60	1,998,225.38
33	411,861.61	1,998,225.41
34	411,863.61	1,998,225.17
35	411,868.08	1,998,228.66

13. Mantenimiento de molino

Tabla 36. Vértices del mantenimiento de molino.

Vértice	X	Y
1	411,888.99	1,998,197.07
2	411,886.87	1,998,180.20
3	411,856.11	1,998,184.07
4	411,858.23	1,998,200.94

14. Molino

Tabla 37. Vértices del molino.

Vértice	X	Y
1	411,969.53	1,998,209.60
2	411,967.68	1,998,194.50
3	411,931.08	1,998,198.98
4	411,932.93	1,998,214.09

15. Cuarto de control y eléctrico del molino

Tabla 38. Vértices del cuarto de control y eléctrico del molino.

Vértice	X	Y
1	411,969.30	1,998,184.97
2	411,968.09	1,998,175.05
3	411,959.15	1,998,176.14
4	411,957.94	1,998,166.21
5	411,940.07	1,998,168.39
6	411,941.28	1,998,178.32
7	411,937.31	1,998,178.81
8	411,938.53	1,998,188.73

16. Área de flotación

Tabla 39. Vértices del área de flotación.

Vértice	X	Y
1	412,031.74	1,998,204.30
2	412,030.98	1,998,198.11
3	411,986.87	1,998,203.53
4	411,987.63	1,998,209.72
5	411,988.41	1,998,216.04
6	412,032.50	1,998,210.48

17. Área de reactivos

Tabla 40. Vértices del área de reactivos.

Vértice	X	Y
1	412,016.22	1,998,231.51
2	412,025.10	1,998,230.43
3	412,025.28	1,998,230.61
4	412,030.05	1,998,230.02
5	412,028.58	1,998,218.01
6	411,993.44	1,998,222.33
7	411,994.41	1,998,230.27
8	412,004.63	1,998,229.02
9	412,004.21	1,998,225.54
10	412,011.35	1,998,224.65
11	412,012.05	1,998,230.31
12	412,016.02	1,998,229.82

18. Espezadores

Tabla 41. Vértices de espezadores.

Vértice	X	Y
1	412,012.83	1,998,186.37
2	412,010.69	1,998,169.00
3	412,001.26	1,998,170.16
4	412,000.72	1,998,165.69
5	412,010.14	1,998,164.53
6	412,008.18	1,998,148.55
7	411,978.01	1,998,152.26
8	411,978.95	1,998,159.92
9	411,979.89	1,998,167.55
10	411,981.70	1,998,182.32
11	411,990.41	1,998,189.12

19. BIOX y torres de enfriamiento

Tabla 42. Vértices del BIOX y torres de enfriamiento.

Vértice	X	Y
1	412,094.82	1,998,222.12
2	412,093.65	1,998,212.12
3	412,119.06	1,998,209.00
4	412,113.45	1,998,163.34
5	412,071.45	1,998,168.50
6	412,069.26	1,998,150.71
7	412,041.01	1,998,154.18
8	412,043.20	1,998,171.97
9	412,040.00	1,998,172.36
10	412,044.09	1,998,205.61
11	412,058.02	1,998,216.50
12	412,077.38	1,998,214.12
13	412,078.55	1,998,224.13

20. Depósito ASTER

Tabla 43. Vértices del aster depósito.

Vértice	X	Y
1	412,110.79	1,998,140.48
2	412,105.21	1,998,136.13
3	412,102.61	1,998,136.45
4	412,079.29	1,998,139.31
5	412,082.32	1,998,164.13
6	412,105.65	1,998,161.28
7	412,104.48	1,998,151.68
8	412,112.05	1,998,150.78

21. CCD y neutralización

Tabla 44. Vértices del CCD y neutralización.

Coordenadas CCD y neutralización polígono 1								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	412,164.10	1,998,218.65	5	412,164.43	1,998,182.78	9	412,155.77	1,998,214.07
2	412,163.41	1,998,213.13	6	412,130.68	1,998,186.92	10	412,156.47	1,998,219.60
3	412,168.09	1,998,212.55	7	412,134.34	1,998,216.70			
4	412,167.52	1,998,208.14	8	412,153.45	1,998,214.35			
Coordenadas CCD y neutralización polígono 2								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	412,163.74	1,998,167.43	8	412,141.43	1,998,135.65	15	412,129.92	1,998,180.73
2	412,162.40	1,998,156.58	9	412,141.56	1,998,136.63	16	412,130.71	1,998,180.64
3	412,149.12	1,998,158.23	10	412,133.62	1,998,137.61	17	412,130.71	1,998,180.63
4	412,147.36	1,998,143.84	11	412,125.68	1,998,138.58	18	412,132.71	1,998,180.39
5	412,158.62	1,998,142.58	12	412,126.66	1,998,146.52	19	412,151.56	1,998,178.08
6	412,159.41	1,998,141.57	13	412,127.30	1,998,151.74	20	412,161.98	1,998,176.79
7	412,158.50	1,998,133.67	14	412,126.37	1,998,151.85	21	412,160.87	1,998,167.79

22. Área CIL

Tabla 45. Vértices del área CIL.

Vértice	X	Y
1	412,218.23	1,998,196.70
2	412,216.88	1,998,186.18
3	412,215.71	1,998,177.07
4	412,182.98	1,998,181.26
5	412,176.63	1,998,182.09
6	412,177.78	1,998,191.20
7	412,178.90	1,998,200.08
8	412,185.29	1,998,199.24
9	412,185.50	1,998,200.90

23. Manipulación del carbón y refinería

Tabla 46. Vértices de manipulación del carbono y refinería.

Vértice	X	Y
1	412,227.28	1,998,151.05
2	412,225.04	1,998,132.79
3	412,184.95	1,998,137.71
4	412,187.18	1,998,155.97
5	412,189.31	1,998,173.34
6	412,229.41	1,998,168.42
7	412,227.28	1,998,151.05

24. Entrega almacenamiento y procesamiento de piedra caliza

Tabla 47. Vértices de la entrega de almacenamiento y procesamiento de piedra caliza.

Vértice	X	Y
1	412,277.06	1,998,168.96
2	412,271.55	1,998,123.79
3	412,247.23	1,998,126.76
4	412,252.74	1,998,171.92

25. Laboratorio

Tabla 48. Vértices del laboratorio.

Vértice	X	Y
1	411,721.65	1,998,168.40
2	411,713.28	1,998,154.30
3	411,697.81	1,998,163.48
4	411,696.58	1,998,161.42
5	411,685.58	1,998,167.95
6	411,695.17	1,998,184.11

26. Corredor de tuberías

Tabla 49. Vértices del corredor de tuberías.

Vértice	X	Y
1	412,009.17	1,998,134.49
2	412,010.74	1,998,134.19
3	412,012.23	1,998,133.63
4	412,013.62	1,998,132.85
5	412,014.87	1,998,131.86
6	412,015.94	1,998,130.68
7	412,016.81	1,998,129.35
8	412,017.46	1,998,127.89
9	412,017.87	1,998,126.35
10	412,018.03	1,998,124.77
11	412,017.94	1,998,123.18

Vértice	X	Y
12	412,009.55	1,998,062.96
13	411,841.04	1,998,000.10
14	411,793.14	1,997,953.69
15	411,781.49	1,997,949.07
16	411,777.89	1,997,957.33
17	411,788.17	1,997,961.40
18	411,836.12	1,998,007.87
19	411,997.94	1,998,068.56
20	412,006.67	1,998,131.75
21	412,006.99	1,998,134.74

27. Edificio de planta de relleno de pasta

Tabla 50. Vértices del edificio de planta de relleno de pasta.

Vértice	X	Y
1	411,723.47	1,997,889.40
2	411,727.50	1,997,866.70
3	411,715.99	1,997,858.64
4	411,715.85	1,997,858.55
5	411,715.69	1,997,858.50
6	411,715.53	1,997,858.46
7	411,715.36	1,997,858.46

Vértice	X	Y
21	411,714.71	1,997,860.17
22	411,714.84	1,997,860.28
23	411,690.06	1,997,856.96
24	411,687.50	1,997,857.19
25	411,619.97	1,997,849.43
26	411,620.17	1,997,847.86
27	411,621.81	1,997,834.96

Vértice	X	Y
41	411,612.26	1,997,883.78
42	411,638.96	1,997,886.84
43	411,637.44	1,997,899.27
44	411,707.84	1,997,908.36
45	411,707.76	1,997,908.50
46	411,707.70	1,997,908.66
47	411,707.67	1,997,908.82

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
8	411,715.20	1,997,858.48	28	411,571.22	1,997,828.51	48	411,707.67	1,997,908.99
9	411,715.04	1,997,858.53	29	411,569.58	1,997,841.41	49	411,707.69	1,997,909.15
10	411,714.90	1,997,858.60	30	411,571.85	1,997,841.70	50	411,707.74	1,997,909.31
11	411,714.76	1,997,858.70	31	411,571.26	1,997,846.33	51	411,707.82	1,997,909.46
12	411,714.65	1,997,858.82	32	411,567.47	1,997,876.09	52	411,707.92	1,997,909.59
13	411,714.55	1,997,858.95	33	411,589.79	1,997,878.94	53	411,708.04	1,997,909.71
14	411,714.48	1,997,859.10	34	411,594.35	1,997,879.52	54	411,708.17	1,997,909.80
15	411,714.43	1,997,859.26	35	411,594.10	1,997,881.69	55	411,708.32	1,997,909.87
16	411,714.42	1,997,859.43	36	411,604.81	1,997,882.92	56	411,708.48	1,997,909.91
17	411,714.42	1,997,859.59	37	411,604.62	1,997,884.45	57	411,708.65	1,997,909.93
18	411,714.46	1,997,859.75	38	411,603.43	1,997,893.75	58	411,708.82	1,997,909.92
19	411,714.52	1,997,859.90	39	411,610.87	1,997,894.70	59	411,725.58	1,997,907.35
20	411,714.61	1,997,860.05	40	411,612.06	1,997,885.40			

28. Filtros de cola plataforma de preparación y transferencia

Tabla 51. Vértices de los filtros de cola plataforma de preparación y transferencia.

Coordenadas Filtros de cola plataforma de preparación y transferencia polígono 1								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,872.12	1,997,836.65	15	411,868.11	1,997,806.50	29	411,856.92	1,997,833.93
2	411,881.17	1,997,815.67	16	411,867.47	1,997,806.63	30	411,857.43	1,997,834.33
3	411,881.38	1,997,815.05	17	411,866.86	1,997,806.87	31	411,858.01	1,997,834.64
4	411,881.47	1,997,814.41	18	411,866.31	1,997,807.22	32	411,867.19	1,997,838.60
5	411,881.45	1,997,813.75	19	411,865.82	1,997,807.65	33	411,867.75	1,997,838.79
6	411,881.32	1,997,813.11	20	411,865.41	1,997,808.16	34	411,868.33	1,997,838.89
7	411,881.08	1,997,812.50	21	411,865.10	1,997,808.74	35	411,868.92	1,997,838.90
8	411,880.74	1,997,811.95	22	411,856.05	1,997,829.71	36	411,869.50	1,997,838.82
9	411,880.30	1,997,811.46	23	411,855.85	1,997,830.33	37	411,870.06	1,997,838.65
10	411,879.79	1,997,811.05	24	411,855.75	1,997,830.98	38	411,870.59	1,997,838.39
11	411,879.21	1,997,810.74	25	411,855.77	1,997,831.63	39	411,871.07	1,997,838.05
12	411,870.03	1,997,806.78	26	411,855.90	1,997,832.27	40	411,871.49	1,997,837.64
13	411,869.41	1,997,806.58	27	411,856.14	1,997,832.88	41	411,871.85	1,997,837.17
14	411,868.77	1,997,806.48	28	411,856.49	1,997,833.44			

Coordenadas Filtros de cola plataforma de preparación y transferencia polígono 2								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,911.42	1,997,853.98	15	411,907.41	1,997,823.83	29	411,896.22	1,997,851.26
2	411,920.47	1,997,833.00	16	411,906.77	1,997,823.96	30	411,896.73	1,997,851.66
3	411,920.67	1,997,832.38	17	411,906.16	1,997,824.20	31	411,897.31	1,997,851.97
4	411,920.77	1,997,831.74	18	411,905.61	1,997,824.55	32	411,906.49	1,997,855.93
5	411,920.75	1,997,831.08	19	411,905.12	1,997,824.98	33	411,907.05	1,997,856.12
6	411,920.62	1,997,830.44	20	411,904.71	1,997,825.49	34	411,907.63	1,997,856.23
7	411,920.38	1,997,829.84	21	411,904.40	1,997,826.07	35	411,908.21	1,997,856.23
8	411,920.03	1,997,829.28	22	411,895.35	1,997,847.04	36	411,908.80	1,997,856.15
9	411,919.60	1,997,828.79	23	411,895.14	1,997,847.66	37	411,909.36	1,997,855.98
10	411,919.09	1,997,828.39	24	411,895.05	1,997,848.31	38	411,909.89	1,997,855.72

11	411,918.51	1,997,828.07	25	411,895.07	1,997,848.96	39	411,910.37	1,997,855.38
12	411,909.33	1,997,824.11	26	411,895.20	1,997,849.60	40	411,910.79	1,997,854.97
13	411,908.71	1,997,823.91	27	411,895.44	1,997,850.21	41	411,911.14	1,997,854.50
14	411,908.06	1,997,823.81	28	411,895.78	1,997,850.77			

29. Filtro y tanques de jales de flotación

Tabla 52. Vértices del filtro y tanques de jales de flotación.

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,807.50	1,997,932.51	13	411,839.35	1,997,893.49
2	411,811.80	1,997,922.64	14	411,840.29	1,997,891.34
3	411,815.34	1,997,924.18	15	411,834.54	1,997,888.84
4	411,818.55	1,997,925.58	16	411,831.33	1,997,887.44
5	411,824.29	1,997,928.08	17	411,802.77	1,997,875.01
6	411,831.62	1,997,931.29	18	411,801.83	1,997,877.16
7	411,835.85	1,997,921.59	19	411,801.83	1,997,877.17
8	411,840.44	1,997,923.52	20	411,797.53	1,997,887.06
9	411,844.53	1,997,914.05	21	411,786.78	1,997,911.75
10	411,832.63	1,997,908.94	22	411,786.54	1,997,911.65
11	411,833.36	1,997,907.25	23	411,782.24	1,997,921.52
12	411,839.35	1,997,893.50			

30. Generadores de emergencia

Tabla 53. Vértices de generadores de emergencia.

Coordenadas Generadores de emergencia polígono 1					
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,363.56	1,997,803.63	3	411,348.99	1,997,825.39
2	411,353.75	1,997,801.67	4	411,358.80	1,997,827.36
Coordenadas Generadores de emergencia polígono 2					
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,904.19	1,997,922.97	4	411,887.38	1,997,963.26
2	411,885.74	1,997,915.27	5	411,904.14	1,997,923.10
3	411,868.92	1,997,955.55			

31. Subestación eléctrica principal sala de control eléctrico

Tabla 54. Vértices de subestación eléctrica principal sala de control eléctrico.

Vértice	X	Y
1	411,953.11	1,997,943.39
2	411,904.19	1,997,922.97
3	411,904.14	1,997,923.10
4	411,887.38	1,997,963.26
5	411,940.72	1,997,985.52
6	411,957.42	1,997,992.49
7	411,968.46	1,997,966.05

Vértice	X	Y
8	411,960.39	1,997,946.43

32. Sistema de agua primario, depósito principal, agua fresca y contra incendios

Tabla 55. Vértices del sistema de agua primario.

Vértice	X	Y
1	411,267.68	1,998,338.18
2	411,254.59	1,998,288.92
3	411,233.93	1,998,294.41
4	411,237.02	1,998,306.01
5	411,215.78	1,998,311.64
6	411,223.32	1,998,340.06
7	411,247.10	1,998,333.75
8	411,249.55	1,998,342.99

33. Estación de combustible de mina

Tabla 56. Vértices de la estación de combustible de mina.

Coordenadas Estación de combustible polígono 1								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,391.13	1,998,253.99	4	411,430.53	1,998,207.77	7	411,384.94	1,998,226.24
2	411,401.27	1,998,236.12	5	411,404.43	1,998,192.97	8	411,374.54	1,998,244.58
3	411,411.50	1,998,241.31	6	411,385.41	1,998,226.51			
Coordenadas Estación de combustible polígono 2								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,490.76	1,998,265.20	7	411,470.44	1,998,217.83	13	411,444.91	1,998,217.86
2	411,492.43	1,998,262.26	8	411,465.52	1,998,226.50	14	411,435.71	1,998,234.08
3	411,495.02	1,998,263.73	9	411,455.89	1,998,221.02	15	411,445.37	1,998,239.56
4	411,503.78	1,998,248.43	10	411,455.65	1,998,221.43	16	411,445.35	1,998,239.59
5	411,503.65	1,998,248.36	11	411,454.65	1,998,220.86	17	411,485.44	1,998,262.33
6	411,500.89	1,998,235.10	12	411,453.56	1,998,222.77	18	411,485.50	1,998,262.22
Coordenadas Estación de combustible polígono 3								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,387.19	1,998,260.95	3	411,357.51	1,998,288.95	4	411,367.94	1,998,294.87
2	411,376.75	1,998,255.03						
Coordenadas Estación de combustible polígono 4								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,364.13	1,998,301.59	3	411,334.22	1,998,319.46	5	411,365.11	1,998,314.45
2	411,349.17	1,998,293.11	4	411,355.44	1,998,331.50	6	411,358.85	1,998,310.90
Coordenadas Estación de combustible polígono 5								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,344.35	1,998,338.72	3	411,324.21	1,998,337.75	5	411,327.94	1,998,343.32
2	411,328.70	1,998,329.84	4	411,329.42	1,998,340.71	6	411,338.38	1,998,349.24
Coordenadas Estación de combustible polígono 6								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y

1	411,417.29	1,998,340.53	5	411,401.99	1,998,350.78	9	411,417.65	1,998,344.26
2	411,411.98	1,998,337.52	6	411,407.29	1,998,353.79	10	411,415.78	1,998,343.20
3	411,410.47	1,998,340.18	7	411,405.81	1,998,356.40			
4	411,408.60	1,998,339.12	8	411,409.56	1,998,358.53			

34. Área plataforma de explotación

Tabla 57. Vértices del área de plataforma de explotación.

Coordenadas Área de plataforma de explotación polígono 1								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,510.93	1,998,235.94	3	411,470.44	1,998,217.83	5	411,503.65	1,998,248.36
2	411,472.90	1,998,213.50	4	411,500.89	1,998,235.10	6	411,503.78	1,998,248.43
Coordenadas Área de plataforma de explotación polígono 2								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,418.03	1,998,357.12	4	411,415.78	1,998,343.20	7	411,412.88	1,998,360.41
2	411,428.81	1,998,347.07	5	411,417.65	1,998,344.26			
3	411,417.29	1,998,340.53	6	411,409.56	1,998,358.53			
Coordenadas Área de plataforma de explotación polígono 3								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,338.38	1,998,349.24	10	411,364.13	1,998,301.59	19	411,404.43	1,998,192.97
2	411,327.94	1,998,343.32	11	411,367.94	1,998,294.87	20	411,430.53	1,998,207.77
3	411,329.42	1,998,340.71	12	411,357.51	1,998,288.95	21	411,438.72	1,998,193.33
4	411,324.21	1,998,337.75	13	411,376.75	1,998,255.03	22	411,408.79	1,998,175.68
5	411,328.70	1,998,329.84	14	411,387.19	1,998,260.95	23	411,308.07	1,998,342.68
6	411,344.35	1,998,338.72	15	411,391.13	1,998,253.99	24	411,313.85	1,998,353.27
7	411,350.15	1,998,328.50	16	411,374.54	1,998,244.58	25	411,330.66	1,998,362.85
8	411,334.22	1,998,319.46	17	411,384.94	1,998,226.24			
9	411,349.17	1,998,293.11	18	411,385.41	1,998,226.51			
Coordenadas Área de plataforma de explotación polígono 4								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,383.46	1,998,382.80	20	411,517.39	1,998,239.75	39	411,438.72	1,998,193.33
2	411,383.56	1,998,381.65	21	411,510.93	1,998,235.94	40	411,430.53	1,998,207.77
3	411,383.85	1,998,380.55	22	411,503.78	1,998,248.43	41	411,411.50	1,998,241.31
4	411,384.34	1,998,379.50	23	411,495.02	1,998,263.73	42	411,401.27	1,998,236.12
5	411,384.99	1,998,378.56	24	411,492.43	1,998,262.26	43	411,391.13	1,998,253.99
6	411,385.80	1,998,377.75	25	411,490.76	1,998,265.20	44	411,387.19	1,998,260.95
7	411,386.73	1,998,377.09	26	411,485.50	1,998,262.22	45	411,367.94	1,998,294.87
8	411,412.88	1,998,360.41	27	411,485.44	1,998,262.33	46	411,364.13	1,998,301.59
9	411,409.56	1,998,358.53	28	411,445.35	1,998,239.59	47	411,358.85	1,998,310.90
10	411,405.81	1,998,356.40	29	411,445.37	1,998,239.56	48	411,365.11	1,998,314.45
11	411,407.29	1,998,353.79	30	411,435.71	1,998,234.08	49	411,355.44	1,998,331.50
12	411,401.99	1,998,350.78	31	411,444.91	1,998,217.86	50	411,350.15	1,998,328.50
13	411,408.60	1,998,339.12	32	411,453.56	1,998,222.77	51	411,344.35	1,998,338.72
14	411,410.47	1,998,340.18	33	411,454.65	1,998,220.86	52	411,338.38	1,998,349.24
15	411,411.98	1,998,337.52	34	411,455.65	1,998,221.43	53	411,330.66	1,998,362.85

16	411,417.29	1,998,340.53	35	411,455.89	1,998,221.02	54	411,354.06	1,998,376.17
17	411,428.81	1,998,347.07	36	411,465.52	1,998,226.50	55	411,365.39	1,998,387.81
18	411,461.39	1,998,316.67	37	411,470.44	1,998,217.83			
19	411,496.21	1,998,275.78	38	411,472.90	1,998,213.50			

35. Vestidores

Tabla 58. Vértices de vestidores.

Vértice	X	Y
1	411,607.00	1,998,247.92
2	411,606.89	1,998,243.59
3	411,604.04	1,998,243.67
4	411,603.75	1,998,232.61
5	411,577.94	1,998,233.30
6	411,578.14	1,998,240.94
7	411,576.28	1,998,240.99
8	411,576.37	1,998,244.57
9	411,578.24	1,998,244.52
10	411,579.16	1,998,279.10
11	411,599.58	1,998,278.56
12	411,604.96	1,998,278.41
13	411,604.96	1,998,278.34
14	411,604.77	1,998,270.99
15	411,604.77	1,998,270.98
16	411,604.15	1,998,247.99

36. Zona de apilamiento

Tabla 59. Vértices de zona de apilamiento.

Coordenadas Zona de apilamiento polígono 1					
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,945.18	1,998,540.02	12	411,919.71	1,998,503.24
2	411,945.18	1,998,536.92	13	411,919.71	1,998,472.78
3	411,945.12	1,998,529.92	14	411,919.63	1,998,465.78
4	411,944.73	1,998,515.57	15	411,919.73	1,998,460.08
5	411,944.71	1,998,503.44	16	411,909.77	1,998,450.16
6	411,941.29	1,998,503.41	17	411,758.34	1,998,450.36
7	411,941.28	1,998,504.99	18	411,758.34	1,998,455.00
8	411,941.11	1,998,525.99	19	411,758.34	1,998,462.06
9	411,921.81	1,998,525.84	20	411,758.34	1,998,540.43
10	411,921.98	1,998,504.85	21	411,863.98	1,998,540.43
11	411,921.99	1,998,503.26			
Coordenadas Zona de apilamiento polígono 2					
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,941.29	1,998,503.41	5	411,923.34	1,998,503.27
2	411,940.15	1,998,503.40	6	411,921.99	1,998,503.26

3	411,933.15	1,998,503.35	7	411,921.98	1,998,504.85
4	411,930.33	1,998,503.32	8	411,941.28	1,998,504.99

37. Almacén

Tabla 60. Vértices del almacén.

Vértice	X	Y
1	411,741.28	1,998,507.19
2	411,741.28	1,998,501.19
3	411,741.28	1,998,481.19
4	411,733.28	1,998,481.19
5	411,733.28	1,998,501.19
6	411,733.28	1,998,507.19
7	411,732.23	1,998,507.19
8	411,732.23	1,998,540.46
9	411,751.33	1,998,540.46
10	411,751.33	1,998,507.19

38. Almacén de reactivos

Tabla 61. Vértices del almacén de reactivos.

Vértice	X	Y
1	411,941.28	1,998,504.99
2	411,921.98	1,998,504.85
3	411,921.81	1,998,525.84
4	411,941.11	1,998,525.99

39. PTAR para taller de camiones y vestuarios

Tabla 62. Vértices de PTAR para taller de camiones y vestuarios.

Vértice	X	Y
1	411,618.90	1,998,177.41
2	411,583.89	1,998,140.16
3	411,567.99	1,998,154.98
4	411,601.64	1,998,192.14

40. Instalación eléctrica aérea

Tabla 63. Vértices de instalación eléctrica aérea.

Coordenadas Instalación eléctrica aérea tramo 1					
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,943.48	1,998,168.80	3	411,888.97	1,997,965.64
2	411,924.26	1,998,017.95	4	411,892.50	1,997,956.99
Coordenadas Instalación eléctrica aérea tramo 2					
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,901.33	1,997,934.03	6	411,573.11	1,997,781.74

2	411,897.01	1,997,932.12	7	411,498.26	1,997,771.34
3	411,921.56	1,997,872.26	8	411,367.12	1,997,770.35
4	411,834.14	1,997,833.87	9	411,358.75	1,997,801.78
5	411,652.22	1,997,796.53			

41. Tepetatera 1

Tabla 64. Vértices de tepetatera 1.

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	410,958.34	1,998,363.66	33	411,034.50	1,998,037.64
2	410,959.27	1,998,342.00	34	411,015.24	1,998,048.89
3	410,963.83	1,998,327.46	35	411,002.56	1,998,055.45
4	410,967.13	1,998,318.80	36	410,980.55	1,998,062.58
5	410,971.72	1,998,298.95	37	410,959.98	1,998,066.39
6	410,978.01	1,998,279.94	38	410,947.89	1,998,076.59
7	410,992.38	1,998,251.88	39	410,949.93	1,998,086.78
8	410,999.71	1,998,246.87	40	410,949.05	1,998,097.56
9	411,035.26	1,998,197.85	41	410,939.12	1,998,108.24
10	411,044.71	1,998,187.76	42	410,899.62	1,998,135.48
11	411,049.89	1,998,179.86	43	410,896.41	1,998,136.50
12	411,060.07	1,998,168.43	44	410,884.59	1,998,147.63
13	411,090.31	1,998,149.72	45	410,878.61	1,998,155.77
14	411,091.43	1,998,147.83	46	410,878.18	1,998,169.47
15	411,100.62	1,998,140.40	47	410,877.45	1,998,200.20
16	411,104.98	1,998,137.72	48	410,866.16	1,998,242.35
17	411,109.97	1,998,130.95	49	410,860.12	1,998,249.93
18	411,141.43	1,998,093.34	50	410,841.23	1,998,259.57
19	411,146.64	1,998,087.49	51	410,838.28	1,998,262.20
20	411,150.08	1,998,081.91	52	410,839.21	1,998,266.23
21	411,159.56	1,998,066.01	53	410,846.49	1,998,272.88
22	411,167.85	1,998,066.11	54	410,855.01	1,998,286.66
23	411,169.89	1,998,065.92	55	410,853.62	1,998,300.28
24	411,179.94	1,998,071.50	56	410,855.16	1,998,306.00
25	411,185.26	1,998,067.66	57	410,862.60	1,998,310.18
26	411,186.43	1,998,067.07	58	410,874.83	1,998,307.55
27	411,106.31	1,997,991.11	59	410,885.07	1,998,313.31
28	411,100.29	1,997,995.35	60	410,895.29	1,998,321.05
29	411,074.59	1,998,009.82	61	410,905.83	1,998,338.59
30	411,068.61	1,998,013.02	62	410,913.27	1,998,355.31
31	411,057.82	1,998,021.32	63	410,921.01	1,998,372.02
32	411,045.29	1,998,029.77	64	410,949.82	1,998,372.64

42. Tepetatera 2

Tabla 65. Vértices de tepetatera 2.

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,438.65	1,997,766.98	73	411,434.12	1,997,251.60	145	411,141.72	1,997,367.83
2	411,438.85	1,997,765.96	74	411,439.00	1,997,237.31	146	411,143.24	1,997,374.16

Vértice	X	Y
3	411,442.52	1,997,747.51
4	411,441.70	1,997,739.11
5	411,442.56	1,997,729.95
6	411,443.56	1,997,722.54
7	411,444.03	1,997,717.43
8	411,444.72	1,997,712.12
9	411,444.59	1,997,707.54
10	411,445.42	1,997,702.78
11	411,445.42	1,997,697.41
12	411,440.10	1,997,690.33
13	411,435.72	1,997,687.28
14	411,430.23	1,997,678.60
15	411,429.36	1,997,676.87
16	411,425.86	1,997,667.54
17	411,425.88	1,997,663.23
18	411,424.87	1,997,657.48
19	411,425.60	1,997,652.86
20	411,425.96	1,997,647.60
21	411,428.26	1,997,637.54
22	411,433.13	1,997,627.60
23	411,441.54	1,997,617.15
24	411,450.21	1,997,607.95
25	411,458.07	1,997,597.52
26	411,460.34	1,997,595.24
27	411,461.91	1,997,593.14
28	411,466.19	1,997,587.78
29	411,470.72	1,997,578.97
30	411,471.64	1,997,577.31
31	411,473.95	1,997,571.77
32	411,475.61	1,997,567.27
33	411,475.65	1,997,563.04
34	411,477.09	1,997,557.59
35	411,477.84	1,997,547.48
36	411,476.40	1,997,544.72
37	411,476.31	1,997,540.49
38	411,475.92	1,997,537.44
39	411,470.16	1,997,533.02
40	411,466.63	1,997,527.48
41	411,467.58	1,997,524.78
42	411,466.81	1,997,507.25
43	411,462.12	1,997,487.39
44	411,460.15	1,997,483.64
45	411,455.47	1,997,477.14
46	411,451.20	1,997,467.49
47	411,444.69	1,997,457.28
48	411,440.13	1,997,449.63
49	411,439.01	1,997,445.99
50	411,439.64	1,997,437.11
51	411,433.55	1,997,427.60
52	411,428.58	1,997,415.89
53	411,430.61	1,997,407.98
54	411,430.54	1,997,406.73
55	411,425.71	1,997,397.36
56	411,426.69	1,997,394.28
57	411,432.57	1,997,390.22
58	411,432.99	1,997,387.39

Vértice	X	Y
75	411,454.07	1,997,203.99
76	411,460.55	1,997,188.08
77	411,464.29	1,997,174.41
78	411,466.59	1,997,161.18
79	411,466.95	1,997,151.00
80	411,466.30	1,997,137.62
81	411,460.90	1,997,126.26
82	411,449.72	1,997,117.22
83	411,440.75	1,997,111.21
84	411,429.74	1,997,108.68
85	411,419.10	1,997,109.69
86	411,410.19	1,997,109.76
87	411,388.03	1,997,107.67
88	411,359.90	1,997,103.96
89	411,349.84	1,997,101.57
90	411,343.39	1,997,100.92
91	411,310.96	1,997,094.55
92	411,289.89	1,997,090.65
93	411,278.98	1,997,086.72
94	411,268.55	1,997,085.93
95	411,258.34	1,997,085.64
96	411,248.85	1,997,085.78
97	411,240.02	1,997,085.49
98	411,219.82	1,997,076.38
99	411,213.16	1,997,073.99
100	411,210.26	1,997,067.19
101	411,199.47	1,997,068.49
102	411,198.53	1,997,077.32
103	411,196.50	1,997,083.83
104	411,196.21	1,997,087.08
105	411,193.22	1,997,090.59
106	411,178.88	1,997,114.25
107	411,166.93	1,997,132.30
108	411,153.02	1,997,152.19
109	411,149.69	1,997,157.84
110	411,139.97	1,997,161.66
111	411,134.30	1,997,161.37
112	411,129.95	1,997,161.58
113	411,122.32	1,997,159.92
114	411,117.38	1,997,159.62
115	411,111.43	1,997,157.09
116	411,102.57	1,997,154.40
117	411,100.17	1,997,152.44
118	411,095.74	1,997,152.01
119	411,090.30	1,997,144.53
120	411,080.56	1,997,147.43
121	411,086.95	1,997,150.19
122	411,082.89	1,997,157.67
123	411,083.90	1,997,163.11
124	411,083.03	1,997,167.68
125	411,085.14	1,997,172.11
126	411,087.90	1,997,182.19
127	411,090.22	1,997,189.20
128	411,096.18	1,997,197.62
129	411,098.50	1,997,208.36
130	411,099.95	1,997,218.41

Vértice	X	Y
147	411,144.84	1,997,377.28
148	411,136.64	1,997,397.39
149	411,133.72	1,997,407.59
150	411,132.56	1,997,417.68
151	411,131.98	1,997,427.71
152	411,134.67	1,997,435.86
153	411,138.37	1,997,447.61
154	411,139.83	1,997,457.12
155	411,143.97	1,997,470.07
156	411,147.16	1,997,477.98
157	411,161.18	1,997,489.54
158	411,176.36	1,997,501.15
159	411,186.83	1,997,510.76
160	411,195.03	1,997,520.19
161	411,199.54	1,997,526.31
162	411,204.19	1,997,532.91
163	411,207.31	1,997,539.53
164	411,210.22	1,997,546.35
165	411,211.45	1,997,553.25
166	411,211.60	1,997,566.26
167	411,212.25	1,997,576.20
168	411,212.10	1,997,581.07
169	411,211.52	1,997,587.02
170	411,210.51	1,997,588.25
171	411,199.21	1,997,597.86
172	411,190.01	1,997,602.57
173	411,179.49	1,997,606.00
174	411,169.80	1,997,608.01
175	411,160.20	1,997,608.78
176	411,150.09	1,997,605.68
177	411,140.09	1,997,591.86
178	411,131.59	1,997,597.21
179	411,129.57	1,997,600.24
180	411,118.86	1,997,627.59
181	411,111.59	1,997,637.39
182	411,111.73	1,997,645.62
183	411,111.13	1,997,647.36
184	411,110.90	1,997,656.96
185	411,111.96	1,997,665.40
186	411,115.71	1,997,667.86
187	411,118.68	1,997,668.91
188	411,123.44	1,997,667.68
189	411,130.21	1,997,665.44
190	411,140.00	1,997,665.17
191	411,149.61	1,997,665.63
192	411,159.85	1,997,667.09
193	411,169.74	1,997,670.80
194	411,180.53	1,997,677.06
195	411,191.37	1,997,683.00
196	411,200.03	1,997,687.40
197	411,214.03	1,997,692.29
198	411,225.70	1,997,695.50
199	411,229.78	1,997,696.78
200	411,240.16	1,997,698.74
201	411,250.45	1,997,702.08
202	411,259.38	1,997,705.30

Vértice	X	Y
59	411,430.12	1,997,383.96
60	411,420.25	1,997,379.84
61	411,417.25	1,997,377.46
62	411,413.75	1,997,367.39
63	411,411.44	1,997,357.07
64	411,410.52	1,997,347.30
65	411,410.59	1,997,337.44
66	411,407.32	1,997,326.32
67	411,405.20	1,997,318.14
68	411,404.08	1,997,307.20
69	411,405.84	1,997,297.46
70	411,409.22	1,997,286.92
71	411,416.32	1,997,273.31
72	411,425.54	1,997,260.82

Vértice	X	Y
131	411,100.32	1,997,227.41
132	411,099.23	1,997,247.44
133	411,094.42	1,997,261.48
134	411,093.19	1,997,275.49
135	411,092.61	1,997,287.90
136	411,093.91	1,997,292.62
137	411,099.15	1,997,297.66
138	411,110.70	1,997,304.99
139	411,115.05	1,997,308.11
140	411,120.14	1,997,313.87
141	411,122.32	1,997,317.86
142	411,133.14	1,997,337.38
143	411,135.47	1,997,347.51
144	411,134.38	1,997,352.95

Vértice	X	Y
203	411,265.05	1,997,707.81
204	411,270.40	1,997,710.60
205	411,277.77	1,997,715.17
206	411,286.96	1,997,720.52
207	411,299.73	1,997,727.62
208	411,310.25	1,997,734.34
209	411,316.29	1,997,737.82
210	411,323.97	1,997,744.04
211	411,330.93	1,997,750.39
212	411,334.49	1,997,753.18
213	411,339.94	1,997,759.37
214	411,345.34	1,997,767.92
215	411,349.68	1,997,773.67

43. Presa de jales

Tabla 66. Vértices de presa de jales.

Vértice	X	Y
1	411,917.88	1,997,762.50
2	411,919.05	1,997,757.45
3	411,919.20	1,997,756.81
4	411,919.51	1,997,755.49
5	411,919.54	1,997,751.50
6	411,919.55	1,997,750.96
7	411,919.55	1,997,750.00
8	411,920.05	1,997,745.72
9	411,920.22	1,997,744.29
10	411,920.49	1,997,742.01
11	411,921.05	1,997,739.00
12	411,921.11	1,997,738.67
13	411,921.33	1,997,737.50
14	411,922.06	1,997,734.90
15	411,922.91	1,997,731.86
16	411,923.95	1,997,728.15
17	411,924.42	1,997,726.50
18	411,924.08	1,997,725.92
19	411,923.66	1,997,725.00
20	411,923.54	1,997,724.70
21	411,922.90	1,997,723.06
22	411,922.61	1,997,722.33
23	411,921.89	1,997,720.50
24	411,924.30	1,997,714.45
25	411,924.73	1,997,713.36
26	411,925.00	1,997,712.68
27	411,925.08	1,997,712.51
28	411,925.09	1,997,712.50
29	411,925.18	1,997,712.32
30	411,926.91	1,997,708.00
31	411,927.92	1,997,705.47
32	411,929.68	1,997,701.05
33	411,929.86	1,997,700.60
34	411,930.11	1,997,700.00
35	411,932.69	1,997,697.29
36	411,934.40	1,997,695.50

Vértice	X	Y
281	412,242.62	1,997,525.00
282	412,240.34	1,997,522.16
283	412,239.90	1,997,522.05
284	412,237.60	1,997,521.49
285	412,237.50	1,997,521.47
286	412,236.28	1,997,520.75
287	412,235.24	1,997,520.14
288	412,235.20	1,997,520.12
289	412,234.15	1,997,519.50
290	412,231.85	1,997,518.15
291	412,231.34	1,997,517.94
292	412,230.50	1,997,517.59
293	412,228.27	1,997,516.66
294	412,225.15	1,997,515.36
295	412,225.00	1,997,515.30
296	412,223.07	1,997,514.43
297	412,222.24	1,997,514.09
298	412,222.08	1,997,514.02
299	412,221.69	1,997,513.87
300	412,221.47	1,997,513.78
301	412,219.09	1,997,512.80
302	412,218.36	1,997,512.50
303	412,218.00	1,997,512.31
304	412,214.53	1,997,510.47
305	412,212.50	1,997,508.60
306	412,210.99	1,997,507.33
307	412,209.56	1,997,506.13
308	412,208.74	1,997,505.44
309	412,208.70	1,997,505.41
310	412,208.38	1,997,505.14
311	412,208.37	1,997,505.13
312	412,207.83	1,997,504.67
313	412,205.65	1,997,503.35
314	412,205.50	1,997,503.27
315	412,203.46	1,997,503.97
316	412,201.69	1,997,504.58

Vértice	X	Y
561	411,775.00	1,997,228.00
562	411,773.92	1,997,228.62
563	411,771.19	1,997,235.07
564	411,767.73	1,997,241.26
565	411,763.85	1,997,247.30
566	411,759.00	1,997,252.98
567	411,753.35	1,997,258.16
568	411,753.28	1,997,258.22
569	411,747.36	1,997,263.65
570	411,744.65	1,997,270.11
571	411,742.12	1,997,276.64
572	411,743.53	1,997,284.60
573	411,742.71	1,997,291.75
574	411,741.64	1,997,298.81
575	411,740.23	1,997,305.75
576	411,738.72	1,997,312.65
577	411,736.97	1,997,319.46
578	411,734.83	1,997,326.13
579	411,732.18	1,997,332.61
580	411,728.99	1,997,338.90
581	411,723.77	1,997,344.45
582	411,720.81	1,997,348.53
583	411,720.19	1,997,350.60
584	411,722.01	1,997,352.99
585	411,725.00	1,997,355.64
586	411,728.95	1,997,358.10
587	411,729.23	1,997,358.27
588	411,729.36	1,997,358.46
589	411,735.30	1,997,363.54
590	411,737.22	1,997,371.69
591	411,737.70	1,997,379.32
592	411,737.03	1,997,386.52
593	411,734.46	1,997,393.04
594	411,731.66	1,997,399.47
595	411,725.77	1,997,404.77
596	411,719.61	1,997,409.98

Vértice	X	Y
37	411,936.97	1,997,692.81
38	411,937.50	1,997,692.25
39	411,938.42	1,997,691.40
40	411,939.97	1,997,689.97
41	411,941.02	1,997,689.08
42	411,941.56	1,997,688.62
43	411,942.88	1,997,687.50
44	411,946.42	1,997,683.92
45	411,947.96	1,997,683.00
46	411,947.58	1,997,681.67
47	411,947.11	1,997,680.05
48	411,946.61	1,997,678.32
49	411,946.23	1,997,677.00
50	411,949.38	1,997,675.12
51	411,949.58	1,997,675.00
52	411,949.82	1,997,674.82
53	411,950.00	1,997,674.75
54	411,950.38	1,997,674.62
55	411,955.92	1,997,672.08
56	411,957.07	1,997,671.55
57	411,957.14	1,997,671.52
58	411,957.40	1,997,671.40
59	411,957.50	1,997,671.35
60	411,957.65	1,997,671.29
61	411,960.74	1,997,669.86
62	411,961.45	1,997,669.54
63	411,961.86	1,997,669.35
64	411,962.35	1,997,669.13
65	411,962.50	1,997,669.06
66	411,963.03	1,997,669.03
67	411,963.86	1,997,668.99
68	411,964.47	1,997,668.96
69	411,968.41	1,997,668.77
70	411,968.74	1,997,668.76
71	411,971.51	1,997,668.31
72	411,971.68	1,997,668.28
73	411,971.71	1,997,668.28
74	411,972.04	1,997,668.22
75	411,973.61	1,997,667.97
76	411,973.88	1,997,667.93
77	411,974.77	1,997,667.78
78	411,975.00	1,997,667.74
79	411,976.09	1,997,667.81
80	411,981.84	1,997,668.16
81	411,986.47	1,997,668.59
82	411,987.50	1,997,668.69
83	411,988.48	1,997,668.72
84	411,993.61	1,997,668.89
85	411,996.70	1,997,669.63
86	411,998.85	1,997,670.14
87	411,999.26	1,997,670.24
88	412,000.00	1,997,670.41
89	412,000.27	1,997,670.18
90	412,000.77	1,997,669.75
91	412,006.90	1,997,664.50
92	412,007.36	1,997,664.11

Vértice	X	Y
317	412,201.06	1,997,504.80
318	412,201.01	1,997,504.82
319	412,200.59	1,997,504.97
320	412,200.05	1,997,505.16
321	412,200.00	1,997,505.17
322	412,199.70	1,997,505.28
323	412,199.68	1,997,505.29
324	412,199.67	1,997,505.29
325	412,199.50	1,997,505.35
326	412,196.45	1,997,503.55
327	412,190.83	1,997,500.81
328	412,190.71	1,997,500.76
329	412,190.40	1,997,500.60
330	412,190.23	1,997,500.52
331	412,189.68	1,997,500.25
332	412,189.16	1,997,500.00
333	412,188.86	1,997,499.74
334	412,188.27	1,997,499.23
335	412,187.50	1,997,498.89
336	412,187.45	1,997,498.86
337	412,187.13	1,997,498.62
338	412,187.06	1,997,498.56
339	412,187.00	1,997,498.52
340	412,180.93	1,997,494.07
341	412,176.90	1,997,492.05
342	412,176.43	1,997,491.81
343	412,176.31	1,997,491.75
344	412,175.78	1,997,491.48
345	412,175.73	1,997,491.46
346	412,175.00	1,997,491.09
347	412,174.62	1,997,490.97
348	412,174.59	1,997,490.96
349	412,174.56	1,997,490.95
350	412,174.50	1,997,490.93
351	412,172.29	1,997,490.21
352	412,169.52	1,997,487.78
353	412,169.20	1,997,487.50
354	412,168.68	1,997,487.08
355	412,165.47	1,997,484.53
356	412,163.28	1,997,483.91
357	412,163.18	1,997,483.88
358	412,163.01	1,997,483.84
359	412,162.89	1,997,483.80
360	412,162.75	1,997,483.76
361	412,162.50	1,997,483.69
362	412,162.23	1,997,483.55
363	412,162.09	1,997,483.48
364	412,162.07	1,997,483.47
365	412,162.07	1,997,483.47
366	412,162.05	1,997,483.46
367	412,162.04	1,997,483.45
368	412,162.00	1,997,483.43
369	412,161.99	1,997,483.44
370	412,161.97	1,997,483.44
371	412,161.53	1,997,483.65
372	412,158.95	1,997,484.81

Vértice	X	Y
597	411,719.82	1,997,413.12
598	411,720.90	1,997,414.27
599	411,722.03	1,997,415.47
600	411,722.13	1,997,418.34
601	411,725.49	1,997,427.02
602	411,731.17	1,997,436.53
603	411,734.76	1,997,445.29
604	411,738.51	1,997,454.11
605	411,740.91	1,997,462.45
606	411,740.92	1,997,462.47
607	411,740.92	1,997,462.50
608	411,740.69	1,997,469.79
609	411,739.60	1,997,476.85
610	411,732.15	1,997,481.59
611	411,725.00	1,997,485.95
612	411,724.61	1,997,486.29
613	411,726.42	1,997,492.23
614	411,726.71	1,997,492.33
615	411,726.71	1,997,492.33
616	411,727.12	1,997,492.48
617	411,728.94	1,997,493.13
618	411,730.75	1,997,493.78
619	411,731.09	1,997,493.91
620	411,731.02	1,997,494.12
621	411,733.31	1,997,496.91
622	411,736.85	1,997,505.64
623	411,737.50	1,997,507.46
624	411,737.77	1,997,508.65
625	411,737.83	1,997,508.94
626	411,738.15	1,997,510.38
627	411,738.42	1,997,511.58
628	411,738.84	1,997,512.32
629	411,738.94	1,997,512.50
630	411,738.91	1,997,512.57
631	411,738.71	1,997,513.03
632	411,739.13	1,997,513.31
633	411,741.38	1,997,514.74
634	411,741.83	1,997,522.36
635	411,742.33	1,997,529.99
636	411,742.38	1,997,537.40
637	411,742.38	1,997,537.50
638	411,742.42	1,997,544.92
639	411,743.39	1,997,554.85
640	411,743.45	1,997,556.55
641	411,744.71	1,997,561.39
642	411,744.80	1,997,561.74
643	411,744.80	1,997,561.75
644	411,745.76	1,997,562.50
645	411,745.99	1,997,562.80
646	411,746.34	1,997,563.26
647	411,747.59	1,997,564.91
648	411,749.31	1,997,566.23
649	411,749.93	1,997,566.70
650	411,750.00	1,997,566.76
651	411,753.81	1,997,571.19
652	411,757.63	1,997,575.00

Vértice	X	Y
93	412,007.56	1,997,663.94
94	412,008.00	1,997,663.56
95	412,008.57	1,997,663.08
96	412,009.24	1,997,662.50
97	412,009.24	1,997,662.50
98	412,009.76	1,997,662.16
99	412,009.92	1,997,662.05
100	412,010.53	1,997,661.65
101	412,010.59	1,997,661.61
102	412,011.07	1,997,661.29
103	412,012.25	1,997,660.51
104	412,012.50	1,997,660.35
105	412,013.13	1,997,660.14
106	412,015.71	1,997,659.29
107	412,017.39	1,997,661.61
108	412,017.65	1,997,661.98
109	412,017.69	1,997,662.03
110	412,018.03	1,997,662.50
111	412,017.91	1,997,663.00
112	412,017.79	1,997,663.51
113	412,017.66	1,997,664.08
114	412,017.57	1,997,664.50
115	412,016.13	1,997,670.70
116	412,015.93	1,997,671.57
117	412,016.85	1,997,672.11
118	412,021.12	1,997,674.58
119	412,021.32	1,997,674.70
120	412,021.47	1,997,674.78
121	412,021.85	1,997,675.00
122	412,022.39	1,997,675.08
123	412,023.31	1,997,675.22
124	412,024.58	1,997,675.42
125	412,024.71	1,997,675.56
126	412,025.00	1,997,675.88
127	412,026.50	1,997,675.57
128	412,028.10	1,997,675.24
129	412,028.82	1,997,675.09
130	412,029.25	1,997,675.00
131	412,029.02	1,997,672.60
132	412,028.88	1,997,671.12
133	412,033.38	1,997,664.50
134	412,033.69	1,997,664.05
135	412,034.49	1,997,662.87
136	412,034.74	1,997,662.50
137	412,036.89	1,997,659.31
138	412,037.50	1,997,658.41
139	412,040.92	1,997,652.00
140	412,041.41	1,997,651.07
141	412,041.59	1,997,650.74
142	412,041.76	1,997,650.42
143	412,041.99	1,997,650.00
144	412,049.29	1,997,646.29
145	412,050.00	1,997,645.93
146	412,057.56	1,997,642.44
147	412,060.80	1,997,641.07
148	412,062.50	1,997,640.35

Vértice	X	Y
373	412,156.04	1,997,486.13
374	412,156.00	1,997,486.15
375	412,155.63	1,997,485.95
376	412,154.66	1,997,485.45
377	412,152.94	1,997,484.56
378	412,150.00	1,997,480.55
379	412,147.62	1,997,477.38
380	412,143.53	1,997,475.00
381	412,143.50	1,997,474.99
382	412,142.48	1,997,474.47
383	412,139.52	1,997,472.98
384	412,137.50	1,997,470.96
385	412,132.71	1,997,467.29
386	412,131.00	1,997,466.25
387	412,130.73	1,997,466.09
388	412,130.18	1,997,465.75
389	412,125.11	1,997,462.68
390	412,125.00	1,997,462.61
391	412,124.95	1,997,462.55
392	412,124.90	1,997,462.50
393	412,124.81	1,997,462.31
394	412,120.75	1,997,454.29
395	412,120.26	1,997,453.33
396	412,118.58	1,997,450.00
397	412,118.50	1,997,449.46
398	412,118.47	1,997,449.43
399	412,117.24	1,997,448.70
400	412,112.50	1,997,445.87
401	412,115.87	1,997,440.87
402	412,116.12	1,997,440.18
403	412,116.43	1,997,439.36
404	412,116.45	1,997,439.29
405	412,116.51	1,997,439.14
406	412,116.51	1,997,439.13
407	412,116.52	1,997,439.11
408	412,116.53	1,997,439.09
409	412,116.53	1,997,439.09
410	412,116.53	1,997,439.09
411	412,116.53	1,997,439.08
412	412,116.54	1,997,439.06
413	412,116.85	1,997,438.21
414	412,117.11	1,997,437.50
415	412,118.01	1,997,436.17
416	412,120.00	1,997,433.21
417	412,120.08	1,997,433.10
418	412,120.10	1,997,433.07
419	412,120.11	1,997,433.05
420	412,120.13	1,997,433.03
421	412,120.18	1,997,432.95
422	412,120.19	1,997,432.94
423	412,120.27	1,997,432.82
424	412,120.29	1,997,432.79
425	412,120.50	1,997,432.42
426	412,121.42	1,997,430.87
427	412,121.52	1,997,430.70
428	412,122.30	1,997,429.36

Vértice	X	Y
653	411,758.73	1,997,577.11
654	411,758.73	1,997,577.12
655	411,759.30	1,997,578.20
656	411,761.96	1,997,581.29
657	411,762.50	1,997,581.93
658	411,764.53	1,997,585.47
659	411,765.48	1,997,587.50
660	411,766.04	1,997,589.94
661	411,766.47	1,997,591.78
662	411,767.27	1,997,595.23
663	411,767.76	1,997,596.71
664	411,767.80	1,997,596.84
665	411,768.86	1,997,600.00
666	411,769.36	1,997,605.21
667	411,769.37	1,997,605.34
668	411,769.40	1,997,605.60
669	411,770.32	1,997,610.94
670	411,768.59	1,997,612.50
671	411,768.10	1,997,612.86
672	411,767.51	1,997,613.30
673	411,764.79	1,997,615.31
674	411,764.83	1,997,619.03
675	411,764.86	1,997,621.10
676	411,764.88	1,997,622.62
677	411,765.60	1,997,625.00
678	411,765.26	1,997,627.08
679	411,764.99	1,997,628.69
680	411,764.46	1,997,631.88
681	411,764.12	1,997,633.93
682	411,763.74	1,997,636.26
683	411,763.93	1,997,637.50
684	411,763.55	1,997,638.46
685	411,762.50	1,997,641.09
686	411,760.73	1,997,642.21
687	411,756.57	1,997,644.86
688	411,756.18	1,997,645.11
689	411,755.18	1,997,645.75
690	411,755.16	1,997,645.76
691	411,753.18	1,997,647.02
692	411,752.63	1,997,647.37
693	411,750.02	1,997,644.42
694	411,750.00	1,997,644.39
695	411,749.92	1,997,647.65
696	411,749.86	1,997,649.59
697	411,749.86	1,997,649.79
698	411,749.81	1,997,649.84
699	411,749.71	1,997,649.97
700	411,749.68	1,997,650.00
701	411,749.79	1,997,650.21
702	411,749.92	1,997,650.72
703	411,749.93	1,997,650.76
704	411,750.00	1,997,651.03
705	411,750.27	1,997,650.89
706	411,750.31	1,997,650.86
707	411,751.05	1,997,650.46
708	411,751.32	1,997,650.32

Vértice	X	Y
149	412,062.75	1,997,640.22
150	412,064.08	1,997,639.50
151	412,064.07	1,997,639.47
152	412,063.69	1,997,638.59
153	412,063.22	1,997,637.50
154	412,063.97	1,997,636.03
155	412,064.73	1,997,634.52
156	412,065.25	1,997,633.50
157	412,066.32	1,997,633.12
158	412,067.20	1,997,632.80
159	412,068.34	1,997,632.40
160	412,068.89	1,997,632.20
161	412,069.69	1,997,631.91
162	412,071.26	1,997,631.35
163	412,071.90	1,997,631.12
164	412,072.53	1,997,630.90
165	412,075.00	1,997,630.01
166	412,077.31	1,997,629.92
167	412,082.81	1,997,629.69
168	412,084.03	1,997,629.46
169	412,087.50	1,997,628.82
170	412,089.56	1,997,629.38
171	412,094.34	1,997,630.66
172	412,100.00	1,997,630.85
173	412,101.14	1,997,631.08
174	412,104.00	1,997,631.68
175	412,105.50	1,997,632.00
176	412,111.20	1,997,632.20
177	412,112.50	1,997,631.05
178	412,112.56	1,997,631.04
179	412,112.58	1,997,631.03
180	412,117.25	1,997,629.75
181	412,118.50	1,997,629.40
182	412,118.50	1,997,629.40
183	412,118.60	1,997,629.28
184	412,118.62	1,997,629.25
185	412,118.82	1,997,629.01
186	412,118.88	1,997,628.94
187	412,118.88	1,997,628.93
188	412,118.89	1,997,628.93
189	412,118.89	1,997,628.93
190	412,118.90	1,997,628.92
191	412,119.24	1,997,628.50
192	412,122.10	1,997,625.00
193	412,123.55	1,997,623.55
194	412,125.00	1,997,620.74
195	412,127.44	1,997,615.14
196	412,128.59	1,997,612.50
197	412,130.82	1,997,610.04
198	412,130.94	1,997,609.90
199	412,131.00	1,997,609.84
200	412,131.39	1,997,609.40
201	412,131.97	1,997,608.77
202	412,132.58	1,997,608.09
203	412,133.12	1,997,607.50
204	412,133.94	1,997,606.59
429	412,122.56	1,997,428.92
430	412,122.81	1,997,428.50
431	412,124.87	1,997,425.00
432	412,124.93	1,997,424.93
433	412,125.00	1,997,424.82
434	412,125.06	1,997,424.73
435	412,125.07	1,997,424.72
436	412,125.90	1,997,423.55
437	412,126.25	1,997,423.06
438	412,133.76	1,997,412.50
439	412,137.50	1,997,404.40
440	412,137.74	1,997,403.83
441	412,138.38	1,997,402.32
442	412,139.36	1,997,400.00
443	412,140.35	1,997,397.15
444	412,142.83	1,997,390.35
445	412,143.87	1,997,387.50
446	412,145.59	1,997,382.07
447	412,146.36	1,997,379.63
448	412,146.82	1,997,378.18
449	412,148.04	1,997,375.00
450	412,148.05	1,997,374.97
451	412,150.00	1,997,364.81
452	412,150.41	1,997,362.50
453	412,150.44	1,997,362.06
454	412,150.44	1,997,356.13
455	412,150.44	1,997,355.58
456	412,150.44	1,997,354.90
457	412,150.08	1,997,354.58
458	412,150.00	1,997,354.51
459	412,148.30	1,997,352.97
460	412,147.63	1,997,352.37
461	412,147.46	1,997,352.17
462	412,146.31	1,997,350.82
463	412,146.27	1,997,350.77
464	412,146.18	1,997,350.67
465	412,142.79	1,997,341.33
466	412,140.83	1,997,333.40
467	412,137.59	1,997,326.74
468	412,135.81	1,997,318.62
469	412,133.54	1,997,310.99
470	412,129.99	1,997,304.64
471	412,127.35	1,997,297.38
472	412,125.83	1,997,289.00
473	412,124.90	1,997,280.03
474	412,123.72	1,997,271.32
475	412,122.02	1,997,263.11
476	412,122.73	1,997,252.50
477	412,126.01	1,997,239.33
478	412,131.84	1,997,223.59
479	412,135.11	1,997,220.99
480	412,137.50	1,997,215.09
481	412,138.81	1,997,212.50
482	412,140.78	1,997,209.22
483	412,141.95	1,997,206.86
484	412,143.07	1,997,204.61
709	411,761.08	1,997,651.42
710	411,761.34	1,997,653.97
711	411,760.65	1,997,654.79
712	411,759.66	1,997,655.99
713	411,758.88	1,997,656.92
714	411,757.27	1,997,658.87
715	411,757.33	1,997,659.49
716	411,757.63	1,997,662.50
717	411,760.16	1,997,664.84
718	411,761.05	1,997,665.42
719	411,762.50	1,997,666.36
720	411,762.54	1,997,666.38
721	411,768.49	1,997,669.01
722	411,768.74	1,997,669.27
723	411,774.32	1,997,675.00
724	411,774.71	1,997,675.29
725	411,775.00	1,997,675.48
726	411,780.55	1,997,680.64
727	411,780.63	1,997,680.72
728	411,781.97	1,997,681.97
729	411,785.50	1,997,685.17
730	411,785.83	1,997,685.47
731	411,787.50	1,997,686.98
732	411,787.85	1,997,687.15
733	411,788.03	1,997,687.50
734	411,791.12	1,997,690.59
735	411,791.88	1,997,691.35
736	411,794.01	1,997,693.49
737	411,797.62	1,997,696.24
738	411,798.09	1,997,696.60
739	411,800.00	1,997,698.05
740	411,801.38	1,997,698.62
741	411,802.02	1,997,700.00
742	411,803.28	1,997,701.59
743	411,803.98	1,997,702.47
744	411,804.58	1,997,703.24
745	411,805.23	1,997,704.05
746	411,806.65	1,997,705.85
747	411,811.18	1,997,712.50
748	411,811.69	1,997,713.31
749	411,812.50	1,997,714.25
750	411,814.79	1,997,716.38
751	411,817.27	1,997,718.69
752	411,817.31	1,997,718.71
753	411,818.25	1,997,719.25
754	411,820.43	1,997,720.27
755	411,820.50	1,997,720.30
756	411,820.93	1,997,720.50
757	411,820.96	1,997,720.57
758	411,820.97	1,997,720.60
759	411,822.10	1,997,723.37
760	411,822.76	1,997,725.00
761	411,823.16	1,997,726.27
762	411,823.20	1,997,726.38
763	411,823.21	1,997,726.40
764	411,823.22	1,997,726.44

Vértice	X	Y
205	412,134.93	1,997,605.49
206	412,137.50	1,997,602.65
207	412,139.02	1,997,601.64
208	412,141.49	1,997,600.00
209	412,143.15	1,997,598.60
210	412,143.50	1,997,598.31
211	412,143.51	1,997,598.30
212	412,144.99	1,997,597.05
213	412,145.34	1,997,596.75
214	412,145.91	1,997,596.27
215	412,147.13	1,997,595.23
216	412,147.85	1,997,594.63
217	412,148.93	1,997,593.71
218	412,150.00	1,997,592.81
219	412,152.92	1,997,590.66
220	412,155.38	1,997,588.84
221	412,155.83	1,997,588.52
222	412,156.00	1,997,588.39
223	412,156.02	1,997,588.39
224	412,156.41	1,997,588.37
225	412,161.85	1,997,588.15
226	412,162.00	1,997,588.14
227	412,162.01	1,997,588.13
228	412,162.50	1,997,587.77
229	412,162.57	1,997,587.71
230	412,162.79	1,997,587.53
231	412,162.83	1,997,587.50
232	412,163.10	1,997,586.90
233	412,169.87	1,997,576.81
234	412,171.09	1,997,575.00
235	412,172.18	1,997,573.99
236	412,173.66	1,997,572.61
237	412,174.50	1,997,571.83
238	412,174.85	1,997,571.50
239	412,175.00	1,997,571.36
240	412,181.39	1,997,568.61
241	412,184.11	1,997,568.40
242	412,184.67	1,997,568.36
243	412,187.00	1,997,568.18
244	412,187.22	1,997,568.17
245	412,187.50	1,997,568.14
246	412,193.56	1,997,564.97
247	412,196.13	1,997,563.63
248	412,197.79	1,997,562.76
249	412,198.28	1,997,562.50
250	412,199.17	1,997,561.90
251	412,199.50	1,997,561.68
252	412,199.97	1,997,561.82
253	412,200.00	1,997,561.83
254	412,201.04	1,997,561.46
255	412,203.67	1,997,559.29
256	412,203.81	1,997,559.18
257	412,205.50	1,997,557.79
258	412,205.92	1,997,557.33
259	412,212.50	1,997,550.15
260	412,212.53	1,997,550.15

Vértice	X	Y
485	412,145.36	1,997,200.00
486	412,144.41	1,997,198.99
487	412,149.17	1,997,199.56
488	412,150.00	1,997,198.43
489	412,152.82	1,997,197.18
490	412,156.03	1,997,195.45
491	412,156.00	1,997,194.00
492	412,155.31	1,997,187.50
493	412,155.72	1,997,181.78
494	412,153.64	1,997,175.00
495	412,153.27	1,997,171.73
496	412,150.00	1,997,167.21
497	412,148.86	1,997,163.64
498	412,147.82	1,997,162.50
499	412,144.30	1,997,155.70
500	412,137.50	1,997,151.35
501	412,136.92	1,997,150.58
502	412,135.92	1,997,150.00
503	412,130.35	1,997,144.65
504	412,125.00	1,997,140.87
505	412,120.52	1,997,137.50
506	412,118.40	1,997,135.96
507	412,117.51	1,997,137.50
508	412,115.83	1,997,140.83
509	412,112.72	1,997,141.94
510	412,113.44	1,997,150.00
511	412,113.40	1,997,150.90
512	412,113.33	1,997,151.19
513	412,100.36	1,997,141.11
514	412,083.42	1,997,127.43
515	412,068.61	1,997,117.11
516	412,055.75	1,997,109.87
517	412,043.17	1,997,103.08
518	412,029.85	1,997,095.15
519	412,014.37	1,997,083.75
520	411,999.46	1,997,073.26
521	411,993.14	1,997,076.37
522	411,987.54	1,997,079.91
523	411,987.50	1,997,079.96
524	411,987.23	1,997,080.11
525	411,979.55	1,997,081.08
526	411,971.54	1,997,081.50
527	411,962.84	1,997,080.85
528	411,954.29	1,997,080.43
529	411,953.15	1,997,080.31
530	411,945.44	1,997,079.52
531	411,937.36	1,997,079.85
532	411,930.22	1,997,081.65
533	411,923.27	1,997,083.75
534	411,914.95	1,997,083.70
535	411,907.48	1,997,084.98
536	411,900.31	1,997,086.75
537	411,893.95	1,997,089.79
538	411,887.64	1,997,092.91
539	411,881.89	1,997,096.91
540	411,876.19	1,997,100.99

Vértice	X	Y
765	411,823.23	1,997,726.46
766	411,823.24	1,997,726.50
767	411,823.41	1,997,726.59
768	411,823.48	1,997,726.62
769	411,824.11	1,997,726.91
770	411,825.00	1,997,727.33
771	411,830.23	1,997,729.85
772	411,830.92	1,997,730.18
773	411,831.03	1,997,730.24
774	411,831.11	1,997,730.27
775	411,831.21	1,997,730.32
776	411,831.27	1,997,730.35
777	411,831.31	1,997,730.37
778	411,831.86	1,997,730.64
779	411,834.66	1,997,731.21
780	411,834.96	1,997,731.27
781	411,835.33	1,997,731.35
782	411,836.03	1,997,731.49
783	411,836.60	1,997,731.61
784	411,837.50	1,997,731.79
785	411,842.33	1,997,732.67
786	411,847.74	1,997,734.36
787	411,849.12	1,997,734.79
788	411,849.60	1,997,734.94
789	411,850.00	1,997,735.06
790	411,850.33	1,997,735.12
791	411,852.07	1,997,735.43
792	411,855.04	1,997,736.30
793	411,858.48	1,997,737.31
794	411,859.13	1,997,737.50
795	411,861.91	1,997,738.09
796	411,862.50	1,997,738.25
797	411,862.68	1,997,738.32
798	411,864.14	1,997,738.85
799	411,864.55	1,997,739.00
800	411,868.83	1,997,740.56
801	411,871.11	1,997,741.39
802	411,872.18	1,997,741.91
803	411,875.00	1,997,743.27
804	411,880.81	1,997,744.19
805	411,883.83	1,997,746.71
806	411,884.89	1,997,747.59
807	411,887.17	1,997,749.49
808	411,887.50	1,997,749.77
809	411,887.68	1,997,749.82
810	411,887.72	1,997,750.00
811	411,887.75	1,997,750.03
812	411,888.12	1,997,750.44
813	411,888.76	1,997,751.11
814	411,889.12	1,997,751.50
815	411,891.09	1,997,753.62
816	411,891.88	1,997,754.47
817	411,892.85	1,997,755.51
818	411,893.64	1,997,756.36
819	411,895.91	1,997,758.33
820	411,896.44	1,997,758.80

Vértice	X	Y
261	412,213.25	1,997,550.14
262	412,213.33	1,997,550.13
263	412,218.00	1,997,550.04
264	412,220.14	1,997,550.00
265	412,224.60	1,997,549.69
266	412,225.00	1,997,549.66
267	412,225.66	1,997,549.24
268	412,225.94	1,997,549.06
269	412,230.50	1,997,546.37
270	412,231.86	1,997,545.57
271	412,236.04	1,997,543.10
272	412,237.45	1,997,542.27
273	412,237.50	1,997,542.24
274	412,240.36	1,997,540.01
275	412,243.00	1,997,537.95
276	412,243.00	1,997,534.72
277	412,242.89	1,997,534.19
278	412,242.66	1,997,533.09
279	412,242.53	1,997,532.47
280	412,242.54	1,997,531.42

Vértice	X	Y
541	411,870.48	1,997,105.06
542	411,864.88	1,997,109.30
543	411,859.14	1,997,113.33
544	411,853.38	1,997,117.31
545	411,847.64	1,997,121.33
546	411,841.92	1,997,125.39
547	411,837.50	1,997,130.10
548	411,830.96	1,997,137.50
549	411,825.00	1,997,143.40
550	411,817.28	1,997,150.00
551	411,812.50	1,997,153.84
552	411,803.20	1,997,162.50
553	411,797.38	1,997,175.00
554	411,790.99	1,997,187.50
555	411,787.50	1,997,195.80
556	411,785.60	1,997,200.00
557	411,782.94	1,997,207.94
558	411,780.90	1,997,212.50
559	411,779.93	1,997,217.43
560	411,776.76	1,997,225.00

Vértice	X	Y
821	411,898.35	1,997,760.46
822	411,899.65	1,997,761.59
823	411,900.00	1,997,761.89
824	411,900.95	1,997,761.55
825	411,900.96	1,997,762.50
826	411,901.22	1,997,762.67
827	411,901.32	1,997,762.73
828	411,902.21	1,997,763.29
829	411,903.31	1,997,764.00
830	411,907.17	1,997,766.46
831	411,908.01	1,997,766.99
832	411,910.01	1,997,768.92
833	411,910.45	1,997,769.34
834	411,912.50	1,997,771.32
835	411,913.85	1,997,769.11
836	411,915.34	1,997,766.66
837	411,916.97	1,997,764.00
838	411,917.47	1,997,763.18

44. Pileta de recolección

Tabla 67. Vértices de pileta de recolección.

Vértice	X	Y
1	412,327.00	1,997,610.44
2	412,329.50	1,997,606.14
3	412,332.00	1,997,601.84
4	412,334.50	1,997,596.33
5	412,337.00	1,997,589.90
6	412,337.50	1,997,588.61
7	412,337.91	1,997,587.50
8	412,338.93	1,997,586.07
9	412,339.50	1,997,584.99
10	412,342.00	1,997,580.27
11	412,344.50	1,997,575.55
12	412,344.79	1,997,575.00
13	412,347.00	1,997,571.69
14	412,349.50	1,997,567.95
15	412,350.00	1,997,567.20
16	412,351.43	1,997,562.91
17	412,351.57	1,997,562.50
18	412,351.36	1,997,562.25
19	412,350.85	1,997,561.65
20	412,350.00	1,997,560.25
21	412,349.50	1,997,559.77
22	412,347.00	1,997,557.35
23	412,344.50	1,997,555.30
24	412,342.00	1,997,556.02
25	412,339.50	1,997,556.74
26	412,337.50	1,997,557.32
27	412,337.00	1,997,557.34
28	412,334.50	1,997,557.47
29	412,332.00	1,997,557.59
30	412,329.80	1,997,557.70

Vértice	X	Y
85	412,282.00	1,997,461.63
86	412,279.50	1,997,463.15
87	412,256.49	1,997,475.62
88	412,254.13	1,997,475.20
89	412,251.66	1,997,474.83
90	412,242.91	1,997,478.94
91	412,237.50	1,997,482.31
92	412,227.85	1,997,486.03
93	412,223.63	1,997,488.32
94	412,217.19	1,997,493.52
95	412,209.59	1,997,499.34
96	412,205.50	1,997,503.27
97	412,205.65	1,997,503.35
98	412,207.83	1,997,504.67
99	412,208.37	1,997,505.13
100	412,208.38	1,997,505.14
101	412,208.70	1,997,505.41
102	412,208.74	1,997,505.44
103	412,209.56	1,997,506.13
104	412,210.99	1,997,507.33
105	412,212.50	1,997,508.60
106	412,214.53	1,997,510.47
107	412,218.00	1,997,512.31
108	412,218.36	1,997,512.50
109	412,219.09	1,997,512.80
110	412,221.47	1,997,513.78
111	412,221.69	1,997,513.87
112	412,222.08	1,997,514.02
113	412,222.24	1,997,514.09
114	412,223.07	1,997,514.43

Vértice	X	Y
169	412,184.50	1,997,585.42
170	412,183.00	1,997,587.19
171	412,181.50	1,997,589.03
172	412,181.50	1,997,589.03
173	412,180.00	1,997,590.88
174	412,177.52	1,997,592.63
175	412,178.85	1,997,594.76
176	412,180.43	1,997,596.97
177	412,182.17	1,997,599.26
178	412,184.82	1,997,601.89
179	412,185.23	1,997,602.27
180	412,187.41	1,997,603.79
181	412,187.50	1,997,603.85
182	412,194.13	1,997,605.87
183	412,195.26	1,997,605.94
184	412,200.00	1,997,606.23
185	412,200.17	1,997,606.24
186	412,200.37	1,997,606.24
187	412,204.81	1,997,606.43
188	412,204.81	1,997,606.43
189	412,204.95	1,997,606.43
190	412,204.95	1,997,606.43
191	412,206.02	1,997,606.48
192	412,209.05	1,997,606.47
193	412,209.11	1,997,606.47
194	412,212.50	1,997,606.45
195	412,214.21	1,997,606.85
196	412,219.62	1,997,607.34
197	412,222.91	1,997,606.97
198	412,225.00	1,997,606.74

Vértice	X	Y
31	412,329.50	1,997,556.93
32	412,329.15	1,997,556.01
33	412,327.00	1,997,550.42
34	412,326.84	1,997,550.00
35	412,327.00	1,997,549.82
36	412,329.50	1,997,547.00
37	412,327.00	1,997,529.95
38	412,325.00	1,997,529.67
39	412,324.50	1,997,529.13
40	412,322.06	1,997,527.23
41	412,322.00	1,997,527.23
42	412,319.50	1,997,527.18
43	412,317.00	1,997,527.13
44	412,315.26	1,997,527.10
45	412,314.50	1,997,527.08
46	412,313.79	1,997,527.07
47	412,313.48	1,997,527.07
48	412,312.50	1,997,527.05
49	412,312.39	1,997,526.99
50	412,312.00	1,997,526.79
51	412,311.53	1,997,526.56
52	412,311.14	1,997,526.36
53	412,310.86	1,997,525.47
54	412,310.71	1,997,525.00
55	412,310.92	1,997,524.30
56	412,312.00	1,997,520.73
57	412,312.50	1,997,519.07
58	412,314.03	1,997,516.70
59	412,314.50	1,997,515.97
60	412,315.38	1,997,514.60
61	412,314.50	1,997,507.81
62	412,312.00	1,997,503.58
63	412,310.67	1,997,501.83
64	412,310.35	1,997,500.02
65	412,310.34	1,997,500.00
66	412,310.34	1,997,500.00
67	412,310.25	1,997,499.81
68	412,309.50	1,997,498.21
69	412,307.00	1,997,492.88
70	412,304.50	1,997,490.49
71	412,302.00	1,997,488.10
72	412,301.37	1,997,487.50
73	412,301.11	1,997,486.73
74	412,301.11	1,997,486.71
75	412,299.50	1,997,484.25
76	412,297.00	1,997,480.41
77	412,294.50	1,997,478.32
78	412,292.00	1,997,477.30
79	412,289.50	1,997,476.27
80	412,287.50	1,997,475.45
81	412,287.24	1,997,475.00
82	412,287.00	1,997,474.53
83	412,286.97	1,997,474.47
84	412,284.50	1,997,466.91

Vértice	X	Y
115	412,225.00	1,997,515.30
116	412,225.15	1,997,515.36
117	412,228.27	1,997,516.66
118	412,230.50	1,997,517.59
119	412,231.34	1,997,517.94
120	412,231.85	1,997,518.15
121	412,234.15	1,997,519.50
122	412,235.20	1,997,520.12
123	412,235.24	1,997,520.14
124	412,236.28	1,997,520.75
125	412,237.50	1,997,521.47
126	412,237.60	1,997,521.49
127	412,239.90	1,997,522.05
128	412,240.34	1,997,522.16
129	412,242.62	1,997,525.00
130	412,242.54	1,997,531.42
131	412,242.53	1,997,532.47
132	412,242.66	1,997,533.09
133	412,242.89	1,997,534.19
134	412,243.00	1,997,534.72
135	412,243.00	1,997,537.95
136	412,240.36	1,997,540.01
137	412,237.50	1,997,542.24
138	412,237.45	1,997,542.27
139	412,236.04	1,997,543.10
140	412,231.86	1,997,545.57
141	412,230.50	1,997,546.37
142	412,225.94	1,997,549.06
143	412,225.66	1,997,549.24
144	412,225.00	1,997,549.66
145	412,224.60	1,997,549.69
146	412,220.14	1,997,550.00
147	412,218.00	1,997,550.04
148	412,213.33	1,997,550.13
149	412,213.25	1,997,550.14
150	412,212.53	1,997,550.15
151	412,212.50	1,997,550.15
152	412,205.92	1,997,557.33
153	412,205.50	1,997,557.79
154	412,204.00	1,997,559.69
155	412,202.50	1,997,561.59
156	412,201.00	1,997,565.37
157	412,200.00	1,997,569.03
158	412,199.50	1,997,569.54
159	412,198.00	1,997,571.09
160	412,196.50	1,997,572.63
161	412,195.01	1,997,574.17
162	412,195.01	1,997,574.18
163	412,193.50	1,997,575.73
164	412,192.00	1,997,577.26
165	412,190.50	1,997,578.80
166	412,189.00	1,997,580.34
167	412,187.50	1,997,581.87
168	412,186.00	1,997,583.65

Vértice	X	Y
199	412,226.54	1,997,606.81
200	412,231.07	1,997,606.95
201	412,234.96	1,997,606.85
202	412,238.43	1,997,606.59
203	412,241.13	1,997,606.03
204	412,243.82	1,997,605.46
205	412,244.73	1,997,605.27
206	412,246.76	1,997,605.00
207	412,249.83	1,997,604.58
208	412,250.00	1,997,604.55
209	412,253.04	1,997,604.21
210	412,256.25	1,997,603.85
211	412,259.33	1,997,603.43
212	412,261.67	1,997,602.73
213	412,263.71	1,997,601.91
214	412,265.60	1,997,601.04
215	412,267.49	1,997,600.16
216	412,272.92	1,997,603.34
217	412,280.10	1,997,608.81
218	412,285.43	1,997,612.50
219	412,286.59	1,997,614.00
220	412,287.00	1,997,614.16
221	412,287.56	1,997,613.61
222	412,287.50	1,997,613.38
223	412,287.38	1,997,613.08
224	412,287.33	1,997,612.98
225	412,287.26	1,997,612.81
226	412,287.13	1,997,612.50
227	412,287.35	1,997,612.35
228	412,287.50	1,997,612.40
229	412,287.62	1,997,612.38
230	412,289.50	1,997,611.72
231	412,292.00	1,997,610.85
232	412,294.50	1,997,609.97
233	412,297.00	1,997,609.10
234	412,299.50	1,997,608.23
235	412,302.00	1,997,607.13
236	412,304.50	1,997,605.97
237	412,307.00	1,997,604.82
238	412,308.26	1,997,604.24
239	412,309.43	1,997,604.82
240	412,309.50	1,997,604.82
241	412,312.00	1,997,606.11
242	412,314.50	1,997,607.26
243	412,316.73	1,997,608.27
244	412,317.00	1,997,608.45
245	412,319.50	1,997,610.14
246	412,322.00	1,997,611.84
247	412,322.93	1,997,612.47
248	412,322.97	1,997,612.50
249	412,322.92	1,997,612.73
250	412,324.50	1,997,614.25

45. Área de explosivos

Tabla 68. Vértices del área de explosivos.

Vértice	X	Y
1	411,023.76	1,997,760.28
2	411,017.23	1,997,742.82
3	410,988.54	1,997,749.49
4	410,975.32	1,997,752.35
5	410,945.30	1,997,756.00
6	410,934.90	1,997,763.52
7	410,938.87	1,997,771.30
8	410,941.33	1,997,777.72
9	410,942.60	1,997,783.04
10	410,942.99	1,997,786.06
11	410,942.25	1,997,791.62
12	410,941.38	1,997,798.60
13	410,941.06	1,997,803.05
14	410,941.78	1,997,806.14
15	410,945.11	1,997,808.52
16	410,946.70	1,997,810.11
17	410,948.92	1,997,813.13
18	410,962.89	1,997,805.35
19	410,988.66	1,997,798.46
20	411,002.95	1,997,794.86
21	411,024.33	1,997,788.82
22	411,027.18	1,997,787.45
23	411,030.27	1,997,783.22
24	411,028.52	1,997,772.90

Obras complementarias

46. Vialidades

Tabla 69. Vértices de vialidades.

Coordenadas Vialidades polígono 1								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,867.19	1,997,838.60	10	411,855.85	1,997,830.33	19	411,868.77	1,997,806.48
2	411,858.01	1,997,834.64	11	411,856.05	1,997,829.71	20	411,869.41	1,997,806.58
3	411,857.43	1,997,834.33	12	411,865.10	1,997,808.74	21	411,870.03	1,997,806.78
4	411,856.92	1,997,833.93	13	411,865.41	1,997,808.16	22	411,879.21	1,997,810.74
5	411,856.49	1,997,833.44	14	411,865.82	1,997,807.65	23	411,880.07	1,997,808.76
6	411,856.14	1,997,832.88	15	411,866.31	1,997,807.22	24	411,865.44	1,997,802.48
7	411,855.90	1,997,832.27	16	411,866.86	1,997,806.87	25	411,851.71	1,997,834.68
8	411,855.77	1,997,831.63	17	411,867.47	1,997,806.63	26	411,866.03	1,997,840.82
9	411,855.75	1,997,830.98	18	411,868.11	1,997,806.50			
Coordenadas Vialidades polígono 2								

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,925.17	1,997,828.11	9	411,920.77	1,997,831.74	17	411,909.36	1,997,855.98
2	411,920.13	1,997,825.95	10	411,920.67	1,997,832.38	18	411,908.80	1,997,856.15
3	411,919.09	1,997,828.39	11	411,920.47	1,997,833.00	19	411,908.21	1,997,856.23
4	411,919.60	1,997,828.79	12	411,911.42	1,997,853.98	20	411,907.63	1,997,856.23
5	411,920.03	1,997,829.28	13	411,911.14	1,997,854.50	21	411,907.05	1,997,856.12
6	411,920.38	1,997,829.84	14	411,910.79	1,997,854.97	22	411,906.21	1,997,858.07
7	411,920.62	1,997,830.44	15	411,910.37	1,997,855.38	23	411,911.44	1,997,860.31
8	411,920.75	1,997,831.08	16	411,909.89	1,997,855.72			
Coordenadas Vialidades polígono 3								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,876.50	1,997,860.17	33	411,905.12	1,997,824.98	65	411,881.47	1,997,814.41
2	411,876.63	1,997,859.30	34	411,905.25	1,997,824.86	66	411,881.38	1,997,815.05
3	411,876.90	1,997,858.48	35	411,905.54	1,997,824.61	67	411,881.17	1,997,815.67
4	411,879.68	1,997,852.09	36	411,905.61	1,997,824.55	68	411,872.12	1,997,836.65
5	411,879.78	1,997,851.88	37	411,905.75	1,997,824.46	69	411,871.85	1,997,837.17
6	411,880.21	1,997,851.16	38	411,906.06	1,997,824.27	70	411,871.49	1,997,837.64
7	411,880.76	1,997,850.52	39	411,906.16	1,997,824.20	71	411,871.07	1,997,838.05
8	411,881.41	1,997,849.98	40	411,906.30	1,997,824.15	72	411,870.59	1,997,838.39
9	411,882.14	1,997,849.56	41	411,906.63	1,997,824.02	73	411,870.06	1,997,838.65
10	411,882.93	1,997,849.27	42	411,906.77	1,997,823.96	74	411,869.50	1,997,838.82
11	411,883.76	1,997,849.11	43	411,906.89	1,997,823.94	75	411,868.92	1,997,838.90
12	411,884.60	1,997,849.10	44	411,907.25	1,997,823.86	76	411,868.33	1,997,838.89
13	411,885.43	1,997,849.23	45	411,907.41	1,997,823.83	77	411,867.75	1,997,838.79
14	411,886.23	1,997,849.49	46	411,907.50	1,997,823.83	78	411,867.19	1,997,838.60
15	411,906.21	1,997,858.07	47	411,907.88	1,997,823.82	79	411,866.03	1,997,840.82
16	411,907.05	1,997,856.12	48	411,908.06	1,997,823.81	80	411,867.80	1,997,841.58
17	411,906.49	1,997,855.93	49	411,908.12	1,997,823.82	81	411,868.54	1,997,841.97
18	411,897.31	1,997,851.97	50	411,908.54	1,997,823.88	82	411,869.20	1,997,842.48
19	411,896.73	1,997,851.66	51	411,908.71	1,997,823.91	83	411,869.77	1,997,843.10
20	411,896.22	1,997,851.26	52	411,908.74	1,997,823.92	84	411,870.23	1,997,843.80
21	411,895.78	1,997,850.77	53	411,909.33	1,997,824.11	85	411,870.56	1,997,844.57
22	411,895.44	1,997,850.21	54	411,918.51	1,997,828.07	86	411,870.76	1,997,845.38
23	411,895.20	1,997,849.60	55	411,919.09	1,997,828.39	87	411,870.83	1,997,846.22
24	411,895.07	1,997,848.96	56	411,920.13	1,997,825.95	88	411,870.75	1,997,847.05
25	411,895.05	1,997,848.31	57	411,880.07	1,997,808.76	89	411,870.53	1,997,847.86
26	411,895.14	1,997,847.66	58	411,879.21	1,997,810.74	90	411,870.42	1,997,848.15
27	411,895.35	1,997,847.04	59	411,879.79	1,997,811.05	91	411,867.71	1,997,854.43
28	411,904.40	1,997,826.07	60	411,880.30	1,997,811.46	92	411,867.34	1,997,855.12
29	411,904.70	1,997,825.52	61	411,880.74	1,997,811.95	93	411,866.87	1,997,855.75
30	411,904.71	1,997,825.49	62	411,881.08	1,997,812.50	94	411,866.31	1,997,856.30
31	411,904.82	1,997,825.36	63	411,881.32	1,997,813.11	95	411,865.66	1,997,856.75
32	411,905.08	1,997,825.03	64	411,881.45	1,997,813.75	96	411,876.52	1,997,861.04
Coordenadas Vialidades polígono 4								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,845.84	1,997,908.69	48	411,787.05	1,997,859.80	95	411,840.27	1,997,860.80

2	411,848.90	1,997,907.80	49	411,786.00	1,997,862.85	96	411,840.71	1,997,861.54
3	411,851.78	1,997,906.43	50	411,785.46	1,997,866.02	97	411,841.01	1,997,862.34
4	411,854.41	1,997,904.62	51	411,785.43	1,997,869.25	98	411,841.18	1,997,863.18
5	411,856.71	1,997,902.42	52	411,785.92	1,997,872.44	99	411,841.19	1,997,864.04
6	411,858.64	1,997,899.88	53	411,778.45	1,997,873.74	100	411,841.06	1,997,864.89
7	411,860.14	1,997,897.06	54	411,778.04	1,997,870.66	101	411,840.79	1,997,865.71
8	411,868.96	1,997,876.75	55	411,772.81	1,997,871.47	102	411,831.33	1,997,887.44
9	411,869.38	1,997,875.99	56	411,773.51	1,997,877.16	103	411,834.54	1,997,888.84
10	411,869.92	1,997,875.30	57	411,773.34	1,997,880.35	104	411,835.46	1,997,889.23
11	411,870.57	1,997,874.73	58	411,772.72	1,997,883.47	105	411,843.35	1,997,871.09
12	411,871.31	1,997,874.27	59	411,771.65	1,997,886.47	106	411,844.19	1,997,869.56
13	411,872.12	1,997,873.95	60	411,779.72	1,997,890.20	107	411,845.27	1,997,868.20
14	411,872.98	1,997,873.78	61	411,781.19	1,997,888.55	108	411,846.57	1,997,867.05
15	411,873.85	1,997,873.75	62	411,782.91	1,997,887.17	109	411,848.06	1,997,866.13
16	411,874.71	1,997,873.88	63	411,784.84	1,997,886.10	110	411,849.68	1,997,865.50
17	411,875.54	1,997,874.16	64	411,786.92	1,997,885.36	111	411,851.38	1,997,865.15
18	411,879.49	1,997,865.05	65	411,789.10	1,997,884.97	112	411,853.12	1,997,865.10
19	411,878.72	1,997,864.64	66	411,791.31	1,997,884.96	113	411,854.85	1,997,865.36
20	411,878.04	1,997,864.09	67	411,793.49	1,997,885.30	114	411,856.50	1,997,865.91
21	411,877.46	1,997,863.44	68	411,795.58	1,997,886.01	115	411,857.17	1,997,866.20
22	411,877.01	1,997,862.70	69	411,797.53	1,997,887.06	116	411,857.94	1,997,866.61
23	411,876.69	1,997,861.89	70	411,801.83	1,997,877.17	117	411,858.62	1,997,867.15
24	411,876.52	1,997,861.04	71	411,800.37	1,997,876.47	118	411,859.20	1,997,867.81
25	411,865.66	1,997,856.75	72	411,799.04	1,997,875.55	119	411,859.66	1,997,868.55
26	411,864.96	1,997,857.10	73	411,797.87	1,997,874.42	120	411,859.98	1,997,869.36
27	411,864.20	1,997,857.33	74	411,796.91	1,997,873.13	121	411,860.15	1,997,870.21
28	411,863.42	1,997,857.44	75	411,796.16	1,997,871.69	122	411,860.17	1,997,871.09
29	411,862.64	1,997,857.42	76	411,795.66	1,997,870.15	123	411,860.05	1,997,871.95
30	411,861.86	1,997,857.29	77	411,795.41	1,997,868.55	124	411,859.77	1,997,872.77
31	411,861.12	1,997,857.03	78	411,795.42	1,997,866.93	125	411,852.96	1,997,888.50
32	411,855.55	1,997,854.60	79	411,795.69	1,997,865.33	126	411,852.19	1,997,889.93
33	411,848.03	1,997,851.66	80	411,796.21	1,997,863.80	127	411,851.21	1,997,891.22
34	411,840.33	1,997,849.29	81	411,799.89	1,997,855.40	128	411,850.03	1,997,892.33
35	411,832.47	1,997,847.48	82	411,800.29	1,997,854.66	129	411,848.69	1,997,893.23
36	411,787.94	1,997,838.97	83	411,800.81	1,997,854.00	130	411,847.22	1,997,893.91
37	411,786.05	1,997,848.86	84	411,801.43	1,997,853.43	131	411,845.66	1,997,894.35
38	411,786.79	1,997,849.20	85	411,802.14	1,997,852.98	132	411,844.05	1,997,894.52
39	411,787.46	1,997,849.66	86	411,802.91	1,997,852.65	133	411,842.44	1,997,894.43
40	411,788.05	1,997,850.22	87	411,803.73	1,997,852.46	134	411,840.86	1,997,894.09
41	411,788.54	1,997,850.87	88	411,804.57	1,997,852.40	135	411,839.35	1,997,893.49
42	411,788.92	1,997,851.59	89	411,805.41	1,997,852.49	136	411,839.35	1,997,893.50
43	411,789.18	1,997,852.36	90	411,830.59	1,997,857.31	137	411,833.36	1,997,907.25
44	411,789.31	1,997,853.17	91	411,837.49	1,997,858.88	138	411,836.35	1,997,908.36
45	411,789.31	1,997,853.98	92	411,838.30	1,997,859.17	139	411,839.48	1,997,908.98
46	411,789.17	1,997,854.78	93	411,839.04	1,997,859.60	140	411,842.67	1,997,909.09
47	411,788.91	1,997,855.55	94	411,839.71	1,997,860.14			

Coordenadas Vialidades polígono 5								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,370.70	1,997,909.91	30	411,445.33	1,997,834.77	59	411,543.06	1,997,789.22
2	411,400.68	1,997,899.97	31	411,445.35	1,997,837.73	60	411,532.78	1,997,788.02
3	411,401.26	1,997,845.72	32	411,421.02	1,997,853.62	61	411,522.46	1,997,787.34
4	411,372.72	1,997,841.88	33	411,422.72	1,997,889.72	62	411,452.42	1,997,784.53
5	411,373.96	1,997,834.73	34	411,471.39	1,997,878.89	63	411,446.94	1,997,784.45
6	411,374.30	1,997,832.73	35	411,484.91	1,997,871.61	64	411,417.88	1,997,784.80
7	411,377.93	1,997,811.65	36	411,486.67	1,997,870.66	65	411,407.33	1,997,784.93
8	411,378.81	1,997,808.30	37	411,498.59	1,997,864.24	66	411,397.28	1,997,785.05
9	411,380.26	1,997,805.15	38	411,493.91	1,997,856.81	67	411,392.68	1,997,785.46
10	411,382.23	1,997,802.30	39	411,495.76	1,997,801.32	68	411,388.19	1,997,786.58
11	411,384.66	1,997,799.83	40	411,495.85	1,997,800.54	69	411,383.93	1,997,788.37
12	411,387.49	1,997,797.82	41	411,496.06	1,997,799.78	70	411,379.99	1,997,790.79
13	411,390.61	1,997,796.33	42	411,496.39	1,997,799.06	71	411,376.48	1,997,793.79
14	411,393.95	1,997,795.39	43	411,496.82	1,997,798.40	72	411,373.46	1,997,797.29
15	411,397.40	1,997,795.05	44	411,497.36	1,997,797.82	73	411,371.02	1,997,801.22
16	411,407.18	1,997,794.93	45	411,497.98	1,997,797.33	74	411,369.21	1,997,805.47
17	411,417.66	1,997,794.81	46	411,498.66	1,997,796.95	75	411,368.08	1,997,809.96
18	411,440.01	1,997,794.54	47	411,499.40	1,997,796.67	76	411,364.80	1,997,828.96
19	411,440.80	1,997,794.59	48	411,500.17	1,997,796.52	77	411,340.31	1,997,824.74
20	411,441.56	1,997,794.77	49	411,500.96	1,997,796.49	78	411,336.91	1,997,831.22
21	411,442.29	1,997,795.06	50	411,522.06	1,997,797.34	79	411,337.56	1,997,831.22
22	411,442.97	1,997,795.46	51	411,531.88	1,997,797.98	80	411,338.42	1,997,831.27
23	411,443.57	1,997,795.97	52	411,541.65	1,997,799.12	81	411,338.34	1,997,832.71
24	411,444.09	1,997,796.56	53	411,551.35	1,997,800.75	82	411,338.27	1,997,834.10
25	411,444.51	1,997,797.23	54	411,602.03	1,997,808.98	83	411,339.35	1,997,834.71
26	411,444.81	1,997,797.95	55	411,602.35	1,997,809.06	84	411,367.38	1,997,850.40
27	411,445.00	1,997,798.72	56	411,602.51	1,997,809.13	85	411,346.72	1,997,895.46
28	411,445.07	1,997,799.50	57	411,604.12	1,997,799.35	86	411,356.43	1,997,916.31
29	411,445.32	1,997,832.77	58	411,553.26	1,997,790.93			

Coordenadas Vialidades polígono 6								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,954.30	1,998,017.09	75	411,812.35	1,997,931.04	149	411,667.50	1,997,818.66
2	411,958.90	1,998,016.30	76	411,811.97	1,997,931.75	150	411,657.98	1,997,815.65
3	411,963.36	1,998,014.93	77	411,811.48	1,997,932.40	151	411,648.70	1,997,811.97
4	411,967.61	1,998,013.00	78	411,810.88	1,997,932.95	152	411,641.16	1,997,808.53
5	411,971.58	1,998,010.54	79	411,810.21	1,997,933.40	153	411,633.39	1,997,805.64
6	411,975.19	1,998,007.59	80	411,809.47	1,997,933.74	154	411,625.43	1,997,803.30
7	411,978.40	1,998,004.20	81	411,808.69	1,997,933.96	155	411,617.34	1,997,801.53
8	411,979.77	1,998,002.77	82	411,807.88	1,997,934.04	156	411,604.12	1,997,799.35
9	411,981.35	1,998,001.59	83	411,807.07	1,997,933.99	157	411,602.51	1,997,809.13
10	411,985.88	1,997,995.06	84	411,806.28	1,997,933.82	158	411,602.66	1,997,809.19
11	411,988.79	1,997,988.45	85	411,805.53	1,997,933.51	159	411,602.94	1,997,809.38
12	411,990.51	1,997,981.70	86	411,800.48	1,997,931.13	160	411,603.18	1,997,809.60

13	411,991.19	1,997,976.14	87	411,795.33	1,997,929.00	161	411,603.38	1,997,809.86
14	411,991.48	1,997,973.61	88	411,775.31	1,997,920.44	162	411,603.54	1,997,810.15
15	411,997.36	1,997,944.51	89	411,767.64	1,997,917.54	163	411,603.65	1,997,810.46
16	411,999.41	1,997,936.23	90	411,759.77	1,997,915.23	164	411,603.70	1,997,810.79
17	412,002.15	1,997,928.15	91	411,751.74	1,997,913.55	165	411,603.70	1,997,811.12
18	411,989.60	1,997,919.87	92	411,743.61	1,997,912.48	166	411,603.65	1,997,811.45
19	411,987.59	1,997,920.96	93	411,735.42	1,997,912.05	167	411,603.54	1,997,811.76
20	411,985.43	1,997,921.70	94	411,727.03	1,997,911.96	168	411,603.38	1,997,812.05
21	411,983.17	1,997,922.08	95	411,718.68	1,997,911.17	169	411,603.18	1,997,812.31
22	411,980.89	1,997,922.07	96	411,709.16	1,997,909.86	170	411,602.94	1,997,812.54
23	411,978.63	1,997,921.68	97	411,708.82	1,997,909.92	171	411,602.66	1,997,812.72
24	411,976.48	1,997,920.92	98	411,708.65	1,997,909.93	172	411,602.35	1,997,812.85
25	411,974.48	1,997,919.82	99	411,708.48	1,997,909.91	173	411,602.03	1,997,812.93
26	411,905.44	1,997,877.44	100	411,708.32	1,997,909.87	174	411,601.70	1,997,812.96
27	411,899.42	1,997,874.02	101	411,708.17	1,997,909.80	175	411,571.32	1,997,812.81
28	411,893.18	1,997,871.03	102	411,708.04	1,997,909.71	176	411,566.23	1,997,813.16
29	411,879.49	1,997,865.05	103	411,574.95	1,997,891.45	177	411,561.24	1,997,814.25
30	411,875.54	1,997,874.16	104	411,574.78	1,997,891.43	178	411,556.47	1,997,816.04
31	411,888.20	1,997,879.64	105	411,553.24	1,997,888.47	179	411,552.00	1,997,818.52
32	411,893.94	1,997,882.38	106	411,551.09	1,997,887.83	180	411,547.94	1,997,821.62
33	411,899.48	1,997,885.51	107	411,549.08	1,997,886.83	181	411,544.38	1,997,825.27
34	411,976.18	1,997,932.60	108	411,547.28	1,997,885.51	182	411,541.39	1,997,829.40
35	411,978.98	1,997,934.67	109	411,545.72	1,997,883.89	183	411,539.03	1,997,833.93
36	411,981.37	1,997,937.19	110	411,544.47	1,997,882.04	184	411,537.35	1,997,838.75
37	411,983.29	1,997,940.09	111	411,543.55	1,997,880.00	185	411,536.39	1,997,843.76
38	411,984.68	1,997,943.29	112	411,542.99	1,997,877.82	186	411,533.11	1,997,871.94
39	411,985.50	1,997,946.67	113	411,542.81	1,997,875.59	187	411,532.81	1,997,875.89
40	411,985.71	1,997,950.14	114	411,543.01	1,997,873.36	188	411,533.19	1,997,879.83
41	411,985.32	1,997,953.60	115	411,546.32	1,997,844.92	189	411,534.23	1,997,883.65
42	411,981.46	1,997,972.71	116	411,547.12	1,997,840.95	190	411,535.92	1,997,887.23
43	411,974.88	1,997,990.83	117	411,548.54	1,997,837.16	191	411,538.19	1,997,890.47
44	411,972.81	1,997,994.91	118	411,550.56	1,997,833.64	192	411,540.98	1,997,893.28
45	411,970.05	1,997,998.57	119	411,553.12	1,997,830.50	193	411,544.21	1,997,895.57
46	411,966.71	1,998,001.69	120	411,556.15	1,997,827.82	194	411,547.78	1,997,897.27
47	411,962.87	1,998,004.19	121	411,559.57	1,997,825.66	195	411,551.59	1,997,898.34
48	411,958.66	1,998,005.99	122	411,563.30	1,997,824.08	196	411,573.42	1,997,901.34
49	411,954.21	1,998,007.03	123	411,567.24	1,997,823.12	197	411,717.32	1,997,921.08
50	411,949.64	1,998,007.28	124	411,571.27	1,997,822.81	198	411,726.51	1,997,921.95
51	411,940.11	1,998,006.31	125	411,601.57	1,997,822.96	199	411,735.73	1,997,922.05
52	411,930.68	1,998,004.65	126	411,605.63	1,997,823.19	200	411,743.07	1,997,922.47
53	411,921.40	1,998,002.31	127	411,609.64	1,997,823.90	201	411,750.36	1,997,923.46
54	411,912.31	1,997,999.30	128	411,613.53	1,997,825.08	202	411,757.56	1,997,925.00
55	411,876.95	1,997,985.46	129	411,617.25	1,997,826.72	203	411,764.61	1,997,927.08
56	411,868.95	1,997,981.92	130	411,622.34	1,997,829.01	204	411,771.49	1,997,929.69
57	411,861.30	1,997,977.70	131	411,627.61	1,997,830.85	205	411,791.51	1,997,938.24
58	411,854.04	1,997,972.82	132	411,633.02	1,997,832.22	206	411,798.52	1,997,941.30

59	411,847.24	1,997,967.33	133	411,661.95	1,997,836.08	207	411,805.31	1,997,944.83
60	411,840.95	1,997,961.26	134	411,666.81	1,997,836.02	208	411,811.85	1,997,948.80
61	411,831.30	1,997,951.12	135	411,671.62	1,997,835.36	209	411,818.11	1,997,953.20
62	411,827.58	1,997,947.91	136	411,676.32	1,997,834.10	210	411,824.05	1,997,958.01
63	411,823.73	1,997,944.85	137	411,681.60	1,997,833.20	211	411,833.70	1,997,968.16
64	411,821.88	1,997,943.18	138	411,686.97	1,997,832.98	212	411,839.43	1,997,973.76
65	411,820.33	1,997,941.23	139	411,692.31	1,997,833.44	213	411,845.56	1,997,978.93
66	411,819.12	1,997,939.05	140	411,733.68	1,997,838.94	214	411,852.04	1,997,983.64
67	411,818.29	1,997,936.69	141	411,739.27	1,997,839.85	215	411,858.85	1,997,987.86
68	411,817.87	1,997,934.24	142	411,785.26	1,997,848.64	216	411,865.95	1,997,991.58
69	411,817.85	1,997,931.74	143	411,786.05	1,997,848.86	217	411,873.30	1,997,994.77
70	411,818.25	1,997,929.28	144	411,787.94	1,997,838.97	218	411,908.67	1,998,008.62
71	411,819.05	1,997,926.92	145	411,741.15	1,997,830.03	219	411,918.64	1,998,011.92
72	411,819.46	1,997,925.98	146	411,735.00	1,997,829.03	220	411,928.83	1,998,014.47
73	411,818.55	1,997,925.58	147	411,687.05	1,997,822.65	221	411,939.18	1,998,016.27
74	411,815.34	1,997,924.18	148	411,677.21	1,997,821.00	222	411,949.64	1,998,017.28

Coordenadas Vialidades polígono 7

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	412,039.97	1,998,181.99	51	412,177.07	1,998,161.25	101	412,271.55	1,998,123.79
2	412,035.72	1,998,146.56	52	412,177.16	1,998,160.96	102	412,274.31	1,998,146.37
3	412,035.69	1,998,145.78	53	412,177.29	1,998,160.68	103	412,287.55	1,998,144.90
4	412,035.78	1,998,145.00	54	412,177.46	1,998,160.43	104	412,285.64	1,998,127.68
5	412,036.00	1,998,144.24	55	412,177.68	1,998,160.21	105	412,284.74	1,998,123.44
6	412,036.33	1,998,143.52	56	412,177.92	1,998,160.02	106	412,283.12	1,998,119.41
7	412,036.76	1,998,142.87	57	412,178.19	1,998,159.87	107	412,280.83	1,998,115.73
8	412,037.30	1,998,142.29	58	412,178.48	1,998,159.76	108	412,277.94	1,998,112.50
9	412,037.92	1,998,141.81	59	412,178.78	1,998,159.70	109	412,274.53	1,998,109.82
10	412,038.61	1,998,141.42	60	412,187.50	1,998,158.63	110	412,270.71	1,998,107.76
11	412,039.34	1,998,141.15	61	412,187.51	1,998,158.63	111	412,266.59	1,998,106.40
12	412,040.12	1,998,141.00	62	412,187.42	1,998,157.94	112	412,262.30	1,998,105.77
13	412,107.67	1,998,133.23	63	412,187.39	1,998,157.69	113	412,257.97	1,998,105.89
14	412,108.54	1,998,133.21	64	412,187.31	1,998,156.99	114	412,038.99	1,998,131.07
15	412,109.40	1,998,133.34	65	412,187.18	1,998,155.97	115	412,037.27	1,998,131.11
16	412,110.23	1,998,133.61	66	412,185.94	1,998,145.78	116	412,035.57	1,998,130.87
17	412,110.99	1,998,134.02	67	412,177.16	1,998,146.81	117	412,033.94	1,998,130.34
18	412,111.67	1,998,134.56	68	412,176.84	1,998,146.82	118	412,032.42	1,998,129.53
19	412,112.25	1,998,135.21	69	412,176.53	1,998,146.79	119	412,031.07	1,998,128.48
20	412,112.71	1,998,135.95	70	412,176.23	1,998,146.70	120	412,029.91	1,998,127.22
21	412,113.03	1,998,136.76	71	412,175.94	1,998,146.57	121	412,028.98	1,998,125.77
22	412,113.21	1,998,137.61	72	412,175.68	1,998,146.39	122	412,028.32	1,998,124.18
23	412,118.35	1,998,180.45	73	412,175.45	1,998,146.18	123	412,028.14	1,998,123.41
24	412,128.28	1,998,179.25	74	412,175.25	1,998,145.93	124	412,018.03	1,998,124.77
25	412,123.15	1,998,136.51	75	412,175.10	1,998,145.66	125	412,017.87	1,998,126.35
26	412,123.12	1,998,135.73	76	412,174.99	1,998,145.36	126	412,017.46	1,998,127.89
27	412,123.21	1,998,134.95	77	412,174.93	1,998,145.05	127	412,016.81	1,998,129.35
28	412,123.42	1,998,134.19	78	412,173.33	1,998,130.69	128	412,015.94	1,998,130.68

29	412,123.75	1,998,133.47	79	412,173.30	1,998,129.81	129	412,014.87	1,998,131.86
30	412,124.19	1,998,132.82	80	412,173.43	1,998,128.95	130	412,013.62	1,998,132.85
31	412,124.73	1,998,132.24	81	412,173.71	1,998,128.13	131	412,012.23	1,998,133.63
32	412,125.34	1,998,131.75	82	412,174.12	1,998,127.36	132	412,010.74	1,998,134.19
33	412,126.03	1,998,131.37	83	412,174.66	1,998,126.68	133	412,009.17	1,998,134.49
34	412,126.77	1,998,131.10	84	412,175.32	1,998,126.10	134	412,006.99	1,998,134.74
35	412,127.54	1,998,130.95	85	412,176.06	1,998,125.64	135	411,996.78	1,998,135.92
36	412,154.88	1,998,127.81	86	412,176.87	1,998,125.32	136	411,997.92	1,998,145.85
37	412,155.66	1,998,127.78	87	412,177.72	1,998,125.15	137	412,020.25	1,998,143.29
38	412,156.44	1,998,127.87	88	412,220.37	1,998,120.28	138	412,021.12	1,998,143.26
39	412,157.19	1,998,128.09	89	412,222.97	1,998,120.21	139	412,021.98	1,998,143.39
40	412,157.91	1,998,128.42	90	412,225.54	1,998,120.58	140	412,022.80	1,998,143.66
41	412,158.56	1,998,128.86	91	412,228.01	1,998,121.40	141	412,023.57	1,998,144.08
42	412,159.13	1,998,129.39	92	412,230.30	1,998,122.64	142	412,024.25	1,998,144.61
43	412,159.61	1,998,130.01	93	412,232.35	1,998,124.24	143	412,024.83	1,998,145.26
44	412,160.00	1,998,130.70	94	412,234.08	1,998,126.18	144	412,025.28	1,998,146.00
45	412,160.26	1,998,131.44	95	412,235.46	1,998,128.39	145	412,025.61	1,998,146.81
46	412,160.41	1,998,132.21	96	412,236.43	1,998,130.81	146	412,025.78	1,998,147.66
47	412,165.31	1,998,175.02	97	412,236.97	1,998,133.35	147	412,029.99	1,998,182.79
48	412,175.03	1,998,173.97	98	412,239.09	1,998,150.68	148	412,030.01	1,998,183.18
49	412,175.17	1,998,171.21	99	412,249.99	1,998,149.34			
50	412,176.07	1,998,165.75	100	412,247.23	1,998,126.76			

Coordenadas Vialidades polígono 8

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,856.39	1,998,211.33	72	411,981.94	1,998,194.27	143	411,711.74	1,998,137.49
2	411,853.05	1,998,184.46	73	411,982.42	1,998,196.61	144	411,709.91	1,998,138.39
3	411,853.07	1,998,184.46	74	412,010.55	1,998,192.76	145	411,687.89	1,998,151.45
4	411,851.09	1,998,168.68	75	412,010.23	1,998,190.19	146	411,692.44	1,998,158.06
5	411,855.44	1,998,163.10	76	411,994.85	1,998,192.03	147	411,714.00	1,998,145.27
6	411,883.16	1,998,159.71	77	411,994.06	1,998,192.07	148	411,714.64	1,998,144.94
7	411,906.47	1,998,156.86	78	411,993.27	1,998,191.97	149	411,715.32	1,998,144.72
8	411,907.34	1,998,156.83	79	411,992.51	1,998,191.76	150	411,716.03	1,998,144.59
9	411,908.20	1,998,156.95	80	411,991.79	1,998,191.42	151	411,716.75	1,998,144.57
10	411,909.03	1,998,157.22	81	411,991.14	1,998,190.98	152	411,717.08	1,998,144.61
11	411,909.80	1,998,157.63	82	411,982.45	1,998,184.06	153	411,717.41	1,998,144.71
12	411,910.48	1,998,158.17	83	411,980.18	1,998,181.95	154	411,717.72	1,998,144.87
13	411,911.07	1,998,158.82	84	411,978.26	1,998,179.51	155	411,717.99	1,998,145.07
14	411,911.53	1,998,159.56	85	411,976.74	1,998,176.80	156	411,718.23	1,998,145.32
15	411,911.86	1,998,160.36	86	411,975.66	1,998,173.89	157	411,718.42	1,998,145.60
16	411,912.04	1,998,161.22	87	411,975.05	1,998,170.85	158	411,718.56	1,998,145.91
17	411,916.52	1,998,197.91	88	411,972.95	1,998,153.79	159	411,718.64	1,998,146.24
18	411,917.17	1,998,203.20	89	411,972.92	1,998,153.01	160	411,718.67	1,998,146.59
19	411,922.22	1,998,202.58	90	411,973.01	1,998,152.22	161	411,718.63	1,998,146.93
20	411,921.57	1,998,197.29	91	411,973.22	1,998,151.46	162	411,718.54	1,998,147.26
21	411,921.20	1,998,194.32	92	411,973.55	1,998,150.75	163	411,718.40	1,998,147.57
22	411,921.18	1,998,193.85	93	411,973.99	1,998,150.09	164	411,718.21	1,998,147.85

23	411,921.23	1,998,193.38	94	411,974.52	1,998,149.51	165	411,717.96	1,998,148.09
24	411,921.36	1,998,192.93	95	411,975.14	1,998,149.03	166	411,717.69	1,998,148.29
25	411,921.55	1,998,192.50	96	411,975.83	1,998,148.64	167	411,714.47	1,998,150.20
26	411,921.81	1,998,192.10	97	411,976.57	1,998,148.37	168	411,725.19	1,998,168.26
27	411,922.13	1,998,191.76	98	411,977.35	1,998,148.22	169	411,729.46	1,998,165.72
28	411,922.50	1,998,191.46	99	411,997.92	1,998,145.85	170	411,729.74	1,998,165.58
29	411,922.91	1,998,191.23	100	411,996.78	1,998,135.92	171	411,730.04	1,998,165.48
30	411,923.35	1,998,191.07	101	411,972.71	1,998,138.69	172	411,730.35	1,998,165.44
31	411,923.81	1,998,190.97	102	411,840.31	1,998,154.88	173	411,730.67	1,998,165.45
32	411,927.94	1,998,190.47	103	411,753.30	1,998,165.69	174	411,730.98	1,998,165.50
33	411,925.38	1,998,169.62	104	411,753.24	1,998,165.69	175	411,731.27	1,998,165.61
34	411,921.21	1,998,170.13	105	411,749.59	1,998,166.27	176	411,731.55	1,998,165.76
35	411,920.69	1,998,170.15	106	411,745.98	1,998,167.06	177	411,731.79	1,998,165.95
36	411,920.17	1,998,170.08	107	411,745.19	1,998,167.19	178	411,732.01	1,998,166.19
37	411,919.68	1,998,169.92	108	411,744.38	1,998,167.20	179	411,732.18	1,998,166.45
38	411,919.21	1,998,169.67	109	411,743.59	1,998,167.08	180	411,732.24	1,998,166.55
39	411,918.80	1,998,169.35	110	411,742.82	1,998,166.83	181	411,732.58	1,998,167.26
40	411,918.45	1,998,168.96	111	411,742.11	1,998,166.46	182	411,732.81	1,998,168.01
41	411,918.18	1,998,168.52	112	411,741.46	1,998,165.98	183	411,732.92	1,998,168.79
42	411,917.98	1,998,168.04	113	411,740.90	1,998,165.40	184	411,732.91	1,998,169.58
43	411,917.87	1,998,167.53	114	411,740.44	1,998,164.74	185	411,732.77	1,998,170.35
44	411,917.01	1,998,160.62	115	411,739.09	1,998,162.43	186	411,732.51	1,998,171.10
45	411,916.98	1,998,159.83	116	411,738.95	1,998,162.11	187	411,732.14	1,998,171.79
46	411,917.06	1,998,159.05	117	411,738.86	1,998,161.77	188	411,731.67	1,998,172.42
47	411,917.27	1,998,158.30	118	411,738.83	1,998,161.41	189	411,731.10	1,998,172.96
48	411,917.60	1,998,157.58	119	411,738.86	1,998,161.06	190	411,730.45	1,998,173.41
49	411,918.03	1,998,156.93	120	411,738.95	1,998,160.72	191	411,730.18	1,998,173.57
50	411,918.56	1,998,156.35	121	411,739.10	1,998,160.40	192	411,708.98	1,998,186.08
51	411,919.18	1,998,155.86	122	411,739.30	1,998,160.11	193	411,714.07	1,998,194.69
52	411,919.86	1,998,155.47	123	411,739.55	1,998,159.85	194	411,726.47	1,998,187.37
53	411,920.60	1,998,155.20	124	411,739.84	1,998,159.65	195	411,733.70	1,998,183.50
54	411,921.37	1,998,155.04	125	411,744.14	1,998,157.16	196	411,741.22	1,998,180.22
55	411,962.42	1,998,150.02	126	411,733.65	1,998,138.97	197	411,748.99	1,998,177.58
56	411,963.29	1,998,149.99	127	411,729.03	1,998,141.64	198	411,756.95	1,998,175.58
57	411,964.15	1,998,150.11	128	411,728.71	1,998,141.79	199	411,765.05	1,998,174.24
58	411,964.98	1,998,150.38	129	411,728.37	1,998,141.88	200	411,840.54	1,998,164.93
59	411,965.75	1,998,150.79	130	411,728.03	1,998,141.91	201	411,841.32	1,998,164.89
60	411,966.44	1,998,151.33	131	411,727.68	1,998,141.88	202	411,842.10	1,998,164.98
61	411,967.02	1,998,151.97	132	411,727.34	1,998,141.79	203	411,842.86	1,998,165.19
62	411,967.48	1,998,152.71	133	411,727.03	1,998,141.64	204	411,843.57	1,998,165.51
63	411,967.81	1,998,153.52	134	411,726.74	1,998,141.44	205	411,844.23	1,998,165.95
64	411,967.99	1,998,154.37	135	411,726.50	1,998,141.20	206	411,844.81	1,998,166.48
65	411,970.09	1,998,171.46	136	411,725.07	1,998,139.75	207	411,845.30	1,998,167.09
66	411,970.91	1,998,175.45	137	411,723.44	1,998,138.54	208	411,845.68	1,998,167.78
67	411,972.37	1,998,179.25	138	411,721.64	1,998,137.60	209	411,845.96	1,998,168.51
68	411,974.43	1,998,182.77	139	411,719.72	1,998,136.96	210	411,846.11	1,998,169.28

69	411,977.04	1,998,185.90	140	411,717.71	1,998,136.62	211	411,851.33	1,998,211.96
70	411,979.12	1,998,188.41	141	411,715.68	1,998,136.59			
71	411,980.77	1,998,191.22	142	411,713.68	1,998,136.89			
Coordenadas Vialidades polígono 9								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	412,018.08	1,998,246.75	98	412,268.89	1,998,206.21	195	412,134.55	1,998,226.50
2	412,021.19	1,998,246.33	99	412,270.59	1,998,204.90	196	412,134.13	1,998,225.79
3	412,024.28	1,998,245.92	100	412,272.27	1,998,203.57	197	412,133.84	1,998,225.03
4	412,027.28	1,998,245.51	101	412,273.97	1,998,202.20	198	412,133.68	1,998,224.22
5	412,030.16	1,998,245.11	102	412,275.68	1,998,200.78	199	412,128.28	1,998,179.25
6	412,032.89	1,998,244.72	103	412,277.39	1,998,199.34	200	412,118.35	1,998,180.45
7	412,035.47	1,998,244.34	104	412,279.07	1,998,197.90	201	412,123.49	1,998,223.29
8	412,037.93	1,998,243.98	105	412,280.70	1,998,196.48	202	412,123.52	1,998,224.13
9	412,040.28	1,998,243.62	106	412,282.25	1,998,195.10	203	412,123.41	1,998,224.97
10	412,042.55	1,998,243.27	107	412,283.71	1,998,193.79	204	412,123.15	1,998,225.77
11	412,044.76	1,998,242.92	108	412,285.04	1,998,192.57	205	412,122.77	1,998,226.53
12	412,046.92	1,998,242.57	109	412,286.23	1,998,191.45	206	412,122.26	1,998,227.20
13	412,049.07	1,998,242.23	110	412,287.25	1,998,190.46	207	412,121.65	1,998,227.79
14	412,051.22	1,998,241.89	111	412,288.16	1,998,189.56	208	412,120.95	1,998,228.26
15	412,053.38	1,998,241.55	112	412,288.99	1,998,188.69	209	412,120.18	1,998,228.60
16	412,055.59	1,998,241.22	113	412,302.60	1,998,176.31	210	412,119.36	1,998,228.81
17	412,057.85	1,998,240.90	114	412,289.52	1,998,162.59	211	412,118.52	1,998,228.88
18	412,060.20	1,998,240.59	115	412,287.55	1,998,144.90	212	412,116.55	1,998,228.88
19	412,062.64	1,998,240.30	116	412,274.31	1,998,146.37	213	412,113.93	1,998,228.86
20	412,065.21	1,998,240.03	117	412,277.06	1,998,168.96	214	412,111.32	1,998,228.84
21	412,067.91	1,998,239.78	118	412,252.74	1,998,171.92	215	412,108.72	1,998,228.81
22	412,070.76	1,998,239.56	119	412,249.99	1,998,149.34	216	412,106.10	1,998,228.78
23	412,073.74	1,998,239.37	120	412,239.09	1,998,150.68	217	412,103.45	1,998,228.75
24	412,076.81	1,998,239.20	121	412,245.87	1,998,205.87	218	412,100.74	1,998,228.73
25	412,079.94	1,998,239.06	122	412,245.90	1,998,206.72	219	412,097.97	1,998,228.72
26	412,083.09	1,998,238.95	123	412,245.79	1,998,207.57	220	412,095.11	1,998,228.72
27	412,086.23	1,998,238.86	124	412,245.54	1,998,208.38	221	412,092.14	1,998,228.75
28	412,089.32	1,998,238.79	125	412,245.15	1,998,209.14	222	412,089.06	1,998,228.79
29	412,092.33	1,998,238.75	126	412,244.64	1,998,209.82	223	412,085.88	1,998,228.86
30	412,095.24	1,998,238.72	127	412,244.02	1,998,210.40	224	412,082.66	1,998,228.96
31	412,098.06	1,998,238.72	128	412,243.31	1,998,210.87	225	412,079.41	1,998,229.08
32	412,100.79	1,998,238.73	129	412,242.63	1,998,211.24	226	412,076.19	1,998,229.22
33	412,103.47	1,998,238.75	130	412,240.64	1,998,212.28	227	412,073.02	1,998,229.40
34	412,106.10	1,998,238.78	131	412,238.68	1,998,213.25	228	412,069.94	1,998,229.60
35	412,108.71	1,998,238.81	132	412,236.77	1,998,214.14	229	412,066.99	1,998,229.82
36	412,111.31	1,998,238.84	133	412,234.88	1,998,214.96	230	412,064.19	1,998,230.08
37	412,113.92	1,998,238.86	134	412,233.02	1,998,215.72	231	412,061.54	1,998,230.36
38	412,116.56	1,998,238.88	135	412,231.16	1,998,216.43	232	412,059.02	1,998,230.66
39	412,119.22	1,998,238.88	136	412,229.30	1,998,217.10	233	412,056.60	1,998,230.97
40	412,121.90	1,998,238.88	137	412,227.41	1,998,217.74	234	412,054.27	1,998,231.30
41	412,124.60	1,998,238.86	138	412,225.49	1,998,218.36	235	412,052.01	1,998,231.64

42	412,127.31	1,998,238.84	139	412,223.52	1,998,218.98	236	412,051.15	1,998,231.78
43	412,130.02	1,998,238.81	140	412,221.49	1,998,219.60	237	412,050.35	1,998,231.84
44	412,132.74	1,998,238.76	141	412,219.40	1,998,220.21	238	412,049.55	1,998,231.77
45	412,135.46	1,998,238.71	142	412,217.25	1,998,220.83	239	412,048.77	1,998,231.57
46	412,138.18	1,998,238.64	143	412,215.05	1,998,221.43	240	412,048.04	1,998,231.26
47	412,140.91	1,998,238.57	144	412,212.81	1,998,222.01	241	412,047.36	1,998,230.82
48	412,143.67	1,998,238.49	145	412,210.52	1,998,222.58	242	412,046.76	1,998,230.29
49	412,146.47	1,998,238.40	146	412,208.19	1,998,223.13	243	412,046.25	1,998,229.67
50	412,149.34	1,998,238.31	147	412,205.83	1,998,223.64	244	412,045.86	1,998,228.97
51	412,152.28	1,998,238.20	148	412,203.43	1,998,224.13	245	412,045.57	1,998,228.22
52	412,155.32	1,998,238.09	149	412,200.98	1,998,224.58	246	412,045.41	1,998,227.43
53	412,158.48	1,998,237.98	150	412,198.48	1,998,225.00	247	412,039.97	1,998,181.99
54	412,161.76	1,998,237.86	151	412,195.89	1,998,225.39	248	412,030.01	1,998,183.18
55	412,165.13	1,998,237.73	152	412,193.23	1,998,225.75	249	412,030.02	1,998,183.57
56	412,168.57	1,998,237.59	153	412,190.45	1,998,226.07	250	412,029.93	1,998,184.35
57	412,172.04	1,998,237.43	154	412,187.56	1,998,226.37	251	412,029.72	1,998,185.11
58	412,175.51	1,998,237.26	155	412,185.18	1,998,226.58	252	412,029.39	1,998,185.82
59	412,178.94	1,998,237.06	156	412,184.32	1,998,226.59	253	412,028.96	1,998,186.47
60	412,182.30	1,998,236.84	157	412,183.47	1,998,226.44	254	412,028.43	1,998,187.05
61	412,185.56	1,998,236.59	158	412,182.67	1,998,226.16	255	412,027.81	1,998,187.53
62	412,188.70	1,998,236.31	159	412,181.92	1,998,225.73	256	412,027.13	1,998,187.92
63	412,191.71	1,998,235.99	160	412,181.25	1,998,225.19	257	412,026.39	1,998,188.19
64	412,194.60	1,998,235.65	161	412,180.69	1,998,224.55	258	412,025.62	1,998,188.35
65	412,197.40	1,998,235.27	162	412,180.25	1,998,223.81	259	412,010.23	1,998,190.19
66	412,200.12	1,998,234.86	163	412,179.94	1,998,223.01	260	412,010.55	1,998,192.76
67	412,202.76	1,998,234.42	164	412,179.77	1,998,222.17	261	412,010.86	1,998,195.34
68	412,205.34	1,998,233.94	165	412,175.21	1,998,182.26	262	412,026.22	1,998,193.46
69	412,207.87	1,998,233.43	166	412,174.88	1,998,176.74	263	412,027.01	1,998,193.42
70	412,210.36	1,998,232.89	167	412,175.03	1,998,173.97	264	412,027.79	1,998,193.51
71	412,212.81	1,998,232.31	168	412,165.31	1,998,175.02	265	412,028.55	1,998,193.72
72	412,215.22	1,998,231.72	169	412,170.70	1,998,222.12	266	412,029.26	1,998,194.05
73	412,217.59	1,998,231.10	170	412,170.73	1,998,222.94	267	412,029.91	1,998,194.48
74	412,219.91	1,998,230.46	171	412,170.62	1,998,223.76	268	412,030.49	1,998,195.02
75	412,222.18	1,998,229.81	172	412,170.38	1,998,224.54	269	412,030.98	1,998,195.63
76	412,224.39	1,998,229.16	173	412,170.02	1,998,225.28	270	412,031.37	1,998,196.32
77	412,226.55	1,998,228.50	174	412,169.53	1,998,225.94	271	412,031.64	1,998,197.05
78	412,228.66	1,998,227.84	175	412,168.95	1,998,226.52	272	412,031.79	1,998,197.82
79	412,230.72	1,998,227.17	176	412,168.28	1,998,226.99	273	412,035.57	1,998,229.30
80	412,232.76	1,998,226.48	177	412,167.54	1,998,227.35	274	412,035.59	1,998,230.16
81	412,234.77	1,998,225.76	178	412,166.75	1,998,227.58	275	412,035.48	1,998,231.01
82	412,236.78	1,998,224.99	179	412,165.94	1,998,227.69	276	412,035.21	1,998,231.83
83	412,238.80	1,998,224.17	180	412,164.60	1,998,227.74	277	412,034.81	1,998,232.59
84	412,240.84	1,998,223.28	181	412,161.28	1,998,227.87	278	412,034.29	1,998,233.27
85	412,242.92	1,998,222.31	182	412,158.05	1,998,227.99	279	412,033.66	1,998,233.85
86	412,245.04	1,998,221.26	183	412,154.93	1,998,228.10	280	412,032.93	1,998,234.32
87	412,247.19	1,998,220.14	184	412,151.93	1,998,228.21	281	412,032.14	1,998,234.65

88	412,249.36	1,998,218.95	185	412,149.01	1,998,228.31	282	412,031.31	1,998,234.84
89	412,251.53	1,998,217.72	186	412,146.18	1,998,228.41	283	412,028.72	1,998,235.21
90	412,253.69	1,998,216.45	187	412,143.40	1,998,228.49	284	412,025.85	1,998,235.61
91	412,255.81	1,998,215.16	188	412,140.67	1,998,228.58	285	412,022.86	1,998,236.02
92	412,257.87	1,998,213.86	189	412,138.77	1,998,228.63	286	412,019.79	1,998,236.43
93	412,259.87	1,998,212.57	190	412,137.96	1,998,228.58	287	412,016.69	1,998,236.84
94	412,261.79	1,998,211.29	191	412,137.15	1,998,228.40	288	412,015.15	1,998,237.05
95	412,263.64	1,998,210.02	192	412,136.39	1,998,228.09	289	412,016.47	1,998,246.96
96	412,265.43	1,998,208.76	193	412,135.69	1,998,227.67			
97	412,267.18	1,998,207.49	194	412,135.07	1,998,227.13			

Coordenadas Vialidades polígono 10

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,640.05	1,998,255.73	33	411,555.57	1,998,219.89	65	411,616.19	1,998,229.34
2	411,639.44	1,998,240.74	34	411,556.44	1,998,252.62	66	411,616.28	1,998,229.20
3	411,634.32	1,998,240.95	35	411,568.44	1,998,252.30	67	411,616.39	1,998,229.07
4	411,633.99	1,998,240.93	36	411,567.70	1,998,224.57	68	411,616.53	1,998,228.97
5	411,633.67	1,998,240.87	37	411,567.74	1,998,223.78	69	411,616.68	1,998,228.89
6	411,633.36	1,998,240.75	38	411,567.91	1,998,223.02	70	411,616.84	1,998,228.84
7	411,633.08	1,998,240.58	39	411,568.19	1,998,222.28	71	411,617.00	1,998,228.81
8	411,632.83	1,998,240.37	40	411,568.58	1,998,221.60	72	411,617.17	1,998,228.82
9	411,632.61	1,998,240.12	41	411,569.07	1,998,220.99	73	411,617.34	1,998,228.85
10	411,632.45	1,998,239.84	42	411,569.66	1,998,220.47	74	411,617.50	1,998,228.91
11	411,632.32	1,998,239.53	43	411,570.31	1,998,220.04	75	411,617.64	1,998,228.99
12	411,632.25	1,998,239.21	44	411,571.03	1,998,219.72	76	411,617.77	1,998,229.10
13	411,631.21	1,998,234.19	45	411,571.79	1,998,219.52	77	411,617.88	1,998,229.23
14	411,629.45	1,998,229.37	46	411,572.57	1,998,219.44	78	411,620.00	1,998,232.78
15	411,627.00	1,998,224.87	47	411,596.89	1,998,218.79	79	411,620.65	1,998,234.21
16	411,623.92	1,998,220.77	48	411,600.73	1,998,218.98	80	411,621.64	1,998,237.07
17	411,620.28	1,998,217.16	49	411,604.50	1,998,219.76	81	411,622.27	1,998,240.04
18	411,616.15	1,998,214.13	50	411,608.10	1,998,221.11	82	411,622.54	1,998,243.06
19	411,611.61	1,998,211.73	51	411,608.80	1,998,221.51	83	411,622.60	1,998,244.92
20	411,606.78	1,998,210.02	52	411,609.42	1,998,222.01	84	411,622.58	1,998,245.31
21	411,601.75	1,998,209.03	53	411,609.95	1,998,222.60	85	411,622.51	1,998,245.70
22	411,596.62	1,998,208.79	54	411,610.39	1,998,223.26	86	411,622.37	1,998,246.07
23	411,565.30	1,998,209.63	55	411,610.71	1,998,223.99	87	411,622.18	1,998,246.41
24	411,563.74	1,998,209.79	56	411,610.91	1,998,224.76	88	411,621.94	1,998,246.72
25	411,562.23	1,998,210.20	57	411,610.99	1,998,225.56	89	411,621.65	1,998,246.98
26	411,560.80	1,998,210.84	58	411,611.18	1,998,236.02	90	411,621.32	1,998,247.20
27	411,559.48	1,998,211.69	59	411,614.33	1,998,235.97	91	411,620.97	1,998,247.37
28	411,558.31	1,998,212.74	60	411,616.18	1,998,235.93	92	411,620.59	1,998,247.47
29	411,557.33	1,998,213.96	61	411,616.16	1,998,234.83	93	411,620.20	1,998,247.52
30	411,556.54	1,998,215.32	62	411,616.07	1,998,229.83	94	411,615.70	1,998,247.70
31	411,555.98	1,998,216.79	63	411,616.08	1,998,229.66	95	411,616.07	1,998,256.69
32	411,555.66	1,998,218.32	64	411,616.12	1,998,229.50			

Coordenadas Vialidades polígono 11

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y

1	411,772.32	1,998,276.73	117	411,996.64	1,998,249.62	233	411,922.22	1,998,202.58
2	411,775.47	1,998,276.61	118	411,998.80	1,998,249.33	234	411,917.17	1,998,203.20
3	411,778.59	1,998,276.43	119	412,001.10	1,998,249.02	235	411,917.54	1,998,206.18
4	411,781.66	1,998,276.22	120	412,003.56	1,998,248.69	236	411,917.67	1,998,207.25
5	411,784.66	1,998,275.97	121	412,006.18	1,998,248.33	237	411,917.74	1,998,207.83
6	411,787.57	1,998,275.70	122	412,008.98	1,998,247.95	238	411,917.87	1,998,208.90
7	411,790.36	1,998,275.41	123	412,011.93	1,998,247.56	239	411,921.22	1,998,236.15
8	411,793.02	1,998,275.10	124	412,014.98	1,998,247.16	240	411,921.25	1,998,237.02
9	411,795.51	1,998,274.79	125	412,016.47	1,998,246.96	241	411,921.13	1,998,237.88
10	411,797.83	1,998,274.47	126	412,015.15	1,998,237.05	242	411,920.86	1,998,238.71
11	411,800.00	1,998,274.15	127	412,013.61	1,998,237.25	243	411,920.45	1,998,239.48
12	411,802.03	1,998,273.82	128	412,010.59	1,998,237.65	244	411,919.92	1,998,240.17
13	411,803.96	1,998,273.50	129	412,007.68	1,998,238.04	245	411,919.27	1,998,240.75
14	411,805.81	1,998,273.17	130	412,004.91	1,998,238.41	246	411,918.53	1,998,241.21
15	411,807.60	1,998,272.84	131	412,002.34	1,998,238.76	247	411,917.73	1,998,241.54
16	411,809.36	1,998,272.50	132	411,999.95	1,998,239.09	248	411,916.88	1,998,241.72
17	411,811.12	1,998,272.16	133	411,997.71	1,998,239.39	249	411,915.36	1,998,241.91
18	411,812.89	1,998,271.82	134	411,996.38	1,998,239.56	250	411,913.76	1,998,242.12
19	411,814.69	1,998,271.47	135	411,995.59	1,998,239.61	251	411,912.16	1,998,242.34
20	411,816.51	1,998,271.13	136	411,994.80	1,998,239.52	252	411,910.56	1,998,242.57
21	411,818.36	1,998,270.78	137	411,994.04	1,998,239.32	253	411,908.95	1,998,242.81
22	411,820.23	1,998,270.43	138	411,993.32	1,998,238.99	254	411,907.34	1,998,243.05
23	411,822.13	1,998,270.08	139	411,992.66	1,998,238.56	255	411,905.71	1,998,243.32
24	411,824.06	1,998,269.74	140	411,992.08	1,998,238.03	256	411,904.07	1,998,243.60
25	411,826.02	1,998,269.39	141	411,991.59	1,998,237.41	257	411,902.41	1,998,243.90
26	411,828.01	1,998,269.05	142	411,991.20	1,998,236.73	258	411,900.72	1,998,244.23
27	411,830.03	1,998,268.72	143	411,990.92	1,998,235.99	259	411,899.01	1,998,244.59
28	411,832.08	1,998,268.38	144	411,990.76	1,998,235.22	260	411,897.26	1,998,244.98
29	411,834.13	1,998,268.06	145	411,988.41	1,998,216.04	261	411,895.49	1,998,245.40
30	411,836.20	1,998,267.73	146	411,987.63	1,998,209.72	262	411,893.69	1,998,245.84
31	411,838.26	1,998,267.41	147	411,986.87	1,998,203.53	263	411,891.87	1,998,246.29
32	411,840.33	1,998,267.09	148	411,986.84	1,998,203.31	264	411,890.04	1,998,246.76
33	411,842.38	1,998,266.77	149	411,986.81	1,998,202.53	265	411,888.18	1,998,247.24
34	411,844.42	1,998,266.46	150	411,986.90	1,998,201.75	266	411,886.32	1,998,247.72
35	411,846.43	1,998,266.14	151	411,987.11	1,998,200.99	267	411,884.44	1,998,248.20
36	411,848.43	1,998,265.83	152	411,987.43	1,998,200.28	268	411,880.68	1,998,249.15
37	411,850.40	1,998,265.53	153	411,987.87	1,998,199.63	269	411,869.10	1,998,252.01
38	411,852.34	1,998,265.22	154	411,988.40	1,998,199.05	270	411,868.27	1,998,252.14
39	411,854.24	1,998,264.91	155	411,989.01	1,998,198.56	271	411,867.43	1,998,252.13
40	411,856.11	1,998,264.60	156	411,989.69	1,998,198.17	272	411,866.60	1,998,251.98
41	411,857.94	1,998,264.28	157	411,990.43	1,998,197.90	273	411,865.80	1,998,251.69
42	411,859.72	1,998,263.97	158	411,991.20	1,998,197.74	274	411,865.07	1,998,251.28
43	411,861.48	1,998,263.65	159	412,010.86	1,998,195.34	275	411,864.42	1,998,250.74
44	411,863.20	1,998,263.32	160	412,010.55	1,998,192.76	276	411,863.87	1,998,250.10
45	411,864.92	1,998,262.98	161	411,982.42	1,998,196.61	277	411,863.43	1,998,249.38
46	411,866.63	1,998,262.64	162	411,982.60	1,998,197.46	278	411,863.12	1,998,248.60

47	411,868.36	1,998,262.28	163	411,987.23	1,998,235.16	279	411,862.94	1,998,247.77
48	411,870.10	1,998,261.90	164	411,987.26	1,998,236.00	280	411,859.58	1,998,220.73
49	411,871.86	1,998,261.52	165	411,987.15	1,998,236.84	281	411,859.33	1,998,218.75
50	411,873.67	1,998,261.11	166	411,986.90	1,998,237.64	282	411,859.18	1,998,217.53
51	411,875.50	1,998,260.69	167	411,986.52	1,998,238.39	283	411,852.12	1,998,218.41
52	411,877.37	1,998,260.25	168	411,986.02	1,998,239.07	284	411,852.27	1,998,219.61
53	411,879.24	1,998,259.80	169	411,985.42	1,998,239.65	285	411,852.51	1,998,221.60
54	411,881.13	1,998,259.34	170	411,984.72	1,998,240.12	286	411,855.94	1,998,249.64
55	411,883.03	1,998,258.87	171	411,983.96	1,998,240.47	287	411,855.97	1,998,250.49
56	411,884.92	1,998,258.40	172	411,983.14	1,998,240.69	288	411,855.86	1,998,251.33
57	411,886.80	1,998,257.92	173	411,982.31	1,998,240.77	289	411,855.60	1,998,252.14
58	411,888.66	1,998,257.44	174	411,978.34	1,998,240.80	290	411,855.21	1,998,252.90
59	411,890.51	1,998,256.97	175	411,976.61	1,998,240.81	291	411,854.70	1,998,253.58
60	411,892.33	1,998,256.50	176	411,974.81	1,998,240.82	292	411,854.08	1,998,254.17
61	411,894.13	1,998,256.04	177	411,972.93	1,998,240.83	293	411,853.37	1,998,254.63
62	411,895.90	1,998,255.59	178	411,970.98	1,998,240.85	294	411,852.59	1,998,254.98
63	411,897.64	1,998,255.17	179	411,968.97	1,998,240.86	295	411,851.76	1,998,255.18
64	411,899.35	1,998,254.77	180	411,966.90	1,998,240.87	296	411,848.76	1,998,255.66
65	411,901.03	1,998,254.39	181	411,964.79	1,998,240.88	297	411,846.81	1,998,255.97
66	411,902.67	1,998,254.05	182	411,962.63	1,998,240.89	298	411,844.83	1,998,256.27
67	411,904.29	1,998,253.73	183	411,960.44	1,998,240.88	299	411,842.82	1,998,256.58
68	411,905.87	1,998,253.44	184	411,958.23	1,998,240.87	300	411,840.79	1,998,256.90
69	411,907.43	1,998,253.17	185	411,956.00	1,998,240.85	301	411,838.73	1,998,257.21
70	411,908.98	1,998,252.92	186	411,953.76	1,998,240.81	302	411,836.66	1,998,257.53
71	411,910.51	1,998,252.68	187	411,951.53	1,998,240.77	303	411,834.59	1,998,257.86
72	411,912.03	1,998,252.46	188	411,949.30	1,998,240.73	304	411,832.50	1,998,258.19
73	411,913.54	1,998,252.25	189	411,947.08	1,998,240.69	305	411,830.43	1,998,258.52
74	411,915.05	1,998,252.04	190	411,944.90	1,998,240.65	306	411,828.37	1,998,258.86
75	411,916.57	1,998,251.84	191	411,942.74	1,998,240.61	307	411,826.32	1,998,259.20
76	411,918.09	1,998,251.65	192	411,940.62	1,998,240.59	308	411,824.31	1,998,259.54
77	411,919.63	1,998,251.47	193	411,938.56	1,998,240.57	309	411,822.32	1,998,259.89
78	411,921.19	1,998,251.30	194	411,936.54	1,998,240.57	310	411,820.38	1,998,260.25
79	411,922.77	1,998,251.15	195	411,934.56	1,998,240.59	311	411,818.49	1,998,260.62
80	411,924.37	1,998,251.01	196	411,931.40	1,998,240.64	312	411,816.65	1,998,261.00
81	411,926.01	1,998,250.90	197	411,930.59	1,998,240.59	313	411,814.87	1,998,261.41
82	411,927.68	1,998,250.80	198	411,929.79	1,998,240.40	314	411,813.17	1,998,261.85
83	411,929.40	1,998,250.72	199	411,929.04	1,998,240.09	315	411,811.55	1,998,262.31
84	411,931.15	1,998,250.66	200	411,928.35	1,998,239.67	316	411,810.01	1,998,262.81
85	411,932.96	1,998,250.61	201	411,927.74	1,998,239.13	317	411,808.56	1,998,263.35
86	411,934.81	1,998,250.59	202	411,927.22	1,998,238.51	318	411,807.15	1,998,263.92
87	411,936.71	1,998,250.57	203	411,926.81	1,998,237.80	319	411,805.73	1,998,264.51
88	411,938.67	1,998,250.57	204	411,926.52	1,998,237.05	320	411,804.26	1,998,265.11
89	411,940.68	1,998,250.59	205	411,926.36	1,998,236.25	321	411,802.67	1,998,265.70
90	411,942.75	1,998,250.61	206	411,926.12	1,998,234.33	322	411,800.93	1,998,266.29
91	411,944.88	1,998,250.65	207	411,926.11	1,998,233.90	323	411,798.97	1,998,266.86
92	411,947.04	1,998,250.69	208	411,926.17	1,998,233.47	324	411,796.75	1,998,267.39

93	411,949.24	1,998,250.73	209	411,926.30	1,998,233.05	325	411,794.23	1,998,267.88
94	411,951.46	1,998,250.77	210	411,926.51	1,998,232.67	326	411,791.45	1,998,268.33
95	411,953.69	1,998,250.81	211	411,926.77	1,998,232.32	327	411,788.46	1,998,268.74
96	411,955.93	1,998,250.85	212	411,927.10	1,998,232.03	328	411,785.31	1,998,269.10
97	411,958.17	1,998,250.87	213	411,927.47	1,998,231.80	329	411,782.04	1,998,269.41
98	411,960.39	1,998,250.89	214	411,927.87	1,998,231.64	330	411,778.71	1,998,269.67
99	411,962.59	1,998,250.89	215	411,928.30	1,998,231.55	331	411,775.38	1,998,269.87
100	411,964.76	1,998,250.89	216	411,932.92	1,998,230.98	332	411,772.08	1,998,270.03
101	411,966.89	1,998,250.88	217	411,931.45	1,998,219.07	333	411,766.67	1,998,270.16
102	411,968.99	1,998,250.86	218	411,927.33	1,998,219.58	334	411,762.92	1,998,269.97
103	411,971.03	1,998,250.85	219	411,926.86	1,998,219.60	335	411,755.02	1,998,269.80
104	411,973.01	1,998,250.83	220	411,926.39	1,998,219.54	336	411,746.65	1,998,269.17
105	411,974.94	1,998,250.82	221	411,925.94	1,998,219.42	337	411,735.32	1,998,266.91
106	411,976.79	1,998,250.81	222	411,925.51	1,998,219.22	338	411,726.61	1,998,264.83
107	411,978.58	1,998,250.80	223	411,925.12	1,998,218.96	339	411,718.82	1,998,263.74
108	411,980.34	1,998,250.79	224	411,924.77	1,998,218.64	340	411,708.49	1,998,263.74
109	411,982.06	1,998,250.76	225	411,924.48	1,998,218.27	341	411,702.25	1,998,262.93
110	411,983.77	1,998,250.72	226	411,924.24	1,998,217.86	342	411,700.68	1,998,270.26
111	411,985.49	1,998,250.66	227	411,924.08	1,998,217.42	343	411,717.28	1,998,273.83
112	411,987.21	1,998,250.57	228	411,923.99	1,998,216.96	344	411,729.51	1,998,274.85
113	411,988.97	1,998,250.45	229	411,922.92	1,998,208.28	345	411,746.19	1,998,276.17
114	411,990.78	1,998,250.29	230	411,922.79	1,998,207.21	346	411,758.12	1,998,276.66
115	411,992.65	1,998,250.10	231	411,922.72	1,998,206.63	347	411,766.03	1,998,276.85
116	411,994.59	1,998,249.87	232	411,922.59	1,998,205.56			

Coordenadas Vialidades polígono 12

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,595.32	1,998,308.20	70	411,675.26	1,998,159.86	139	411,622.63	1,998,265.82
2	411,608.93	1,998,306.67	71	411,673.98	1,998,161.73	140	411,622.88	1,998,266.02
3	411,614.29	1,998,305.83	72	411,673.05	1,998,163.80	141	411,623.10	1,998,266.26
4	411,619.55	1,998,304.50	73	411,672.49	1,998,165.99	142	411,623.27	1,998,266.52
5	411,624.66	1,998,302.70	74	411,672.32	1,998,168.25	143	411,623.40	1,998,266.81
6	411,627.08	1,998,301.96	75	411,672.54	1,998,170.51	144	411,623.48	1,998,267.11
7	411,635.01	1,998,298.46	76	411,673.15	1,998,172.69	145	411,623.52	1,998,267.43
8	411,642.31	1,998,294.33	77	411,674.13	1,998,174.73	146	411,623.54	1,998,268.52
9	411,650.04	1,998,289.46	78	411,685.60	1,998,194.06	147	411,623.53	1,998,268.84
10	411,654.70	1,998,285.97	79	411,685.95	1,998,194.77	148	411,623.46	1,998,269.14
11	411,657.95	1,998,283.79	80	411,686.18	1,998,195.52	149	411,623.35	1,998,269.44
12	411,659.02	1,998,282.64	81	411,686.29	1,998,196.30	150	411,623.19	1,998,269.71
13	411,661.72	1,998,280.54	82	411,686.28	1,998,197.08	151	411,622.99	1,998,269.95
14	411,666.46	1,998,276.99	83	411,686.15	1,998,197.86	152	411,622.76	1,998,270.16
15	411,674.86	1,998,268.30	84	411,685.89	1,998,198.60	153	411,622.50	1,998,270.33
16	411,676.04	1,998,267.25	85	411,685.53	1,998,199.29	154	411,622.21	1,998,270.46
17	411,677.37	1,998,266.41	86	411,685.05	1,998,199.92	155	411,621.91	1,998,270.54
18	411,678.82	1,998,265.78	87	411,684.49	1,998,200.47	156	411,621.59	1,998,270.58
19	411,680.35	1,998,265.39	88	411,683.85	1,998,200.92	157	411,604.77	1,998,270.99
20	411,681.93	1,998,265.25	89	411,679.00	1,998,203.79	158	411,604.96	1,998,278.34

21	411,683.50	1,998,265.35	90	411,677.28	1,998,204.81	159	411,619.97	1,998,277.88
22	411,685.04	1,998,265.70	91	411,676.35	1,998,205.36	160	411,620.30	1,998,277.90
23	411,697.09	1,998,269.48	92	411,674.73	1,998,206.08	161	411,620.62	1,998,277.97
24	411,700.68	1,998,270.26	93	411,673.01	1,998,206.53	162	411,620.92	1,998,278.09
25	411,702.25	1,998,262.93	94	411,671.24	1,998,206.68	163	411,621.20	1,998,278.26
26	411,694.23	1,998,260.49	95	411,669.47	1,998,206.54	164	411,621.45	1,998,278.47
27	411,687.76	1,998,257.67	96	411,667.75	1,998,206.10	165	411,621.66	1,998,278.73
28	411,684.18	1,998,254.61	97	411,666.12	1,998,205.39	166	411,621.83	1,998,279.01
29	411,680.32	1,998,250.17	98	411,664.64	1,998,204.42	167	411,621.95	1,998,279.32
30	411,675.87	1,998,242.33	99	411,663.33	1,998,203.21	168	411,622.02	1,998,279.64
31	411,671.20	1,998,232.44	100	411,662.25	1,998,201.80	169	411,622.03	1,998,279.96
32	411,670.94	1,998,231.78	101	411,651.45	1,998,206.45	170	411,621.99	1,998,280.29
33	411,670.26	1,998,230.03	102	411,652.14	1,998,208.75	171	411,621.89	1,998,280.61
34	411,669.90	1,998,228.20	103	411,657.68	1,998,224.17	172	411,621.75	1,998,280.90
35	411,669.85	1,998,226.33	104	411,662.56	1,998,235.31	173	411,621.56	1,998,281.17
36	411,670.12	1,998,224.49	105	411,666.78	1,998,244.97	174	411,621.33	1,998,281.40
37	411,670.71	1,998,222.71	106	411,669.26	1,998,249.26	175	411,621.06	1,998,281.59
38	411,671.59	1,998,221.06	107	411,669.95	1,998,250.72	176	411,620.77	1,998,281.74
39	411,672.74	1,998,219.59	108	411,670.40	1,998,252.27	177	411,620.21	1,998,281.93
40	411,674.12	1,998,218.34	109	411,670.60	1,998,253.87	178	411,619.62	1,998,282.04
41	411,675.70	1,998,217.34	110	411,670.53	1,998,255.48	179	411,619.03	1,998,282.09
42	411,682.27	1,998,213.46	111	411,670.20	1,998,257.06	180	411,593.77	1,998,282.65
43	411,684.00	1,998,212.44	112	411,669.63	1,998,258.57	181	411,593.99	1,998,287.53
44	411,714.07	1,998,194.69	113	411,668.82	1,998,259.97	182	411,621.95	1,998,286.24
45	411,708.98	1,998,186.08	114	411,667.80	1,998,261.21	183	411,622.33	1,998,286.26
46	411,699.35	1,998,191.77	115	411,659.82	1,998,269.47	184	411,622.71	1,998,286.33
47	411,698.56	1,998,192.15	116	411,643.27	1,998,281.88	185	411,623.06	1,998,286.47
48	411,697.72	1,998,192.38	117	411,641.31	1,998,282.93	186	411,623.39	1,998,286.66
49	411,696.86	1,998,192.46	118	411,640.54	1,998,283.26	187	411,623.68	1,998,286.90
50	411,695.99	1,998,192.40	119	411,639.72	1,998,283.46	188	411,623.93	1,998,287.19
51	411,695.15	1,998,192.18	120	411,638.88	1,998,283.52	189	411,624.13	1,998,287.51
52	411,694.35	1,998,191.82	121	411,638.05	1,998,283.44	190	411,624.27	1,998,287.86
53	411,693.64	1,998,191.33	122	411,637.24	1,998,283.21	191	411,624.36	1,998,288.23
54	411,693.01	1,998,190.72	123	411,636.48	1,998,282.86	192	411,624.31	1,998,289.06
55	411,692.51	1,998,190.02	124	411,635.79	1,998,282.38	193	411,624.14	1,998,289.86
56	411,681.01	1,998,170.65	125	411,635.18	1,998,281.80	194	411,623.84	1,998,290.63
57	411,680.64	1,998,169.86	126	411,634.69	1,998,281.12	195	411,623.43	1,998,291.35
58	411,680.40	1,998,169.02	127	411,634.31	1,998,280.37	196	411,622.92	1,998,292.00
59	411,680.31	1,998,168.16	128	411,634.07	1,998,279.57	197	411,622.32	1,998,292.56
60	411,680.38	1,998,167.29	129	411,633.96	1,998,278.73	198	411,621.63	1,998,293.02
61	411,680.60	1,998,166.44	130	411,633.51	1,998,268.00	199	411,620.88	1,998,293.37
62	411,680.95	1,998,165.65	131	411,640.53	1,998,267.72	200	411,616.66	1,998,294.95
63	411,681.45	1,998,164.93	132	411,640.05	1,998,255.73	201	411,612.28	1,998,296.07
64	411,682.05	1,998,164.31	133	411,616.07	1,998,256.69	202	411,607.82	1,998,296.74
65	411,682.76	1,998,163.80	134	411,616.43	1,998,265.68	203	411,598.73	1,998,297.75
66	411,692.44	1,998,158.06	135	411,621.44	1,998,265.48	204	411,590.25	1,998,298.34

67	411,687.89	1,998,151.45	136	411,621.75	1,998,265.50	205	411,590.52	1,998,308.33
68	411,678.68	1,998,156.92	137	411,622.06	1,998,265.56			
69	411,676.84	1,998,158.24	138	411,622.36	1,998,265.67			
Coordenadas Vialidades polígono 13								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,568.19	1,998,308.89	19	411,565.68	1,998,285.54	37	411,593.77	1,998,282.65
2	411,580.66	1,998,308.59	20	411,565.94	1,998,285.12	38	411,579.22	1,998,282.98
3	411,590.52	1,998,308.33	21	411,566.26	1,998,284.75	39	411,577.48	1,998,282.86
4	411,590.25	1,998,298.34	22	411,566.64	1,998,284.43	40	411,575.79	1,998,282.45
5	411,576.04	1,998,298.72	23	411,567.06	1,998,284.18	41	411,574.20	1,998,281.75
6	411,570.66	1,998,298.84	24	411,567.52	1,998,284.01	42	411,572.76	1,998,280.79
7	411,569.79	1,998,298.79	25	411,568.00	1,998,283.91	43	411,571.50	1,998,279.59
8	411,568.95	1,998,298.58	26	411,568.50	1,998,283.89	44	411,570.46	1,998,278.19
9	411,568.15	1,998,298.24	27	411,568.99	1,998,283.95	45	411,569.69	1,998,276.64
10	411,567.43	1,998,297.75	28	411,569.46	1,998,284.10	46	411,569.20	1,998,274.97
11	411,566.80	1,998,297.16	29	411,569.90	1,998,284.31	47	411,569.00	1,998,273.24
12	411,566.28	1,998,296.46	30	411,570.30	1,998,284.60	48	411,568.44	1,998,252.30
13	411,565.89	1,998,295.68	31	411,572.12	1,998,285.92	49	411,556.44	1,998,252.62
14	411,565.65	1,998,294.84	32	411,574.11	1,998,286.95	50	411,557.55	1,998,294.10
15	411,565.55	1,998,293.98	33	411,576.23	1,998,287.68	51	411,557.51	1,998,294.89
16	411,565.36	1,998,286.97	34	411,578.44	1,998,288.08	52	411,557.68	1,998,309.12
17	411,565.39	1,998,286.48	35	411,580.69	1,998,288.14			
18	411,565.49	1,998,286.00	36	411,593.99	1,998,287.53			
Coordenadas Vialidades polígono 14								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,977.50	1,998,549.74	3	411,946.10	1,998,502.10	5	411,946.10	1,998,549.98
2	411,977.11	1,998,502.10	4	411,946.10	1,998,541.54			
Coordenadas Vialidades polígono 15								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,946.10	1,998,549.98	22	411,711.79	1,998,466.14	43	411,757.82	1,998,437.64
2	411,946.10	1,998,541.54	23	411,740.06	1,998,451.17	44	411,752.23	1,998,438.46
3	411,726.87	1,998,543.76	24	411,745.60	1,998,448.66	45	411,746.75	1,998,439.82
4	411,722.95	1,998,543.49	25	411,751.40	1,998,446.84	46	411,741.43	1,998,441.71
5	411,719.12	1,998,542.61	26	411,757.38	1,998,445.73	47	411,736.32	1,998,444.10
6	411,715.48	1,998,541.14	27	411,763.45	1,998,445.36	48	411,713.59	1,998,456.13
7	411,712.11	1,998,539.12	28	411,906.78	1,998,445.36	49	411,711.30	1,998,457.11
8	411,709.10	1,998,536.59	29	411,909.37	1,998,445.59	50	411,705.61	1,998,459.62
9	411,706.52	1,998,533.62	30	411,911.88	1,998,446.26	51	411,699.78	1,998,462.99
10	411,704.44	1,998,530.29	31	411,914.24	1,998,447.35	52	411,694.82	1,998,467.16
11	411,702.90	1,998,526.67	32	411,916.38	1,998,448.84	53	411,691.78	1,998,470.80
12	411,695.92	1,998,505.75	33	411,918.22	1,998,450.67	54	411,690.59	1,998,472.25
13	411,694.77	1,998,501.26	34	411,919.73	1,998,452.79	55	411,689.25	1,998,473.77
14	411,694.26	1,998,496.65	35	411,920.84	1,998,455.14	56	411,688.27	1,998,476.07
15	411,694.39	1,998,492.02	36	411,921.53	1,998,457.65	57	411,686.48	1,998,480.12
16	411,695.18	1,998,487.45	37	411,921.78	1,998,460.24	58	411,685.25	1,998,484.37
17	411,696.59	1,998,483.03	38	411,921.78	1,998,502.10	59	411,684.60	1,998,488.75

18	411,698.62	1,998,478.86	39	411,946.10	1,998,502.10	60	411,684.54	1,998,493.17
19	411,701.20	1,998,475.01	40	411,977.11	1,998,502.10	61	411,685.07	1,998,497.57
20	411,704.30	1,998,471.57	41	411,976.59	1,998,437.36	62	411,686.19	1,998,501.85
21	411,707.86	1,998,468.59	42	411,763.45	1,998,437.36	63	411,702.87	1,998,551.86

47. Áreas libres

Tabla 70. Vértices de polígonos de áreas libres.

Coordenadas Áreas libres polígono 1								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,833.30	1,997,882.90	16	411,825.64	1,997,856.36	31	411,795.42	1,997,866.93
2	411,836.89	1,997,874.66	17	411,822.06	1,997,855.67	32	411,795.41	1,997,868.55
3	411,838.72	1,997,870.47	18	411,805.41	1,997,852.49	33	411,795.66	1,997,870.15
4	411,840.79	1,997,865.71	19	411,804.57	1,997,852.40	34	411,796.16	1,997,871.69
5	411,841.06	1,997,864.89	20	411,803.73	1,997,852.46	35	411,796.91	1,997,873.13
6	411,841.19	1,997,864.04	21	411,802.91	1,997,852.65	36	411,797.87	1,997,874.42
7	411,841.18	1,997,863.18	22	411,802.14	1,997,852.98	37	411,799.04	1,997,875.55
8	411,841.01	1,997,862.34	23	411,801.43	1,997,853.43	38	411,799.51	1,997,875.88
9	411,840.71	1,997,861.54	24	411,800.81	1,997,854.00	39	411,800.37	1,997,876.47
10	411,840.27	1,997,860.80	25	411,800.29	1,997,854.66	40	411,801.83	1,997,877.17
11	411,839.71	1,997,860.14	26	411,799.89	1,997,855.40	41	411,801.83	1,997,877.16
12	411,839.04	1,997,859.60	27	411,798.73	1,997,858.06	42	411,802.77	1,997,875.01
13	411,838.30	1,997,859.17	28	411,796.21	1,997,863.80	43	411,824.35	1,997,884.40
14	411,837.49	1,997,858.88	29	411,795.77	1,997,865.08	44	411,831.33	1,997,887.44
15	411,830.59	1,997,857.31	30	411,795.69	1,997,865.33			
Coordenadas Áreas libres polígono 2								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,854.85	1,997,865.36	16	411,839.35	1,997,893.49	31	411,856.11	1,997,881.22
2	411,853.12	1,997,865.10	17	411,839.55	1,997,893.57	32	411,858.42	1,997,875.90
3	411,851.38	1,997,865.15	18	411,840.86	1,997,894.09	33	411,859.77	1,997,872.77
4	411,849.68	1,997,865.50	19	411,842.44	1,997,894.43	34	411,860.05	1,997,871.95
5	411,848.06	1,997,866.13	20	411,844.05	1,997,894.52	35	411,860.17	1,997,871.09
6	411,846.57	1,997,867.05	21	411,845.66	1,997,894.35	36	411,860.15	1,997,870.21
7	411,845.27	1,997,868.20	22	411,847.22	1,997,893.91	37	411,859.98	1,997,869.36
8	411,844.19	1,997,869.56	23	411,848.69	1,997,893.23	38	411,859.66	1,997,868.55
9	411,843.35	1,997,871.09	24	411,850.03	1,997,892.33	39	411,859.20	1,997,867.81
10	411,842.84	1,997,872.26	25	411,851.21	1,997,891.22	40	411,858.62	1,997,867.15
11	411,840.84	1,997,876.86	26	411,851.29	1,997,891.11	41	411,857.94	1,997,866.61
12	411,838.44	1,997,882.37	27	411,852.19	1,997,889.93	42	411,857.17	1,997,866.20
13	411,836.27	1,997,887.36	28	411,852.96	1,997,888.50	43	411,856.50	1,997,865.91
14	411,835.46	1,997,889.23	29	411,854.43	1,997,885.11			
15	411,840.29	1,997,891.34	30	411,855.63	1,997,882.33			
Coordenadas Áreas libres polígono 3								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**

1	411,810.88	1,997,932.95	63	411,661.95	1,997,836.08	125	411,567.71	1,997,874.20
2	411,811.48	1,997,932.40	64	411,633.02	1,997,832.22	126	411,567.80	1,997,873.47
3	411,811.97	1,997,931.75	65	411,627.61	1,997,830.85	127	411,571.26	1,997,846.33
4	411,812.35	1,997,931.04	66	411,622.34	1,997,829.01	128	411,571.85	1,997,841.70
5	411,813.49	1,997,928.42	67	411,617.25	1,997,826.72	129	411,569.58	1,997,841.41
6	411,815.34	1,997,924.18	68	411,613.53	1,997,825.08	130	411,571.22	1,997,828.51
7	411,812.95	1,997,923.15	69	411,609.64	1,997,823.90	131	411,603.23	1,997,832.59
8	411,811.80	1,997,922.64	70	411,605.63	1,997,823.19	132	411,612.40	1,997,833.76
9	411,807.50	1,997,932.51	71	411,601.57	1,997,822.96	133	411,621.81	1,997,834.96
10	411,806.52	1,997,932.08	72	411,601.42	1,997,822.96	134	411,620.17	1,997,847.86
11	411,800.95	1,997,929.66	73	411,591.46	1,997,822.91	135	411,620.14	1,997,848.07
12	411,797.25	1,997,928.05	74	411,571.27	1,997,822.81	136	411,619.97	1,997,849.43
13	411,782.24	1,997,921.52	75	411,567.24	1,997,823.12	137	411,621.05	1,997,849.56
14	411,783.25	1,997,919.19	76	411,563.30	1,997,824.08	138	411,687.50	1,997,857.19
15	411,786.54	1,997,911.65	77	411,559.57	1,997,825.66	139	411,690.06	1,997,856.96
16	411,786.78	1,997,911.75	78	411,556.15	1,997,827.82	140	411,714.84	1,997,860.28
17	411,797.53	1,997,887.06	79	411,553.12	1,997,830.50	141	411,714.71	1,997,860.17
18	411,795.58	1,997,886.01	80	411,550.56	1,997,833.64	142	411,714.61	1,997,860.05
19	411,793.49	1,997,885.30	81	411,548.54	1,997,837.16	143	411,714.52	1,997,859.90
20	411,791.31	1,997,884.96	82	411,547.12	1,997,840.95	144	411,714.46	1,997,859.75
21	411,789.10	1,997,884.97	83	411,546.32	1,997,844.92	145	411,714.42	1,997,859.59
22	411,786.92	1,997,885.36	84	411,543.01	1,997,873.36	146	411,714.42	1,997,859.43
23	411,784.84	1,997,886.10	85	411,542.87	1,997,874.84	147	411,714.43	1,997,859.26
24	411,782.91	1,997,887.17	86	411,542.85	1,997,875.13	148	411,714.48	1,997,859.10
25	411,781.19	1,997,888.55	87	411,542.81	1,997,875.59	149	411,714.55	1,997,858.95
26	411,779.72	1,997,890.20	88	411,542.99	1,997,877.82	150	411,714.65	1,997,858.82
27	411,771.65	1,997,886.47	89	411,543.55	1,997,880.00	151	411,714.76	1,997,858.70
28	411,772.72	1,997,883.47	90	411,544.47	1,997,882.04	152	411,714.90	1,997,858.60
29	411,773.34	1,997,880.35	91	411,545.72	1,997,883.89	153	411,715.04	1,997,858.53
30	411,773.51	1,997,877.16	92	411,547.28	1,997,885.51	154	411,715.20	1,997,858.48
31	411,772.81	1,997,871.47	93	411,549.08	1,997,886.83	155	411,715.36	1,997,858.46
32	411,778.04	1,997,870.66	94	411,551.09	1,997,887.83	156	411,715.53	1,997,858.46
33	411,778.45	1,997,873.74	95	411,553.24	1,997,888.47	157	411,715.69	1,997,858.50
34	411,785.92	1,997,872.44	96	411,574.78	1,997,891.43	158	411,715.85	1,997,858.55
35	411,785.43	1,997,869.25	97	411,574.95	1,997,891.45	159	411,715.99	1,997,858.64
36	411,785.46	1,997,866.02	98	411,696.41	1,997,908.12	160	411,727.50	1,997,866.70
37	411,785.75	1,997,864.33	99	411,700.41	1,997,908.67	161	411,723.47	1,997,889.40
38	411,786.00	1,997,862.85	100	411,708.04	1,997,909.71	162	411,725.58	1,997,907.35
39	411,787.05	1,997,859.80	101	411,708.04	1,997,909.71	163	411,709.16	1,997,909.86
40	411,788.00	1,997,857.63	102	411,707.92	1,997,909.59	164	411,718.68	1,997,911.17
41	411,788.91	1,997,855.55	103	411,707.82	1,997,909.46	165	411,727.03	1,997,911.96
42	411,789.17	1,997,854.78	104	411,707.74	1,997,909.31	166	411,735.42	1,997,912.05
43	411,789.31	1,997,853.98	105	411,707.69	1,997,909.15	167	411,743.61	1,997,912.48
44	411,789.31	1,997,853.17	106	411,707.67	1,997,908.99	168	411,751.74	1,997,913.55
45	411,789.18	1,997,852.36	107	411,707.67	1,997,908.82	169	411,759.77	1,997,915.23
46	411,788.92	1,997,851.59	108	411,707.70	1,997,908.66	170	411,767.64	1,997,917.54

47	411,788.54	1,997,850.87	109	411,707.76	1,997,908.50	171	411,775.31	1,997,920.44
48	411,788.05	1,997,850.22	110	411,707.84	1,997,908.36	172	411,779.48	1,997,922.23
49	411,787.46	1,997,849.66	111	411,698.74	1,997,907.18	173	411,791.72	1,997,927.46
50	411,786.79	1,997,849.20	112	411,694.81	1,997,906.68	174	411,795.33	1,997,929.00
51	411,786.05	1,997,848.86	113	411,637.44	1,997,899.27	175	411,796.92	1,997,929.66
52	411,785.26	1,997,848.64	114	411,638.96	1,997,886.84	176	411,800.48	1,997,931.13
53	411,775.82	1,997,846.84	115	411,612.26	1,997,883.78	177	411,805.50	1,997,933.50
54	411,771.41	1,997,845.99	116	411,612.06	1,997,885.40	178	411,805.53	1,997,933.51
55	411,739.27	1,997,839.85	117	411,610.87	1,997,894.70	179	411,806.28	1,997,933.82
56	411,733.68	1,997,838.94	118	411,603.43	1,997,893.75	180	411,807.07	1,997,933.99
57	411,692.31	1,997,833.44	119	411,604.62	1,997,884.45	181	411,807.88	1,997,934.04
58	411,686.97	1,997,832.98	120	411,604.81	1,997,882.92	182	411,808.69	1,997,933.96
59	411,681.60	1,997,833.20	121	411,594.10	1,997,881.69	183	411,809.47	1,997,933.74
60	411,676.32	1,997,834.10	122	411,594.35	1,997,879.52	184	411,810.21	1,997,933.40
61	411,671.62	1,997,835.36	123	411,589.79	1,997,878.94			
62	411,666.81	1,997,836.02	124	411,567.47	1,997,876.09			

Coordenadas Áreas libres polígono 4

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,907.02	1,997,971.45	22	411,868.96	1,997,876.75	43	411,824.29	1,997,928.08
2	411,887.38	1,997,963.26	23	411,868.71	1,997,877.34	44	411,819.46	1,997,925.98
3	411,868.92	1,997,955.55	24	411,865.86	1,997,883.90	45	411,819.05	1,997,926.92
4	411,885.74	1,997,915.27	25	411,865.62	1,997,884.44	46	411,818.25	1,997,929.28
5	411,904.19	1,997,922.97	26	411,862.82	1,997,890.88	47	411,817.85	1,997,931.74
6	411,924.07	1,997,931.27	27	411,860.14	1,997,897.06	48	411,817.87	1,997,934.24
7	411,934.40	1,997,906.95	28	411,858.64	1,997,899.88	49	411,818.29	1,997,936.69
8	411,911.22	1,997,892.72	29	411,856.71	1,997,902.42	50	411,819.12	1,997,939.05
9	411,899.48	1,997,885.51	30	411,854.41	1,997,904.62	51	411,820.33	1,997,941.23
10	411,893.94	1,997,882.38	31	411,851.78	1,997,906.43	52	411,821.88	1,997,943.18
11	411,892.05	1,997,881.47	32	411,848.90	1,997,907.80	53	411,823.73	1,997,944.85
12	411,888.20	1,997,879.64	33	411,845.84	1,997,908.69	54	411,827.58	1,997,947.91
13	411,875.54	1,997,874.16	34	411,842.67	1,997,909.09	55	411,831.30	1,997,951.12
14	411,874.71	1,997,873.88	35	411,839.48	1,997,908.98	56	411,840.95	1,997,961.26
15	411,873.85	1,997,873.75	36	411,836.35	1,997,908.36	57	411,847.24	1,997,967.33
16	411,872.98	1,997,873.78	37	411,833.36	1,997,907.25	58	411,854.04	1,997,972.82
17	411,872.12	1,997,873.95	38	411,832.63	1,997,908.94	59	411,861.30	1,997,977.70
18	411,871.31	1,997,874.27	39	411,844.53	1,997,914.05	60	411,868.95	1,997,981.92
19	411,870.57	1,997,874.73	40	411,840.44	1,997,923.52	61	411,876.95	1,997,985.46
20	411,869.92	1,997,875.30	41	411,835.85	1,997,921.59	62	411,897.64	1,997,993.56
21	411,869.38	1,997,875.99	42	411,831.62	1,997,931.29			

Coordenadas Áreas libres polígono 5

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	412,027.21	1,998,159.55	16	411,979.63	1,998,165.45	31	411,994.85	1,998,192.03
2	412,009.80	1,998,161.71	17	411,974.46	1,998,166.09	32	412,025.62	1,998,188.35
3	412,010.14	1,998,164.53	18	411,974.61	1,998,167.26	33	412,026.39	1,998,188.19
4	412,000.72	1,998,165.69	19	411,975.05	1,998,170.85	34	412,027.13	1,998,187.92

5	412,001.16	1,998,169.30	20	411,975.66	1,998,173.89	35	412,027.81	1,998,187.53
6	412,001.27	1,998,170.16	21	411,976.74	1,998,176.80	36	412,028.43	1,998,187.05
7	412,010.69	1,998,169.00	22	411,977.26	1,998,177.72	37	412,028.96	1,998,186.47
8	412,012.28	1,998,181.94	23	411,978.26	1,998,179.51	38	412,029.39	1,998,185.82
9	412,012.83	1,998,186.37	24	411,980.18	1,998,181.95	39	412,029.72	1,998,185.11
10	411,990.41	1,998,189.12	25	411,982.45	1,998,184.06	40	412,029.92	1,998,184.39
11	411,981.70	1,998,182.32	26	411,991.14	1,998,190.98	41	412,029.93	1,998,184.35
12	411,981.14	1,998,177.77	27	411,991.79	1,998,191.42	42	412,030.02	1,998,183.57
13	411,980.24	1,998,170.43	28	411,992.51	1,998,191.76	43	412,029.99	1,998,182.79
14	411,979.89	1,998,167.55	29	411,993.27	1,998,191.97			
15	411,979.66	1,998,165.73	30	411,994.06	1,998,192.07			

Coordenadas Áreas libres polígono 6

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,697.23	1,998,155.21	18	411,732.24	1,998,166.55	35	411,718.40	1,998,147.57
2	411,700.96	1,998,161.61	19	411,732.18	1,998,166.45	36	411,718.54	1,998,147.26
3	411,713.28	1,998,154.30	20	411,732.01	1,998,166.19	37	411,718.63	1,998,146.93
4	411,721.65	1,998,168.40	21	411,731.79	1,998,165.95	38	411,718.67	1,998,146.59
5	411,709.20	1,998,175.78	22	411,731.55	1,998,165.76	39	411,718.64	1,998,146.24
6	411,713.61	1,998,183.35	23	411,731.27	1,998,165.61	40	411,718.56	1,998,145.91
7	411,730.18	1,998,173.57	24	411,730.98	1,998,165.50	41	411,718.42	1,998,145.60
8	411,730.45	1,998,173.41	25	411,730.67	1,998,165.45	42	411,718.23	1,998,145.32
9	411,731.10	1,998,172.96	26	411,730.35	1,998,165.44	43	411,717.99	1,998,145.07
10	411,731.67	1,998,172.42	27	411,730.04	1,998,165.48	44	411,717.72	1,998,144.87
11	411,732.14	1,998,171.79	28	411,729.74	1,998,165.58	45	411,717.41	1,998,144.71
12	411,732.51	1,998,171.10	29	411,729.46	1,998,165.72	46	411,717.08	1,998,144.61
13	411,732.77	1,998,170.35	30	411,725.19	1,998,168.26	47	411,716.75	1,998,144.57
14	411,732.91	1,998,169.58	31	411,714.47	1,998,150.20	48	411,716.03	1,998,144.59
15	411,732.92	1,998,168.79	32	411,717.69	1,998,148.29	49	411,715.32	1,998,144.72
16	411,732.81	1,998,168.01	33	411,717.96	1,998,148.09	50	411,714.64	1,998,144.94
17	411,732.58	1,998,167.26	34	411,718.21	1,998,147.85	51	411,714.00	1,998,145.27

Coordenadas Áreas libres polígono 7

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,931.95	1,998,206.08	3	411,922.72	1,998,206.63	4	411,922.79	1,998,207.21
2	411,931.88	1,998,205.50						

Coordenadas Áreas libres polígono 8

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,917.74	1,998,207.83	3	411,881.81	1,998,211.65	4	411,881.89	1,998,212.23
2	411,917.67	1,998,207.25						

Coordenadas Áreas libres polígono 9

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,869.39	1,998,208.54	27	411,845.30	1,998,167.09	53	411,789.47	1,998,211.93
2	411,868.38	1,998,199.66	28	411,844.81	1,998,166.48	54	411,795.02	1,998,211.25
3	411,858.23	1,998,200.94	29	411,844.23	1,998,165.95	55	411,794.77	1,998,209.26
4	411,856.56	1,998,187.62	30	411,843.57	1,998,165.51	56	411,806.69	1,998,207.80

5	411,856.48	1,998,187.02	31	411,842.86	1,998,165.19	57	411,807.39	1,998,213.51
6	411,856.11	1,998,184.07	32	411,842.10	1,998,164.98	58	411,807.48	1,998,214.25
7	411,864.52	1,998,183.01	33	411,841.32	1,998,164.89	59	411,811.45	1,998,213.77
8	411,866.46	1,998,182.77	34	411,840.54	1,998,164.93	60	411,812.50	1,998,222.35
9	411,864.09	1,998,162.04	35	411,773.03	1,998,173.26	61	411,812.35	1,998,222.54
10	411,855.44	1,998,163.10	36	411,765.05	1,998,174.24	62	411,808.09	1,998,219.22
11	411,851.09	1,998,168.68	37	411,756.95	1,998,175.58	63	411,808.54	1,998,222.94
12	411,851.98	1,998,175.80	38	411,748.99	1,998,177.58	64	411,808.79	1,998,224.95
13	411,852.16	1,998,177.22	39	411,741.22	1,998,180.22	65	411,825.34	1,998,222.92
14	411,853.07	1,998,184.46	40	411,733.70	1,998,183.50	66	411,852.27	1,998,219.61
15	411,853.05	1,998,184.46	41	411,726.47	1,998,187.37	67	411,852.12	1,998,218.41
16	411,853.47	1,998,187.82	42	411,685.25	1,998,211.70	68	411,859.18	1,998,217.53
17	411,853.56	1,998,188.57	43	411,684.00	1,998,212.44	69	411,859.33	1,998,218.75
18	411,856.39	1,998,211.33	44	411,684.65	1,998,213.58	70	411,859.49	1,998,218.73
19	411,851.33	1,998,211.96	45	411,685.35	1,998,214.78	71	411,858.68	1,998,212.09
20	411,848.64	1,998,189.94	46	411,686.85	1,998,217.38	72	411,859.70	1,998,211.97
21	411,848.54	1,998,189.13	47	411,689.32	1,998,221.66	73	411,863.45	1,998,211.51
22	411,847.48	1,998,180.44	48	411,694.51	1,998,218.66	74	411,863.45	1,998,211.48
23	411,847.07	1,998,177.11	49	411,697.17	1,998,223.26	75	411,863.75	1,998,211.45
24	411,846.11	1,998,169.28	50	411,758.27	1,998,215.76	76	411,865.67	1,998,209.00
25	411,845.96	1,998,168.51	51	411,762.07	1,998,215.29			
26	411,845.68	1,998,167.78	52	411,786.53	1,998,212.29			

Coordenadas Áreas libres polígono 10

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	412,202.96	1,998,171.67	24	412,240.64	1,998,212.28	47	412,175.32	1,998,126.10
2	412,203.73	1,998,178.60	25	412,242.63	1,998,211.24	48	412,174.66	1,998,126.68
3	412,215.71	1,998,177.07	26	412,243.31	1,998,210.87	49	412,174.12	1,998,127.36
4	412,216.88	1,998,186.18	27	412,244.02	1,998,210.40	50	412,173.71	1,998,128.13
5	412,218.23	1,998,196.70	28	412,244.64	1,998,209.82	51	412,173.43	1,998,128.95
6	412,205.91	1,998,198.29	29	412,245.15	1,998,209.14	52	412,173.30	1,998,129.81
7	412,208.64	1,998,223.02	30	412,245.54	1,998,208.38	53	412,173.33	1,998,130.69
8	412,210.52	1,998,222.58	31	412,245.79	1,998,207.57	54	412,174.93	1,998,145.05
9	412,211.98	1,998,222.22	32	412,245.90	1,998,206.72	55	412,174.99	1,998,145.36
10	412,212.81	1,998,222.01	33	412,245.87	1,998,205.87	56	412,175.10	1,998,145.66
11	412,215.05	1,998,221.43	34	412,236.97	1,998,133.35	57	412,175.25	1,998,145.93
12	412,217.25	1,998,220.83	35	412,236.43	1,998,130.81	58	412,175.45	1,998,146.18
13	412,219.40	1,998,220.21	36	412,235.46	1,998,128.39	59	412,175.68	1,998,146.39
14	412,221.49	1,998,219.60	37	412,234.08	1,998,126.18	60	412,175.94	1,998,146.57
15	412,223.52	1,998,218.98	38	412,232.35	1,998,124.24	61	412,176.23	1,998,146.70
16	412,225.49	1,998,218.36	39	412,230.30	1,998,122.64	62	412,176.53	1,998,146.79
17	412,227.41	1,998,217.74	40	412,228.01	1,998,121.40	63	412,176.84	1,998,146.82
18	412,229.30	1,998,217.10	41	412,225.54	1,998,120.58	64	412,177.16	1,998,146.81
19	412,231.16	1,998,216.43	42	412,222.97	1,998,120.21	65	412,185.94	1,998,145.78
20	412,233.02	1,998,215.72	43	412,220.37	1,998,120.28	66	412,184.95	1,998,137.71
21	412,234.88	1,998,214.96	44	412,177.72	1,998,125.15	67	412,225.04	1,998,132.79

22	412,236.77	1,998,214.14	45	412,176.87	1,998,125.32	68	412,227.28	1,998,151.05
23	412,238.68	1,998,213.25	46	412,176.06	1,998,125.64	69	412,229.41	1,998,168.42

Coordenadas Áreas libres polígono 11

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	412,138.26	1,998,129.72	19	412,168.09	1,998,212.55	37	412,168.95	1,998,226.52
2	412,139.04	1,998,136.94	20	412,163.41	1,998,213.13	38	412,169.53	1,998,225.94
3	412,141.56	1,998,136.63	21	412,164.10	1,998,218.65	39	412,170.02	1,998,225.28
4	412,141.43	1,998,135.65	22	412,156.47	1,998,219.60	40	412,170.38	1,998,224.54
5	412,158.50	1,998,133.67	23	412,155.77	1,998,214.07	41	412,170.62	1,998,223.76
6	412,159.41	1,998,141.57	24	412,153.45	1,998,214.35	42	412,170.73	1,998,222.94
7	412,158.62	1,998,142.58	25	412,147.56	1,998,215.07	43	412,170.70	1,998,222.12
8	412,147.36	1,998,143.84	26	412,149.00	1,998,228.31	44	412,160.41	1,998,132.21
9	412,149.12	1,998,158.23	27	412,149.01	1,998,228.31	45	412,160.26	1,998,131.44
10	412,162.40	1,998,156.58	28	412,151.93	1,998,228.21	46	412,160.00	1,998,130.70
11	412,163.74	1,998,167.43	29	412,154.93	1,998,228.10	47	412,159.61	1,998,130.01
12	412,160.87	1,998,167.79	30	412,158.05	1,998,227.99	48	412,159.13	1,998,129.39
13	412,161.98	1,998,176.79	31	412,161.28	1,998,227.87	49	412,158.56	1,998,128.86
14	412,151.56	1,998,178.08	32	412,164.60	1,998,227.74	50	412,157.91	1,998,128.42
15	412,143.63	1,998,179.05	33	412,165.94	1,998,227.69	51	412,157.19	1,998,128.09
16	412,144.31	1,998,185.25	34	412,166.75	1,998,227.58	52	412,156.44	1,998,127.87
17	412,164.43	1,998,182.78	35	412,167.54	1,998,227.35	53	412,155.66	1,998,127.78
18	412,167.52	1,998,208.14	36	412,168.28	1,998,226.99	54	412,154.88	1,998,127.81

Coordenadas Áreas libres polígono 12

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	412,084.18	1,998,228.91	19	412,037.92	1,998,141.81	37	412,050.35	1,998,231.84
2	412,083.49	1,998,223.52	20	412,037.30	1,998,142.29	38	412,051.15	1,998,231.78
3	412,078.55	1,998,224.13	21	412,036.76	1,998,142.87	39	412,052.01	1,998,231.64
4	412,077.52	1,998,215.37	22	412,036.33	1,998,143.52	40	412,054.27	1,998,231.30
5	412,077.38	1,998,214.12	23	412,036.00	1,998,144.24	41	412,056.60	1,998,230.97
6	412,058.02	1,998,216.50	24	412,035.78	1,998,145.00	42	412,059.02	1,998,230.66
7	412,044.09	1,998,205.61	25	412,035.69	1,998,145.78	43	412,061.31	1,998,230.38
8	412,041.68	1,998,186.02	26	412,035.72	1,998,146.56	44	412,061.54	1,998,230.36
9	412,040.00	1,998,172.36	27	412,040.43	1,998,185.84	45	412,064.19	1,998,230.08
10	412,043.20	1,998,171.97	28	412,045.41	1,998,227.43	46	412,066.99	1,998,229.82
11	412,041.01	1,998,154.18	29	412,045.57	1,998,228.22	47	412,069.94	1,998,229.60
12	412,069.26	1,998,150.71	30	412,045.86	1,998,228.97	48	412,073.02	1,998,229.40
13	412,071.45	1,998,168.50	31	412,046.25	1,998,229.67	49	412,076.19	1,998,229.22
14	412,076.46	1,998,167.89	32	412,046.76	1,998,230.29	50	412,079.41	1,998,229.08
15	412,072.59	1,998,137.27	33	412,047.36	1,998,230.82	51	412,079.61	1,998,229.07
16	412,040.12	1,998,141.00	34	412,048.04	1,998,231.26	52	412,082.66	1,998,228.96
17	412,039.34	1,998,141.15	35	412,048.77	1,998,231.57			
18	412,038.61	1,998,141.42	36	412,049.55	1,998,231.77			

Coordenadas Áreas libres polígono 13

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y

1	411,795.48	1,998,214.97	4	411,705.47	1,998,237.64	7	411,796.63	1,998,224.40
2	411,795.26	1,998,213.23	5	411,789.93	1,998,227.27			
3	411,698.26	1,998,225.15	6	411,789.69	1,998,225.25			

Coordenadas Áreas libres polígono 14

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	412,007.10	1,998,213.68	21	412,022.86	1,998,236.02	41	412,028.55	1,998,193.72
2	412,007.85	1,998,220.56	22	412,025.85	1,998,235.61	42	412,027.79	1,998,193.51
3	412,028.58	1,998,218.01	23	412,028.72	1,998,235.21	43	412,027.01	1,998,193.42
4	412,030.05	1,998,230.02	24	412,031.31	1,998,234.84	44	412,026.22	1,998,193.46
5	412,025.28	1,998,230.61	25	412,032.14	1,998,234.65	45	411,991.20	1,998,197.74
6	412,025.10	1,998,230.43	26	412,032.93	1,998,234.32	46	411,990.43	1,998,197.90
7	412,019.18	1,998,231.15	27	412,033.66	1,998,233.85	47	411,989.69	1,998,198.17
8	412,016.43	1,998,231.49	28	412,034.29	1,998,233.27	48	411,989.01	1,998,198.56
9	412,016.22	1,998,231.51	29	412,034.81	1,998,232.59	49	411,988.40	1,998,199.05
10	412,016.02	1,998,229.82	30	412,035.21	1,998,231.83	50	411,987.87	1,998,199.63
11	412,012.05	1,998,230.31	31	412,035.48	1,998,231.01	51	411,987.43	1,998,200.28
12	412,011.35	1,998,224.65	32	412,035.59	1,998,230.16	52	411,987.11	1,998,200.99
13	412,008.34	1,998,225.03	33	412,035.57	1,998,229.30	53	411,986.90	1,998,201.75
14	412,009.74	1,998,237.76	34	412,031.79	1,998,197.82	54	411,986.81	1,998,202.53
15	412,010.59	1,998,237.65	35	412,031.64	1,998,197.05	55	411,986.84	1,998,203.31
16	412,013.61	1,998,237.25	36	412,031.37	1,998,196.32	56	411,986.87	1,998,203.53
17	412,014.01	1,998,237.20	37	412,030.98	1,998,195.63	57	412,030.98	1,998,198.11
18	412,016.69	1,998,236.84	38	412,030.49	1,998,195.02	58	412,031.74	1,998,204.30
19	412,019.74	1,998,236.44	39	412,029.91	1,998,194.48	59	412,032.50	1,998,210.48
20	412,019.79	1,998,236.43	40	412,029.26	1,998,194.05			

Coordenadas Áreas libres polígono 15

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,945.83	1,998,152.05	21	411,970.98	1,998,240.85	41	411,977.04	1,998,185.90
2	411,947.67	1,998,167.47	22	411,972.93	1,998,240.83	42	411,974.43	1,998,182.77
3	411,957.94	1,998,166.21	23	411,974.81	1,998,240.82	43	411,972.37	1,998,179.25
4	411,959.15	1,998,176.14	24	411,976.61	1,998,240.81	44	411,971.84	1,998,177.86
5	411,968.09	1,998,175.05	25	411,978.34	1,998,240.80	45	411,970.91	1,998,175.45
6	411,968.42	1,998,177.79	26	411,982.31	1,998,240.77	46	411,970.09	1,998,171.46
7	411,969.30	1,998,184.97	27	411,983.14	1,998,240.69	47	411,969.39	1,998,165.83
8	411,950.04	1,998,187.33	28	411,983.96	1,998,240.47	48	411,969.20	1,998,164.21
9	411,951.13	1,998,196.52	29	411,984.72	1,998,240.12	49	411,967.99	1,998,154.37
10	411,967.68	1,998,194.50	30	411,985.42	1,998,239.65	50	411,967.81	1,998,153.52
11	411,969.53	1,998,209.60	31	411,986.02	1,998,239.07	51	411,967.48	1,998,152.71
12	411,959.91	1,998,210.78	32	411,986.52	1,998,238.39	52	411,967.02	1,998,151.97
13	411,952.93	1,998,211.64	33	411,986.90	1,998,237.64	53	411,966.44	1,998,151.33
14	411,956.41	1,998,240.85	34	411,987.15	1,998,236.84	54	411,965.75	1,998,150.79
15	411,958.23	1,998,240.87	35	411,987.26	1,998,236.00	55	411,964.98	1,998,150.38
16	411,960.44	1,998,240.88	36	411,987.23	1,998,235.16	56	411,964.15	1,998,150.11
17	411,962.63	1,998,240.89	37	411,982.60	1,998,197.46	57	411,963.29	1,998,149.99
18	411,964.79	1,998,240.88	38	411,981.94	1,998,194.27	58	411,962.42	1,998,150.02

19	411,966.90	1,998,240.87	39	411,980.77	1,998,191.22			
20	411,968.97	1,998,240.86	40	411,979.12	1,998,188.41			

Coordenadas Áreas libres polígono 16

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,921.22	1,998,236.15	23	411,860.32	1,998,225.52	45	411,895.49	1,998,245.40
2	411,917.87	1,998,208.90	24	411,859.77	1,998,221.03	46	411,897.26	1,998,244.98
3	411,882.02	1,998,213.30	25	411,859.73	1,998,220.71	47	411,899.01	1,998,244.59
4	411,882.11	1,998,214.09	26	411,859.58	1,998,220.73	48	411,900.72	1,998,244.23
5	411,882.09	1,998,214.09	27	411,862.94	1,998,247.77	49	411,902.41	1,998,243.90
6	411,882.50	1,998,217.32	28	411,863.12	1,998,248.60	50	411,904.07	1,998,243.60
7	411,881.44	1,998,217.45	29	411,863.43	1,998,249.38	51	411,905.71	1,998,243.32
8	411,881.05	1,998,214.22	30	411,863.87	1,998,250.10	52	411,907.34	1,998,243.05
9	411,880.43	1,998,214.30	31	411,864.42	1,998,250.74	53	411,908.95	1,998,242.81
10	411,881.27	1,998,221.12	32	411,865.07	1,998,251.28	54	411,910.56	1,998,242.57
11	411,882.87	1,998,222.37	33	411,865.80	1,998,251.69	55	411,912.16	1,998,242.34
12	411,881.62	1,998,223.97	34	411,866.60	1,998,251.98	56	411,913.76	1,998,242.12
13	411,880.06	1,998,222.76	35	411,867.43	1,998,252.13	57	411,915.36	1,998,241.91
14	411,879.57	1,998,223.38	36	411,868.27	1,998,252.14	58	411,916.88	1,998,241.72
15	411,877.97	1,998,225.43	37	411,869.10	1,998,252.01	59	411,917.73	1,998,241.54
16	411,877.29	1,998,226.60	38	411,880.68	1,998,249.15	60	411,918.53	1,998,241.21
17	411,877.03	1,998,226.63	39	411,884.44	1,998,248.20	61	411,919.27	1,998,240.75
18	411,876.23	1,998,227.66	40	411,886.32	1,998,247.72	62	411,919.92	1,998,240.17
19	411,868.08	1,998,228.66	41	411,888.18	1,998,247.24	63	411,920.45	1,998,239.48
20	411,863.61	1,998,225.17	42	411,890.04	1,998,246.76	64	411,920.86	1,998,238.71
21	411,861.61	1,998,225.41	43	411,891.87	1,998,246.29	65	411,921.13	1,998,237.88
22	411,861.60	1,998,225.38	44	411,893.69	1,998,245.84	66	411,921.25	1,998,237.02

Coordenadas Áreas libres polígono 17

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,855.94	1,998,249.64	37	411,670.12	1,998,224.49	73	411,802.67	1,998,265.70
2	411,852.51	1,998,221.60	38	411,669.85	1,998,226.33	74	411,804.26	1,998,265.11
3	411,825.20	1,998,224.95	39	411,669.90	1,998,228.20	75	411,805.73	1,998,264.51
4	411,809.04	1,998,226.94	40	411,670.26	1,998,230.03	76	411,807.15	1,998,263.92
5	411,809.52	1,998,230.88	41	411,670.94	1,998,231.78	77	411,808.56	1,998,263.35
6	411,797.61	1,998,232.34	42	411,671.20	1,998,232.44	78	411,810.01	1,998,262.81
7	411,790.66	1,998,233.19	43	411,675.30	1,998,241.11	79	411,811.55	1,998,262.31
8	411,790.18	1,998,229.25	44	411,675.87	1,998,242.33	80	411,812.08	1,998,262.16
9	411,706.56	1,998,239.52	45	411,680.32	1,998,250.17	81	411,813.17	1,998,261.85
10	411,708.01	1,998,242.04	46	411,684.17	1,998,254.59	82	411,814.87	1,998,261.41
11	411,699.37	1,998,247.03	47	411,684.18	1,998,254.61	83	411,816.65	1,998,261.00
12	411,699.35	1,998,247.04	48	411,687.76	1,998,257.67	84	411,818.49	1,998,260.62
13	411,695.77	1,998,240.84	49	411,694.23	1,998,260.49	85	411,820.38	1,998,260.25
14	411,693.57	1,998,241.11	50	411,702.25	1,998,262.93	86	411,822.32	1,998,259.89
15	411,687.75	1,998,241.83	51	411,708.49	1,998,263.74	87	411,824.31	1,998,259.54
16	411,687.79	1,998,242.18	52	411,718.68	1,998,263.74	88	411,826.32	1,998,259.20
17	411,685.68	1,998,242.43	53	411,718.82	1,998,263.74	89	411,828.37	1,998,258.86

18	411,685.35	1,998,239.76	54	411,726.61	1,998,264.83	90	411,830.43	1,998,258.52
19	411,687.46	1,998,239.50	55	411,728.80	1,998,265.36	91	411,832.50	1,998,258.19
20	411,687.50	1,998,239.84	56	411,735.32	1,998,266.91	92	411,834.59	1,998,257.86
21	411,693.57	1,998,239.10	57	411,746.65	1,998,269.17	93	411,836.66	1,998,257.53
22	411,694.69	1,998,238.96	58	411,755.02	1,998,269.80	94	411,838.73	1,998,257.21
23	411,693.57	1,998,237.03	59	411,762.92	1,998,269.97	95	411,840.79	1,998,256.90
24	411,685.85	1,998,223.66	60	411,766.67	1,998,270.16	96	411,842.82	1,998,256.58
25	411,687.58	1,998,222.66	61	411,772.08	1,998,270.03	97	411,844.83	1,998,256.27
26	411,685.11	1,998,218.38	62	411,775.38	1,998,269.87	98	411,846.81	1,998,255.97
27	411,683.61	1,998,215.78	63	411,778.71	1,998,269.67	99	411,848.76	1,998,255.66
28	411,682.59	1,998,214.01	64	411,781.59	1,998,269.44	100	411,851.76	1,998,255.18
29	411,682.27	1,998,213.46	65	411,782.04	1,998,269.41	101	411,852.59	1,998,254.98
30	411,680.66	1,998,214.41	66	411,785.31	1,998,269.10	102	411,853.37	1,998,254.63
31	411,677.28	1,998,216.41	67	411,788.46	1,998,268.74	103	411,854.08	1,998,254.17
32	411,675.70	1,998,217.34	68	411,791.45	1,998,268.33	104	411,854.70	1,998,253.58
33	411,674.12	1,998,218.34	69	411,794.23	1,998,267.88	105	411,855.21	1,998,252.90
34	411,672.74	1,998,219.59	70	411,796.75	1,998,267.39	106	411,855.60	1,998,252.14
35	411,671.59	1,998,221.06	71	411,798.97	1,998,266.86	107	411,855.86	1,998,251.33
36	411,670.71	1,998,222.71	72	411,800.93	1,998,266.29	108	411,855.97	1,998,250.49

Coordenadas Áreas libres polígono 18

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,621.95	1,998,279.32	47	411,622.63	1,998,265.82	93	411,610.91	1,998,224.76
2	411,621.83	1,998,279.01	48	411,622.36	1,998,265.67	94	411,610.71	1,998,223.99
3	411,621.66	1,998,278.73	49	411,622.06	1,998,265.56	95	411,610.39	1,998,223.26
4	411,621.45	1,998,278.47	50	411,621.75	1,998,265.50	96	411,609.95	1,998,222.60
5	411,621.20	1,998,278.26	51	411,621.44	1,998,265.48	97	411,609.42	1,998,222.01
6	411,620.92	1,998,278.09	52	411,616.43	1,998,265.68	98	411,608.80	1,998,221.51
7	411,620.62	1,998,277.97	53	411,615.91	1,998,252.80	99	411,608.10	1,998,221.11
8	411,620.30	1,998,277.90	54	411,615.70	1,998,247.70	100	411,604.50	1,998,219.76
9	411,619.97	1,998,277.88	55	411,620.20	1,998,247.52	101	411,600.73	1,998,218.98
10	411,604.96	1,998,278.34	56	411,620.59	1,998,247.47	102	411,596.89	1,998,218.79
11	411,604.96	1,998,278.41	57	411,620.97	1,998,247.37	103	411,572.57	1,998,219.44
12	411,599.58	1,998,278.56	58	411,621.32	1,998,247.20	104	411,571.79	1,998,219.52
13	411,579.16	1,998,279.10	59	411,621.65	1,998,246.98	105	411,571.03	1,998,219.72
14	411,578.54	1,998,255.89	60	411,621.94	1,998,246.72	106	411,570.31	1,998,220.04
15	411,578.35	1,998,248.78	61	411,622.18	1,998,246.41	107	411,569.66	1,998,220.47
16	411,578.24	1,998,244.52	62	411,622.37	1,998,246.07	108	411,569.07	1,998,220.99
17	411,576.37	1,998,244.57	63	411,622.51	1,998,245.70	109	411,568.58	1,998,221.60
18	411,576.28	1,998,240.99	64	411,622.58	1,998,245.31	110	411,568.19	1,998,222.28
19	411,578.14	1,998,240.94	65	411,622.60	1,998,244.92	111	411,567.91	1,998,223.02
20	411,577.94	1,998,233.30	66	411,622.55	1,998,243.37	112	411,567.74	1,998,223.78
21	411,603.75	1,998,232.61	67	411,622.54	1,998,243.06	113	411,567.70	1,998,224.57
22	411,604.01	1,998,242.47	68	411,622.27	1,998,240.04	114	411,568.43	1,998,251.90
23	411,604.04	1,998,243.67	69	411,621.64	1,998,237.07	115	411,568.62	1,998,258.96
24	411,606.89	1,998,243.59	70	411,620.65	1,998,234.21	116	411,569.00	1,998,273.24

25	411,607.00	1,998,247.92	71	411,620.00	1,998,232.78	117	411,569.20	1,998,274.97
26	411,604.15	1,998,247.99	72	411,617.88	1,998,229.23	118	411,569.69	1,998,276.64
27	411,604.29	1,998,253.15	73	411,617.77	1,998,229.10	119	411,570.46	1,998,278.19
28	411,604.77	1,998,270.98	74	411,617.64	1,998,228.99	120	411,571.50	1,998,279.59
29	411,604.77	1,998,270.99	75	411,617.50	1,998,228.91	121	411,572.76	1,998,280.79
30	411,621.59	1,998,270.58	76	411,617.34	1,998,228.85	122	411,574.20	1,998,281.75
31	411,621.91	1,998,270.54	77	411,617.17	1,998,228.82	123	411,575.79	1,998,282.45
32	411,622.21	1,998,270.46	78	411,617.00	1,998,228.81	124	411,577.48	1,998,282.86
33	411,622.50	1,998,270.33	79	411,616.84	1,998,228.84	125	411,579.22	1,998,282.98
34	411,622.76	1,998,270.16	80	411,616.68	1,998,228.89	126	411,619.03	1,998,282.09
35	411,622.99	1,998,269.95	81	411,616.53	1,998,228.97	127	411,619.62	1,998,282.04
36	411,623.19	1,998,269.71	82	411,616.39	1,998,229.07	128	411,620.21	1,998,281.93
37	411,623.35	1,998,269.44	83	411,616.28	1,998,229.20	129	411,620.77	1,998,281.74
38	411,623.46	1,998,269.14	84	411,616.19	1,998,229.34	130	411,621.06	1,998,281.59
39	411,623.53	1,998,268.84	85	411,616.12	1,998,229.50	131	411,621.33	1,998,281.40
40	411,623.54	1,998,268.52	86	411,616.08	1,998,229.66	132	411,621.56	1,998,281.17
41	411,623.52	1,998,267.43	87	411,616.07	1,998,229.83	133	411,621.75	1,998,280.90
42	411,623.48	1,998,267.11	88	411,616.16	1,998,234.83	134	411,621.89	1,998,280.61
43	411,623.40	1,998,266.81	89	411,616.18	1,998,235.93	135	411,621.99	1,998,280.29
44	411,623.27	1,998,266.52	90	411,614.33	1,998,235.97	136	411,622.03	1,998,279.96
45	411,623.10	1,998,266.26	91	411,611.18	1,998,236.02	137	411,622.02	1,998,279.64
46	411,622.88	1,998,266.02	92	411,610.99	1,998,225.56			

Coordenadas Áreas libres polígono 19

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,624.36	1,998,288.23	19	411,568.99	1,998,283.95	37	411,568.15	1,998,298.24
2	411,624.27	1,998,287.86	20	411,568.50	1,998,283.89	38	411,568.95	1,998,298.58
3	411,624.13	1,998,287.51	21	411,568.00	1,998,283.91	39	411,569.79	1,998,298.79
4	411,623.93	1,998,287.19	22	411,567.52	1,998,284.01	40	411,570.66	1,998,298.84
5	411,623.68	1,998,286.90	23	411,567.06	1,998,284.18	41	411,576.04	1,998,298.72
6	411,623.39	1,998,286.66	24	411,566.64	1,998,284.43	42	411,590.25	1,998,298.34
7	411,623.06	1,998,286.47	25	411,566.26	1,998,284.75	43	411,598.73	1,998,297.75
8	411,622.71	1,998,286.33	26	411,565.94	1,998,285.12	44	411,607.82	1,998,296.74
9	411,622.33	1,998,286.26	27	411,565.68	1,998,285.54	45	411,612.28	1,998,296.07
10	411,621.95	1,998,286.24	28	411,565.49	1,998,286.00	46	411,616.66	1,998,294.95
11	411,580.69	1,998,288.14	29	411,565.39	1,998,286.48	47	411,620.88	1,998,293.37
12	411,578.44	1,998,288.08	30	411,565.36	1,998,286.97	48	411,621.63	1,998,293.02
13	411,576.23	1,998,287.68	31	411,565.55	1,998,293.98	49	411,622.32	1,998,292.56
14	411,574.11	1,998,286.95	32	411,565.65	1,998,294.84	50	411,622.92	1,998,292.00
15	411,572.12	1,998,285.92	33	411,565.89	1,998,295.68	51	411,623.43	1,998,291.35
16	411,570.30	1,998,284.60	34	411,566.28	1,998,296.46	52	411,623.84	1,998,290.63
17	411,569.90	1,998,284.31	35	411,566.80	1,998,297.16	53	411,624.14	1,998,289.86
18	411,569.46	1,998,284.10	36	411,567.43	1,998,297.75			

Coordenadas Áreas libres polígono 20

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,850.29	1,998,542.51	9	411,763.45	1,998,445.36	17	411,741.28	1,998,501.19

2	411,850.29	1,998,540.43	10	411,757.38	1,998,445.73	18	411,741.28	1,998,507.19
3	411,758.34	1,998,540.43	11	411,751.40	1,998,446.84	19	411,751.33	1,998,507.19
4	411,758.34	1,998,462.06	12	411,745.60	1,998,448.66	20	411,751.33	1,998,540.46
5	411,758.34	1,998,455.00	13	411,740.06	1,998,451.17	21	411,738.15	1,998,540.46
6	411,758.34	1,998,450.36	14	411,735.95	1,998,453.35	22	411,738.23	1,998,543.64
7	411,850.29	1,998,450.24	15	411,736.65	1,998,481.19			
8	411,850.29	1,998,445.36	16	411,741.28	1,998,481.19			

Coordenadas Áreas libres polígono 21

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,738.23	1,998,543.64	11	411,707.86	1,998,468.59	21	411,702.90	1,998,526.67
2	411,738.15	1,998,540.46	12	411,704.30	1,998,471.57	22	411,704.44	1,998,530.29
3	411,732.23	1,998,540.46	13	411,701.20	1,998,475.01	23	411,706.52	1,998,533.62
4	411,732.23	1,998,507.19	14	411,698.62	1,998,478.86	24	411,709.10	1,998,536.59
5	411,733.28	1,998,507.19	15	411,696.59	1,998,483.03	25	411,712.11	1,998,539.12
6	411,733.28	1,998,501.19	16	411,695.18	1,998,487.45	26	411,715.48	1,998,541.14
7	411,733.28	1,998,481.19	17	411,694.39	1,998,492.02	27	411,719.12	1,998,542.61
8	411,736.65	1,998,481.19	18	411,694.26	1,998,496.65	28	411,722.95	1,998,543.49
9	411,735.95	1,998,453.35	19	411,694.77	1,998,501.26	29	411,726.87	1,998,543.76
10	411,711.79	1,998,466.14	20	411,695.92	1,998,505.75			

Coordenadas Áreas libres polígono 22

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,850.29	1,998,445.36	12	411,944.71	1,998,503.44	23	411,921.78	1,998,460.24
2	411,850.29	1,998,450.24	13	411,944.73	1,998,515.57	24	411,921.53	1,998,457.65
3	411,909.77	1,998,450.16	14	411,945.12	1,998,529.92	25	411,920.84	1,998,455.14
4	411,919.73	1,998,460.08	15	411,945.18	1,998,536.92	26	411,919.73	1,998,452.79
5	411,919.63	1,998,465.78	16	411,945.18	1,998,540.02	27	411,918.22	1,998,450.67
6	411,919.71	1,998,472.78	17	411,863.98	1,998,540.43	28	411,916.38	1,998,448.84
7	411,919.71	1,998,503.24	18	411,850.29	1,998,540.43	29	411,914.24	1,998,447.35
8	411,923.34	1,998,503.27	19	411,850.29	1,998,542.51	30	411,911.88	1,998,446.26
9	411,930.33	1,998,503.32	20	411,946.10	1,998,541.54	31	411,909.37	1,998,445.59
10	411,933.15	1,998,503.35	21	411,946.10	1,998,502.10	32	411,906.78	1,998,445.36
11	411,940.15	1,998,503.40	22	411,921.78	1,998,502.10			

Coordenadas Áreas libres polígono 23

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,713.61	1,998,183.35	11	411,681.45	1,998,164.93	21	411,693.64	1,998,191.33
2	411,709.20	1,998,175.78	12	411,680.95	1,998,165.65	22	411,694.35	1,998,191.82
3	411,695.17	1,998,184.11	13	411,680.60	1,998,166.44	23	411,695.15	1,998,192.18
4	411,685.58	1,998,167.95	14	411,680.38	1,998,167.29	24	411,695.99	1,998,192.40
5	411,696.58	1,998,161.42	15	411,680.31	1,998,168.16	25	411,696.86	1,998,192.46
6	411,697.81	1,998,163.48	16	411,680.40	1,998,169.02	26	411,697.72	1,998,192.38
7	411,700.96	1,998,161.61	17	411,680.64	1,998,169.86	27	411,698.56	1,998,192.15
8	411,697.23	1,998,155.21	18	411,681.01	1,998,170.65	28	411,699.35	1,998,191.77
9	411,682.76	1,998,163.80	19	411,692.51	1,998,190.02			
10	411,682.05	1,998,164.31	20	411,693.01	1,998,190.72			

Coordenadas Áreas libres polígono 24								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,934.40	1,997,906.95	13	411,921.40	1,998,002.31	25	411,985.32	1,997,953.60
2	411,924.07	1,997,931.27	14	411,930.68	1,998,004.65	26	411,985.71	1,997,950.14
3	411,924.73	1,997,931.55	15	411,940.11	1,998,006.31	27	411,985.50	1,997,946.67
4	411,935.92	1,997,936.22	16	411,949.64	1,998,007.28	28	411,984.68	1,997,943.29
5	411,953.11	1,997,943.39	17	411,954.21	1,998,007.03	29	411,983.29	1,997,940.09
6	411,960.39	1,997,946.43	18	411,958.66	1,998,005.99	30	411,981.37	1,997,937.19
7	411,968.46	1,997,966.05	19	411,962.87	1,998,004.19	31	411,978.98	1,997,934.67
8	411,957.42	1,997,992.49	20	411,966.71	1,998,001.69	32	411,976.18	1,997,932.60
9	411,940.72	1,997,985.52	21	411,970.05	1,997,998.57	33	411,946.86	1,997,914.60
10	411,907.02	1,997,971.45	22	411,972.81	1,997,994.91	34	411,936.38	1,997,908.16
11	411,897.64	1,997,993.56	23	411,974.88	1,997,990.83			
12	411,912.31	1,997,999.30	24	411,981.46	1,997,972.71			

Coordenadas Áreas libres polígono 25								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	412,208.64	1,998,223.02	17	412,177.92	1,998,160.02	33	412,182.67	1,998,226.16
2	412,205.91	1,998,198.29	18	412,177.68	1,998,160.21	34	412,183.47	1,998,226.44
3	412,185.50	1,998,200.90	19	412,177.46	1,998,160.43	35	412,184.32	1,998,226.59
4	412,185.29	1,998,199.24	20	412,177.29	1,998,160.68	36	412,185.18	1,998,226.58
5	412,178.90	1,998,200.08	21	412,177.16	1,998,160.96	37	412,187.56	1,998,226.37
6	412,177.78	1,998,191.20	22	412,177.07	1,998,161.25	38	412,190.45	1,998,226.07
7	412,176.63	1,998,182.09	23	412,176.07	1,998,165.75	39	412,192.05	1,998,225.89
8	412,182.98	1,998,181.26	24	412,175.17	1,998,171.21	40	412,193.23	1,998,225.75
9	412,203.73	1,998,178.60	25	412,174.88	1,998,176.74	41	412,195.70	1,998,225.41
10	412,202.96	1,998,171.67	26	412,175.21	1,998,182.26	42	412,195.89	1,998,225.39
11	412,189.31	1,998,173.34	27	412,179.77	1,998,222.17	43	412,198.48	1,998,225.00
12	412,187.51	1,998,158.63	28	412,179.94	1,998,223.01	44	412,200.98	1,998,224.58
13	412,187.50	1,998,158.63	29	412,180.25	1,998,223.81	45	412,203.43	1,998,224.13
14	412,178.78	1,998,159.70	30	412,180.69	1,998,224.55	46	412,205.83	1,998,223.64
15	412,178.48	1,998,159.76	31	412,181.25	1,998,225.19	47	412,208.19	1,998,223.13
16	412,178.19	1,998,159.87	32	412,181.92	1,998,225.73	48	412,208.30	1,998,223.10

Coordenadas Áreas libres polígono 26								
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	412,149.00	1,998,228.31	16	412,139.04	1,998,136.94	31	412,133.68	1,998,224.22
2	412,147.56	1,998,215.07	17	412,138.26	1,998,129.72	32	412,133.84	1,998,225.03
3	412,134.34	1,998,216.70	18	412,137.09	1,998,129.85	33	412,134.13	1,998,225.79
4	412,130.68	1,998,186.92	19	412,127.54	1,998,130.95	34	412,134.55	1,998,226.50
5	412,144.31	1,998,185.25	20	412,126.77	1,998,131.10	35	412,135.07	1,998,227.13
6	412,143.63	1,998,179.05	21	412,126.03	1,998,131.37	36	412,135.69	1,998,227.67
7	412,132.71	1,998,180.39	22	412,125.34	1,998,131.75	37	412,136.39	1,998,228.09
8	412,130.71	1,998,180.63	23	412,124.73	1,998,132.24	38	412,137.15	1,998,228.40
9	412,130.71	1,998,180.64	24	412,124.19	1,998,132.82	39	412,137.96	1,998,228.58
10	412,129.92	1,998,180.73	25	412,123.75	1,998,133.47	40	412,138.77	1,998,228.63

11	412,126.37	1,998,151.85	26	412,123.42	1,998,134.19	41	412,140.67	1,998,228.58
12	412,127.30	1,998,151.74	27	412,123.21	1,998,134.95	42	412,143.40	1,998,228.49
13	412,126.66	1,998,146.52	28	412,123.12	1,998,135.73	43	412,146.18	1,998,228.41
14	412,125.68	1,998,138.58	29	412,123.13	1,998,135.95			
15	412,133.62	1,998,137.61	30	412,123.15	1,998,136.51			

Coordenadas Áreas libres polígono 27

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	412,094.51	1,998,165.67	5	412,079.29	1,998,139.31	9	412,076.46	1,998,167.89
2	412,094.18	1,998,162.68	6	412,091.46	1,998,137.82	10	412,077.96	1,998,167.70
3	412,082.32	1,998,164.13	7	412,091.17	1,998,135.13			
4	412,081.82	1,998,160.04	8	412,072.59	1,998,137.27			

Coordenadas Áreas libres polígono 28

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	412,091.17	1,998,135.13	19	412,085.88	1,998,228.86	37	412,122.77	1,998,226.53
2	412,091.46	1,998,137.82	20	412,089.06	1,998,228.79	38	412,123.15	1,998,225.77
3	412,102.61	1,998,136.45	21	412,092.14	1,998,228.75	39	412,123.41	1,998,224.97
4	412,105.21	1,998,136.13	22	412,095.11	1,998,228.72	40	412,123.52	1,998,224.13
5	412,110.79	1,998,140.48	23	412,097.97	1,998,228.72	41	412,123.49	1,998,223.29
6	412,110.82	1,998,140.72	24	412,100.74	1,998,228.73	42	412,113.46	1,998,139.70
7	412,112.05	1,998,150.78	25	412,103.45	1,998,228.75	43	412,113.21	1,998,137.61
8	412,104.48	1,998,151.68	26	412,106.10	1,998,228.78	44	412,113.03	1,998,136.76
9	412,105.65	1,998,161.28	27	412,108.72	1,998,228.81	45	412,112.71	1,998,135.95
10	412,094.18	1,998,162.68	28	412,111.32	1,998,228.84	46	412,112.25	1,998,135.21
11	412,094.51	1,998,165.67	29	412,113.93	1,998,228.86	47	412,111.67	1,998,134.56
12	412,113.45	1,998,163.34	30	412,116.55	1,998,228.88	48	412,110.99	1,998,134.02
13	412,119.06	1,998,209.00	31	412,118.52	1,998,228.88	49	412,110.23	1,998,133.61
14	412,093.65	1,998,212.12	32	412,119.36	1,998,228.81	50	412,109.40	1,998,133.34
15	412,094.82	1,998,222.12	33	412,120.18	1,998,228.60	51	412,108.54	1,998,133.21
16	412,086.74	1,998,223.12	34	412,120.95	1,998,228.26	52	412,107.67	1,998,133.23
17	412,083.49	1,998,223.52	35	412,121.65	1,998,227.79			
18	412,084.18	1,998,228.91	36	412,122.26	1,998,227.20			

Coordenadas Áreas libres polígono 29

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,979.63	1,998,165.45	11	412,024.25	1,998,144.61	21	411,974.52	1,998,149.51
2	411,978.95	1,998,159.92	12	412,023.57	1,998,144.08	22	411,973.99	1,998,150.09
3	411,978.01	1,998,152.26	13	412,022.80	1,998,143.66	23	411,973.55	1,998,150.75
4	412,008.18	1,998,148.55	14	412,021.98	1,998,143.39	24	411,973.22	1,998,151.46
5	412,009.80	1,998,161.71	15	412,021.12	1,998,143.26	25	411,973.01	1,998,152.22
6	412,027.21	1,998,159.55	16	412,020.25	1,998,143.29	26	411,972.92	1,998,153.01
7	412,025.78	1,998,147.66	17	411,977.35	1,998,148.22	27	411,972.95	1,998,153.79
8	412,025.61	1,998,146.81	18	411,976.57	1,998,148.37	28	411,974.43	1,998,165.79
9	412,025.28	1,998,146.00	19	411,975.83	1,998,148.64	29	411,974.46	1,998,166.09
10	412,024.83	1,998,145.26	20	411,975.14	1,998,149.03			

Coordenadas Áreas libres polígono 30

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	412,009.74	1,998,237.76	10	411,990.76	1,998,235.22	19	411,995.59	1,998,239.61
2	412,008.34	1,998,225.03	11	411,990.92	1,998,235.99	20	411,996.38	1,998,239.56
3	412,004.21	1,998,225.54	12	411,991.20	1,998,236.73	21	411,997.71	1,998,239.39
4	412,004.63	1,998,229.02	13	411,991.59	1,998,237.41	22	411,999.95	1,998,239.09
5	411,994.41	1,998,230.27	14	411,992.08	1,998,238.03	23	412,002.34	1,998,238.76
6	411,993.44	1,998,222.33	15	411,992.66	1,998,238.56	24	412,004.91	1,998,238.41
7	412,007.85	1,998,220.56	16	411,993.32	1,998,238.99	25	412,007.68	1,998,238.04
8	412,007.10	1,998,213.68	17	411,994.04	1,998,239.32			
9	411,988.41	1,998,216.04	18	411,994.80	1,998,239.52			

Coordenadas Áreas libres polígono 31

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,952.93	1,998,211.64	19	411,928.30	1,998,231.55	37	411,930.59	1,998,240.59
2	411,948.03	1,998,212.24	20	411,927.87	1,998,231.64	38	411,931.40	1,998,240.64
3	411,932.93	1,998,214.09	21	411,927.47	1,998,231.80	39	411,933.74	1,998,240.60
4	411,932.08	1,998,207.15	22	411,927.10	1,998,232.03	40	411,934.56	1,998,240.59
5	411,922.92	1,998,208.28	23	411,926.77	1,998,232.32	41	411,936.54	1,998,240.57
6	411,923.99	1,998,216.96	24	411,926.51	1,998,232.67	42	411,938.56	1,998,240.57
7	411,924.08	1,998,217.42	25	411,926.30	1,998,233.05	43	411,940.62	1,998,240.59
8	411,924.24	1,998,217.86	26	411,926.17	1,998,233.47	44	411,942.74	1,998,240.61
9	411,924.48	1,998,218.27	27	411,926.11	1,998,233.90	45	411,944.90	1,998,240.65
10	411,924.77	1,998,218.64	28	411,926.12	1,998,234.33	46	411,947.08	1,998,240.69
11	411,925.12	1,998,218.96	29	411,926.36	1,998,236.25	47	411,947.21	1,998,240.69
12	411,925.51	1,998,219.22	30	411,926.52	1,998,237.05	48	411,949.30	1,998,240.73
13	411,925.94	1,998,219.42	31	411,926.81	1,998,237.80	49	411,951.53	1,998,240.77
14	411,926.39	1,998,219.54	32	411,927.22	1,998,238.51	50	411,953.76	1,998,240.81
15	411,926.86	1,998,219.60	33	411,927.74	1,998,239.13	51	411,956.00	1,998,240.85
16	411,927.33	1,998,219.58	34	411,928.35	1,998,239.67	52	411,956.41	1,998,240.85
17	411,931.45	1,998,219.07	35	411,929.04	1,998,240.09			
18	411,932.92	1,998,230.98	36	411,929.79	1,998,240.40			

Coordenadas Áreas libres polígono 32

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,951.13	1,998,196.52	18	411,917.27	1,998,158.30	35	411,927.94	1,998,190.47
2	411,950.04	1,998,187.33	19	411,917.06	1,998,159.05	36	411,923.81	1,998,190.97
3	411,938.53	1,998,188.73	20	411,916.98	1,998,159.83	37	411,923.35	1,998,191.07
4	411,937.31	1,998,178.81	21	411,917.01	1,998,160.62	38	411,922.91	1,998,191.23
5	411,941.28	1,998,178.32	22	411,917.49	1,998,164.46	39	411,922.50	1,998,191.46
6	411,941.12	1,998,176.99	23	411,917.87	1,998,167.53	40	411,922.13	1,998,191.76
7	411,940.07	1,998,168.39	24	411,917.98	1,998,168.04	41	411,921.81	1,998,192.10
8	411,947.67	1,998,167.47	25	411,918.18	1,998,168.52	42	411,921.55	1,998,192.50
9	411,945.83	1,998,152.05	26	411,918.45	1,998,168.96	43	411,921.36	1,998,192.93
10	411,940.65	1,998,152.68	27	411,918.80	1,998,169.35	44	411,921.23	1,998,193.38
11	411,921.37	1,998,155.04	28	411,919.21	1,998,169.67	45	411,921.18	1,998,193.85
12	411,920.60	1,998,155.20	29	411,919.68	1,998,169.92	46	411,921.20	1,998,194.32

13	411,919.86	1,998,155.47	30	411,920.17	1,998,170.08	47	411,921.57	1,998,197.29
14	411,919.18	1,998,155.86	31	411,920.69	1,998,170.15	48	411,922.59	1,998,205.56
15	411,918.56	1,998,156.35	32	411,921.21	1,998,170.13	49	411,931.75	1,998,204.43
16	411,918.03	1,998,156.93	33	411,925.38	1,998,169.62	50	411,931.08	1,998,198.98
17	411,917.60	1,998,157.58	34	411,926.31	1,998,177.20			

Coordenadas Áreas libres polígono 33								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,864.09	1,998,162.04	12	411,877.82	1,998,211.13	23	411,911.07	1,998,158.82
2	411,866.46	1,998,182.77	13	411,877.66	1,998,209.83	24	411,910.48	1,998,158.17
3	411,871.53	1,998,182.13	14	411,881.53	1,998,209.35	25	411,909.80	1,998,157.63
4	411,886.87	1,998,180.20	15	411,881.68	1,998,210.58	26	411,909.03	1,998,157.22
5	411,888.99	1,998,197.07	16	411,917.54	1,998,206.18	27	411,908.20	1,998,156.95
6	411,868.38	1,998,199.66	17	411,916.52	1,998,197.91	28	411,907.34	1,998,156.83
7	411,869.39	1,998,208.54	18	411,913.86	1,998,176.17	29	411,906.47	1,998,156.86
8	411,873.81	1,998,208.00	19	411,912.38	1,998,164.02	30	411,890.97	1,998,158.76
9	411,874.84	1,998,208.80	20	411,912.04	1,998,161.22	31	411,883.16	1,998,159.71
10	411,875.11	1,998,208.77	21	411,911.86	1,998,160.36	32	411,868.33	1,998,161.52
11	411,876.08	1,998,209.77	22	411,911.53	1,998,159.56			

48. Áreas de corte y relleno

Tabla 71. Vértices del área de corte y relleno.

Coordenadas Área de corte y relleno polígono 1								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	412,462.75	1,997,707.11	9	412,402.59	1,997,719.88	17	412,412.57	1,997,728.61
2	412,458.47	1,997,690.05	10	412,403.36	1,997,722.01	18	412,414.29	1,997,728.50
3	412,450.57	1,997,696.96	11	412,404.08	1,997,723.57	19	412,415.95	1,997,728.09
4	412,447.57	1,997,700.05	12	412,405.06	1,997,724.99	20	412,444.61	1,997,718.45
5	412,444.28	1,997,703.00	13	412,406.27	1,997,726.21	21	412,450.70	1,997,715.69
6	412,440.50	1,997,706.30	14	412,407.66	1,997,727.21	22	412,456.42	1,997,712.25
7	412,439.71	1,997,706.81	15	412,409.21	1,997,727.96	23	412,461.70	1,997,708.15
8	412,421.70	1,997,716.02	16	412,410.86	1,997,728.43			

Coordenadas Área de corte y relleno polígono 2								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,715.95	1,997,826.49	132	411,622.58	1,997,782.59	263	411,499.57	1,997,745.37
2	411,715.17	1,997,825.87	133	411,622.32	1,997,782.45	264	411,499.00	1,997,745.43
3	411,714.42	1,997,825.28	134	411,622.05	1,997,782.30	265	411,498.46	1,997,745.47
4	411,713.80	1,997,824.95	135	411,621.79	1,997,782.17	266	411,498.42	1,997,745.47
5	411,711.86	1,997,823.93	136	411,621.52	1,997,782.04	267	411,497.66	1,997,745.43
6	411,711.84	1,997,823.92	137	411,621.25	1,997,781.92	268	411,497.65	1,997,745.43
7	411,711.79	1,997,823.90	138	411,621.01	1,997,781.80	269	411,496.62	1,997,745.32
8	411,710.83	1,997,823.47	139	411,620.77	1,997,781.69	270	411,495.66	1,997,745.30
9	411,708.72	1,997,822.53	140	411,620.52	1,997,781.58	271	411,495.55	1,997,745.30
10	411,708.64	1,997,822.50	141	411,620.37	1,997,781.51	272	411,492.95	1,997,745.43
11	411,706.75	1,997,821.72	142	411,620.00	1,997,781.23	273	411,491.80	1,997,745.49

12	411,705.88	1,997,821.40	143	411,619.20	1,997,780.57	274	411,490.43	1,997,745.61
13	411,704.77	1,997,820.97	144	411,617.66	1,997,779.43	275	411,489.34	1,997,745.72
14	411,703.49	1,997,820.47	145	411,617.53	1,997,779.37	276	411,489.29	1,997,745.73
15	411,702.78	1,997,820.19	146	411,617.10	1,997,779.22	277	411,488.89	1,997,745.79
16	411,701.97	1,997,819.91	147	411,616.62	1,997,779.06	278	411,488.49	1,997,745.86
17	411,700.19	1,997,819.43	148	411,616.24	1,997,778.91	279	411,488.09	1,997,745.94
18	411,700.09	1,997,819.40	149	411,615.44	1,997,778.54	280	411,488.05	1,997,745.94
19	411,699.70	1,997,819.29	150	411,615.27	1,997,778.44	281	411,485.00	1,997,746.47
20	411,698.04	1,997,818.68	151	411,614.30	1,997,777.76	282	411,484.48	1,997,746.56
21	411,697.56	1,997,818.49	152	411,613.01	1,997,776.94	283	411,483.33	1,997,746.87
22	411,696.76	1,997,818.22	153	411,612.15	1,997,776.40	284	411,483.15	1,997,746.90
23	411,695.54	1,997,817.80	154	411,611.58	1,997,775.69	285	411,483.03	1,997,746.93
24	411,695.24	1,997,817.71	155	411,610.96	1,997,775.68	286	411,480.95	1,997,747.40
25	411,695.21	1,997,817.70	156	411,610.02	1,997,775.44	287	411,479.31	1,997,747.77
26	411,695.20	1,997,817.70	157	411,608.55	1,997,774.81	288	411,479.18	1,997,747.80
27	411,695.07	1,997,817.66	158	411,608.40	1,997,774.77	289	411,478.94	1,997,747.85
28	411,693.24	1,997,817.20	159	411,608.34	1,997,774.75	290	411,477.97	1,997,748.10
29	411,692.57	1,997,817.09	160	411,605.55	1,997,773.89	291	411,476.29	1,997,748.49
30	411,692.04	1,997,816.97	161	411,604.44	1,997,773.62	292	411,476.22	1,997,748.52
31	411,690.74	1,997,816.82	162	411,603.22	1,997,773.32	293	411,475.69	1,997,748.69
32	411,690.42	1,997,816.77	163	411,602.95	1,997,773.23	294	411,475.56	1,997,748.74
33	411,689.59	1,997,816.72	164	411,600.75	1,997,772.58	295	411,475.29	1,997,748.83
34	411,689.36	1,997,816.69	165	411,599.76	1,997,772.40	296	411,472.66	1,997,749.69
35	411,689.11	1,997,816.67	166	411,599.55	1,997,772.21	297	411,471.08	1,997,750.19
36	411,688.16	1,997,816.75	167	411,599.12	1,997,772.10	298	411,469.58	1,997,750.64
37	411,687.94	1,997,816.76	168	411,598.73	1,997,771.95	299	411,469.28	1,997,750.74
38	411,685.78	1,997,816.82	169	411,596.64	1,997,770.88	300	411,466.96	1,997,751.60
39	411,684.44	1,997,817.14	170	411,595.19	1,997,769.87	301	411,465.22	1,997,752.16
40	411,683.73	1,997,817.37	171	411,595.12	1,997,769.82	302	411,464.21	1,997,752.55
41	411,682.17	1,997,817.78	172	411,594.85	1,997,769.59	303	411,463.24	1,997,752.98
42	411,679.83	1,997,818.23	173	411,594.82	1,997,769.55	304	411,461.94	1,997,753.52
43	411,679.54	1,997,818.35	174	411,593.43	1,997,768.35	305	411,460.89	1,997,754.43
44	411,678.97	1,997,818.51	175	411,593.25	1,997,768.20	306	411,460.78	1,997,754.50
45	411,677.61	1,997,819.01	176	411,591.57	1,997,767.04	307	411,460.75	1,997,754.57
46	411,677.54	1,997,819.02	177	411,590.92	1,997,766.63	308	411,460.22	1,997,755.49
47	411,675.64	1,997,819.07	178	411,590.49	1,997,766.34	309	411,458.85	1,997,756.25
48	411,674.90	1,997,819.06	179	411,589.63	1,997,765.71	310	411,458.41	1,997,756.24
49	411,674.22	1,997,819.09	180	411,587.62	1,997,764.45	311	411,456.29	1,997,756.39
50	411,674.20	1,997,819.09	181	411,587.46	1,997,764.35	312	411,455.97	1,997,756.41
51	411,674.00	1,997,819.06	182	411,586.69	1,997,763.97	313	411,455.93	1,997,756.41
52	411,673.51	1,997,818.92	183	411,584.43	1,997,762.86	314	411,455.81	1,997,756.41
53	411,671.48	1,997,818.36	184	411,583.82	1,997,762.21	315	411,455.59	1,997,756.41
54	411,671.39	1,997,818.32	185	411,583.60	1,997,761.95	316	411,455.25	1,997,756.40
55	411,670.64	1,997,817.98	186	411,583.31	1,997,761.67	317	411,454.97	1,997,756.40
56	411,669.95	1,997,817.71	187	411,583.03	1,997,761.49	318	411,454.85	1,997,756.40
57	411,669.82	1,997,817.65	188	411,581.52	1,997,760.37	319	411,454.08	1,997,756.39

58	411,668.62	1,997,816.96	189	411,580.87	1,997,759.93	320	411,453.43	1,997,757.25
59	411,668.50	1,997,816.89	190	411,579.48	1,997,759.03	321	411,453.36	1,997,757.38
60	411,668.33	1,997,816.83	191	411,577.35	1,997,757.81	322	411,453.25	1,997,757.59
61	411,668.32	1,997,816.82	192	411,577.01	1,997,757.62	323	411,452.74	1,997,758.19
62	411,668.04	1,997,816.79	193	411,576.56	1,997,757.42	324	411,452.61	1,997,758.37
63	411,667.60	1,997,816.67	194	411,574.62	1,997,756.23	325	411,452.49	1,997,758.47
64	411,667.33	1,997,816.51	195	411,572.54	1,997,755.14	326	411,451.90	1,997,759.01
65	411,666.01	1,997,816.06	196	411,571.75	1,997,754.75	327	411,451.74	1,997,759.12
66	411,665.82	1,997,815.99	197	411,568.97	1,997,753.41	328	411,451.56	1,997,759.35
67	411,665.77	1,997,815.97	198	411,568.65	1,997,753.25	329	411,450.94	1,997,759.68
68	411,665.59	1,997,815.90	199	411,568.44	1,997,753.15	330	411,449.81	1,997,760.32
69	411,664.98	1,997,815.31	200	411,565.09	1,997,751.66	331	411,448.15	1,997,761.20
70	411,664.67	1,997,815.13	201	411,564.54	1,997,751.42	332	411,447.99	1,997,761.29
71	411,663.47	1,997,814.14	202	411,564.40	1,997,751.36	333	411,447.87	1,997,761.36
72	411,663.43	1,997,814.10	203	411,563.50	1,997,750.94	334	411,446.47	1,997,762.27
73	411,659.58	1,997,811.77	204	411,561.85	1,997,750.13	335	411,445.36	1,997,762.86
74	411,659.48	1,997,811.70	205	411,559.28	1,997,748.73	336	411,444.71	1,997,763.24
75	411,659.45	1,997,811.67	206	411,559.22	1,997,748.70	337	411,444.29	1,997,763.55
76	411,657.27	1,997,809.88	207	411,556.77	1,997,747.45	338	411,444.00	1,997,763.80
77	411,656.28	1,997,808.91	208	411,556.16	1,997,747.20	339	411,443.63	1,997,764.22
78	411,656.12	1,997,808.77	209	411,554.89	1,997,746.61	340	411,443.33	1,997,764.51
79	411,655.76	1,997,808.49	210	411,552.66	1,997,745.63	341	411,442.50	1,997,765.20
80	411,655.55	1,997,808.36	211	411,552.11	1,997,745.36	342	411,441.00	1,997,766.17
81	411,655.53	1,997,808.34	212	411,551.86	1,997,745.28	343	411,440.99	1,997,766.18
82	411,655.53	1,997,808.34	213	411,551.73	1,997,745.22	344	411,440.96	1,997,766.19
83	411,655.37	1,997,808.18	214	411,551.47	1,997,745.11	345	411,439.58	1,997,767.16
84	411,654.64	1,997,807.32	215	411,548.54	1,997,743.95	346	411,439.44	1,997,767.28
85	411,654.05	1,997,806.67	216	411,547.31	1,997,743.48	347	411,438.34	1,997,768.14
86	411,654.04	1,997,806.67	217	411,546.49	1,997,743.23	348	411,438.26	1,997,768.19
87	411,654.00	1,997,806.65	218	411,545.97	1,997,743.06	349	411,437.79	1,997,768.52
88	411,653.66	1,997,806.52	219	411,545.47	1,997,742.93	350	411,437.05	1,997,769.05
89	411,653.40	1,997,806.43	220	411,541.03	1,997,741.74	351	411,436.96	1,997,769.11
90	411,652.87	1,997,806.07	221	411,540.85	1,997,741.69	352	411,436.83	1,997,769.21
91	411,652.14	1,997,805.65	222	411,540.78	1,997,741.67	353	411,436.53	1,997,769.44
92	411,651.58	1,997,805.21	223	411,540.21	1,997,741.55	354	411,435.72	1,997,770.09
93	411,650.77	1,997,804.65	224	411,539.72	1,997,741.44	355	411,435.41	1,997,770.44
94	411,650.41	1,997,804.38	225	411,539.23	1,997,741.35	356	411,434.85	1,997,771.08
95	411,649.73	1,997,803.84	226	411,538.74	1,997,741.26	357	411,434.69	1,997,771.27
96	411,648.30	1,997,802.60	227	411,538.25	1,997,741.18	358	411,434.49	1,997,771.48
97	411,647.13	1,997,801.43	228	411,537.75	1,997,741.10	359	411,434.12	1,997,772.07
98	411,646.59	1,997,800.96	229	411,537.26	1,997,741.03	360	411,433.28	1,997,772.87
99	411,646.38	1,997,800.79	230	411,536.76	1,997,740.97	361	411,433.12	1,997,773.05
100	411,644.20	1,997,799.08	231	411,536.35	1,997,740.93	362	411,433.03	1,997,773.12
101	411,642.35	1,997,797.90	232	411,535.94	1,997,740.89	363	411,431.73	1,997,774.03
102	411,642.22	1,997,797.82	233	411,535.45	1,997,740.87	364	411,431.66	1,997,774.10
103	411,640.91	1,997,796.90	234	411,534.95	1,997,740.85	365	411,431.62	1,997,774.11

104	411,638.37	1,997,795.21	235	411,534.66	1,997,740.84	366	411,431.59	1,997,774.13
105	411,638.12	1,997,795.03	236	411,533.15	1,997,740.81	367	411,431.22	1,997,774.42
106	411,637.84	1,997,794.80	237	411,530.64	1,997,740.87	368	411,430.64	1,997,774.85
107	411,637.19	1,997,794.33	238	411,526.85	1,997,740.98	369	411,430.44	1,997,775.01
108	411,636.32	1,997,793.68	239	411,526.41	1,997,741.04	370	411,429.36	1,997,775.73
109	411,635.76	1,997,793.24	240	411,525.01	1,997,741.18	371	411,429.02	1,997,775.98
110	411,635.30	1,997,792.87	241	411,524.74	1,997,741.19	372	411,428.73	1,997,776.19
111	411,633.95	1,997,791.93	242	411,521.24	1,997,741.44	373	411,428.49	1,997,776.37
112	411,633.02	1,997,791.26	243	411,520.71	1,997,741.46	374	411,429.79	1,997,778.56
113	411,632.51	1,997,790.86	244	411,520.09	1,997,741.54	375	411,429.38	1,997,778.78
114	411,632.45	1,997,790.79	245	411,515.29	1,997,742.17	376	411,422.71	1,997,782.26
115	411,632.44	1,997,790.78	246	411,514.47	1,997,742.28	377	411,417.93	1,997,782.29
116	411,632.32	1,997,790.69	247	411,513.75	1,997,742.38	378	411,417.88	1,997,784.80
117	411,632.03	1,997,790.45	248	411,513.28	1,997,742.40	379	411,446.94	1,997,784.45
118	411,631.65	1,997,790.12	249	411,513.22	1,997,742.42	380	411,452.42	1,997,784.53
119	411,630.64	1,997,789.17	250	411,513.14	1,997,742.44	381	411,522.46	1,997,787.34
120	411,629.28	1,997,787.90	251	411,511.71	1,997,742.76	382	411,532.78	1,997,788.02
121	411,628.90	1,997,787.54	252	411,511.35	1,997,742.86	383	411,543.06	1,997,789.22
122	411,628.80	1,997,787.49	253	411,511.11	1,997,742.90	384	411,553.26	1,997,790.93
123	411,627.76	1,997,786.58	254	411,510.87	1,997,742.97	385	411,617.34	1,997,801.53
124	411,626.40	1,997,785.61	255	411,507.95	1,997,743.68	386	411,625.43	1,997,803.30
125	411,626.32	1,997,785.54	256	411,507.41	1,997,743.81	387	411,633.39	1,997,805.64
126	411,624.03	1,997,783.74	257	411,505.57	1,997,744.30	388	411,641.16	1,997,808.53
127	411,623.59	1,997,783.24	258	411,504.19	1,997,744.66	389	411,648.70	1,997,811.97
128	411,623.58	1,997,783.24	259	411,503.44	1,997,744.84	390	411,657.98	1,997,815.65
129	411,623.34	1,997,783.07	260	411,503.32	1,997,744.87	391	411,667.50	1,997,818.66
130	411,623.09	1,997,782.90	261	411,502.95	1,997,744.92	392	411,677.21	1,997,821.00
131	411,622.83	1,997,782.74	262	411,500.16	1,997,745.31	393	411,687.05	1,997,822.65

Coordenadas Área de corte y relleno polígono 3

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,715.95	1,997,826.49	20	411,735.76	1,997,823.69	39	411,727.96	1,997,824.06
2	411,735.00	1,997,829.03	21	411,735.71	1,997,823.67	40	411,727.78	1,997,824.11
3	411,741.15	1,997,830.03	22	411,735.60	1,997,823.61	41	411,727.76	1,997,824.11
4	411,747.19	1,997,831.18	23	411,735.28	1,997,823.44	42	411,727.56	1,997,824.11
5	411,745.89	1,997,830.31	24	411,734.35	1,997,823.11	43	411,727.00	1,997,824.22
6	411,745.08	1,997,829.76	25	411,734.07	1,997,822.99	44	411,726.26	1,997,824.28
7	411,744.00	1,997,829.15	26	411,733.99	1,997,822.96	45	411,725.11	1,997,824.39
8	411,742.70	1,997,828.29	27	411,733.89	1,997,822.93	46	411,724.05	1,997,824.55
9	411,742.19	1,997,827.90	28	411,733.80	1,997,822.91	47	411,723.69	1,997,824.63
10	411,741.63	1,997,827.53	29	411,733.72	1,997,822.90	48	411,722.95	1,997,824.84
11	411,741.56	1,997,827.49	30	411,733.65	1,997,822.91	49	411,721.57	1,997,825.22
12	411,740.62	1,997,826.90	31	411,733.56	1,997,822.92	50	411,720.13	1,997,825.66
13	411,739.54	1,997,826.34	32	411,732.91	1,997,822.82	51	411,719.11	1,997,825.91
14	411,738.52	1,997,825.55	33	411,732.86	1,997,822.84	52	411,718.89	1,997,825.96
15	411,737.87	1,997,825.09	34	411,732.46	1,997,822.88	53	411,717.53	1,997,826.20
16	411,736.64	1,997,824.23	35	411,731.91	1,997,823.01	54	411,716.41	1,997,826.40

17	411,736.43	1,997,824.05	36	411,730.55	1,997,823.39	55	411,716.30	1,997,826.42
18	411,735.92	1,997,823.78	37	411,729.90	1,997,823.59			
19	411,735.86	1,997,823.74	38	411,729.66	1,997,823.66			

Coordenadas Área de corte y relleno polígono 4								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,348.82	1,997,826.21	75	411,363.70	1,997,785.27	149	411,319.08	1,997,810.15
2	411,348.99	1,997,825.39	76	411,363.44	1,997,785.23	150	411,318.71	1,997,810.26
3	411,353.75	1,997,801.67	77	411,363.19	1,997,785.20	151	411,318.44	1,997,810.28
4	411,363.56	1,997,803.63	78	411,362.94	1,997,785.17	152	411,318.16	1,997,810.30
5	411,358.80	1,997,827.36	79	411,362.71	1,997,785.17	153	411,317.90	1,997,810.37
6	411,358.67	1,997,827.91	80	411,361.82	1,997,785.19	154	411,317.63	1,997,810.44
7	411,364.80	1,997,828.96	81	411,359.54	1,997,786.80	155	411,317.36	1,997,810.51
8	411,368.08	1,997,809.96	82	411,359.40	1,997,786.90	156	411,317.07	1,997,810.57
9	411,369.21	1,997,805.47	83	411,359.36	1,997,786.94	157	411,316.72	1,997,810.64
10	411,371.02	1,997,801.22	84	411,359.15	1,997,787.13	158	411,316.37	1,997,810.72
11	411,373.46	1,997,797.29	85	411,357.93	1,997,788.15	159	411,316.02	1,997,810.81
12	411,376.48	1,997,793.79	86	411,357.37	1,997,788.62	160	411,315.90	1,997,810.83
13	411,379.99	1,997,790.79	87	411,357.15	1,997,788.80	161	411,315.53	1,997,810.87
14	411,383.93	1,997,788.37	88	411,357.07	1,997,788.88	162	411,315.16	1,997,810.91
15	411,388.19	1,997,786.58	89	411,355.94	1,997,789.93	163	411,314.80	1,997,810.95
16	411,392.68	1,997,785.46	90	411,355.10	1,997,791.03	164	411,314.72	1,997,810.97
17	411,397.28	1,997,785.05	91	411,354.44	1,997,791.80	165	411,314.37	1,997,811.12
18	411,407.33	1,997,784.93	92	411,353.61	1,997,792.63	166	411,314.02	1,997,811.27
19	411,407.37	1,997,782.37	93	411,352.97	1,997,793.25	167	411,313.68	1,997,811.44
20	411,402.64	1,997,782.41	94	411,352.09	1,997,793.72	168	411,313.34	1,997,811.61
21	411,397.72	1,997,780.42	95	411,351.93	1,997,794.03	169	411,313.22	1,997,811.72
22	411,396.81	1,997,780.22	96	411,351.58	1,997,794.19	170	411,312.91	1,997,811.85
23	411,396.32	1,997,780.20	97	411,351.40	1,997,794.35	171	411,312.61	1,997,811.98
24	411,396.07	1,997,780.27	98	411,350.97	1,997,794.66	172	411,311.99	1,997,812.25
25	411,395.35	1,997,780.50	99	411,350.91	1,997,794.68	173	411,311.93	1,997,812.28
26	411,394.79	1,997,780.69	100	411,350.24	1,997,794.89	174	411,311.91	1,997,812.29
27	411,393.52	1,997,781.14	101	411,349.23	1,997,794.87	175	411,311.65	1,997,812.71
28	411,393.10	1,997,781.37	102	411,348.72	1,997,794.88	176	411,311.58	1,997,812.83
29	411,392.32	1,997,781.54	103	411,348.37	1,997,794.88	177	411,311.51	1,997,812.95
30	411,391.67	1,997,781.70	104	411,347.83	1,997,795.07	178	411,309.60	1,997,815.16
31	411,391.54	1,997,781.71	105	411,346.05	1,997,795.89	179	411,309.40	1,997,815.45
32	411,390.61	1,997,781.81	106	411,344.30	1,997,797.12	180	411,309.29	1,997,815.60
33	411,388.08	1,997,781.91	107	411,342.54	1,997,798.52	181	411,309.25	1,997,815.67
34	411,386.86	1,997,781.93	108	411,341.66	1,997,799.23	182	411,309.24	1,997,815.70
35	411,384.84	1,997,781.95	109	411,340.98	1,997,799.87	183	411,309.16	1,997,816.15
36	411,381.69	1,997,782.06	110	411,340.14	1,997,800.77	184	411,308.99	1,997,816.58
37	411,381.57	1,997,782.06	111	411,339.03	1,997,801.78	185	411,308.06	1,997,818.31
38	411,381.53	1,997,782.07	112	411,338.33	1,997,802.20	186	411,307.95	1,997,818.62
39	411,381.46	1,997,782.08	113	411,338.17	1,997,802.30	187	411,307.95	1,997,818.62
40	411,381.44	1,997,782.09	114	411,337.24	1,997,802.79	188	411,307.98	1,997,818.75
41	411,381.26	1,997,782.10	115	411,335.69	1,997,803.58	189	411,308.16	1,997,820.44

42	411,381.09	1,997,782.09	116	411,334.09	1,997,804.29	190	411,308.28	1,997,820.65
43	411,380.90	1,997,782.11	117	411,332.93	1,997,804.68	191	411,308.32	1,997,821.04
44	411,380.64	1,997,782.12	118	411,332.88	1,997,804.70	192	411,308.49	1,997,821.44
45	411,379.91	1,997,782.14	119	411,332.87	1,997,804.70	193	411,308.13	1,997,821.97
46	411,377.79	1,997,782.21	120	411,332.85	1,997,804.71	194	411,308.10	1,997,822.21
47	411,376.83	1,997,782.13	121	411,330.87	1,997,805.12	195	411,307.95	1,997,822.38
48	411,375.13	1,997,782.05	122	411,329.86	1,997,805.63	196	411,306.83	1,997,823.32
49	411,374.57	1,997,782.12	123	411,328.11	1,997,806.60	197	411,306.38	1,997,823.58
50	411,374.07	1,997,782.19	124	411,327.22	1,997,807.09	198	411,305.45	1,997,823.93
51	411,372.86	1,997,782.41	125	411,327.13	1,997,807.15	199	411,305.41	1,997,824.00
52	411,372.01	1,997,782.58	126	411,326.89	1,997,807.25	200	411,305.36	1,997,824.11
53	411,370.57	1,997,783.05	127	411,326.39	1,997,807.45	201	411,305.31	1,997,824.22
54	411,368.79	1,997,783.56	128	411,325.52	1,997,807.75	202	411,305.11	1,997,824.65
55	411,368.30	1,997,783.67	129	411,325.22	1,997,807.85	203	411,304.98	1,997,824.93
56	411,368.07	1,997,783.73	130	411,324.92	1,997,807.96	204	411,304.74	1,997,825.45
57	411,367.83	1,997,783.80	131	411,324.63	1,997,808.08	205	411,304.68	1,997,825.59
58	411,367.58	1,997,783.87	132	411,324.33	1,997,808.19	206	411,304.56	1,997,825.85
59	411,367.32	1,997,783.95	133	411,324.01	1,997,808.30	207	411,304.41	1,997,826.19
60	411,367.07	1,997,784.04	134	411,323.69	1,997,808.42	208	411,304.39	1,997,826.23
61	411,366.79	1,997,784.14	135	411,323.37	1,997,808.54	209	411,304.41	1,997,826.27
62	411,366.51	1,997,784.25	136	411,323.05	1,997,808.66	210	411,304.39	1,997,826.33
63	411,366.24	1,997,784.36	137	411,322.72	1,997,808.81	211	411,304.39	1,997,826.33
64	411,366.00	1,997,784.46	138	411,322.40	1,997,808.97	212	411,304.39	1,997,826.34
65	411,365.76	1,997,784.57	139	411,322.07	1,997,809.14	213	411,304.54	1,997,827.65
66	411,365.62	1,997,784.65	140	411,321.89	1,997,809.21	214	411,304.38	1,997,827.93
67	411,365.47	1,997,784.72	141	411,321.71	1,997,809.29	215	411,304.35	1,997,828.14
68	411,365.22	1,997,784.89	142	411,321.34	1,997,809.42	216	411,304.07	1,997,828.68
69	411,365.06	1,997,785.00	143	411,320.97	1,997,809.55	217	411,303.51	1,997,829.57
70	411,364.91	1,997,785.11	144	411,320.60	1,997,809.69	218	411,302.72	1,997,831.20
71	411,364.69	1,997,785.20	145	411,320.24	1,997,809.84	219	411,336.91	1,997,831.22
72	411,364.47	1,997,785.30	146	411,319.97	1,997,809.91	220	411,340.31	1,997,824.74
73	411,364.25	1,997,785.40	147	411,319.70	1,997,809.98			
74	411,363.95	1,997,785.31	148	411,319.44	1,997,810.05			

Coordenadas Área de corte y relleno polígono 5								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,747.19	1,997,831.18	20	411,781.04	1,997,833.04	39	411,763.62	1,997,829.87
2	411,808.52	1,997,842.91	21	411,778.84	1,997,832.14	40	411,761.01	1,997,829.75
3	411,807.70	1,997,842.72	22	411,778.26	1,997,831.91	41	411,759.66	1,997,829.66
4	411,806.67	1,997,842.49	23	411,776.80	1,997,831.41	42	411,759.30	1,997,829.66
5	411,806.35	1,997,842.43	24	411,776.45	1,997,831.33	43	411,758.87	1,997,829.67
6	411,802.91	1,997,841.52	25	411,775.87	1,997,831.17	44	411,758.61	1,997,829.67
7	411,801.95	1,997,841.18	26	411,774.46	1,997,830.86	45	411,757.35	1,997,829.75
8	411,801.45	1,997,841.01	27	411,773.81	1,997,830.74	46	411,757.02	1,997,829.77
9	411,800.15	1,997,840.65	28	411,773.51	1,997,830.68	47	411,756.15	1,997,829.84
10	411,797.93	1,997,839.86	29	411,772.56	1,997,830.51	48	411,753.23	1,997,830.05
11	411,796.44	1,997,839.33	30	411,772.20	1,997,830.47	49	411,752.36	1,997,830.13

12	411,793.35	1,997,838.14	31	411,770.49	1,997,830.40	50	411,749.68	1,997,830.49
13	411,792.75	1,997,837.91	32	411,770.13	1,997,830.36	51	411,749.37	1,997,830.53
14	411,792.46	1,997,837.80	33	411,769.39	1,997,830.33	52	411,749.36	1,997,830.53
15	411,791.15	1,997,837.26	34	411,768.41	1,997,830.29	53	411,749.33	1,997,830.54
16	411,789.62	1,997,836.66	35	411,768.01	1,997,830.27	54	411,749.26	1,997,830.56
17	411,787.81	1,997,835.89	36	411,766.43	1,997,830.12	55	411,749.18	1,997,830.59
18	411,785.27	1,997,834.89	37	411,765.21	1,997,830.05			
19	411,783.16	1,997,833.99	38	411,764.10	1,997,829.91			

Coordenadas Área de corte y relleno polígono 6

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,334.53	1,997,836.20	13	411,296.51	1,997,843.23	25	411,293.13	1,997,853.84
2	411,300.08	1,997,836.18	14	411,295.81	1,997,844.86	26	411,292.44	1,997,854.56
3	411,299.49	1,997,837.60	15	411,295.81	1,997,844.87	27	411,291.03	1,997,856.75
4	411,299.37	1,997,837.92	16	411,295.81	1,997,844.89	28	411,290.48	1,997,857.73
5	411,299.19	1,997,838.46	17	411,295.84	1,997,846.76	29	411,290.13	1,997,858.47
6	411,298.87	1,997,839.25	18	411,295.74	1,997,847.40	30	411,290.03	1,997,858.68
7	411,297.65	1,997,840.86	19	411,295.74	1,997,847.43	31	411,289.86	1,997,859.03
8	411,297.57	1,997,841.00	20	411,295.72	1,997,847.46	32	411,294.16	1,997,860.33
9	411,297.26	1,997,841.62	21	411,294.88	1,997,850.01	33	411,303.63	1,997,863.58
10	411,296.97	1,997,842.22	22	411,294.27	1,997,851.37	34	411,305.85	1,997,864.51
11	411,296.58	1,997,843.08	23	411,293.68	1,997,852.42	35	411,309.71	1,997,865.25
12	411,296.55	1,997,843.16	24	411,293.35	1,997,853.33	36	411,319.95	1,997,868.18

Coordenadas Área de corte y relleno polígono 7

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,808.52	1,997,842.91	182	412,155.21	1,997,905.10	363	411,942.09	1,997,814.06
2	411,832.47	1,997,847.48	183	412,149.91	1,997,899.18	364	411,941.73	1,997,813.72
3	411,840.33	1,997,849.29	184	412,145.23	1,997,892.80	365	411,941.37	1,997,813.38
4	411,848.03	1,997,851.66	185	412,132.27	1,997,877.54	366	411,941.01	1,997,813.05
5	411,855.55	1,997,854.60	186	412,118.04	1,997,863.46	367	411,940.63	1,997,812.73
6	411,861.12	1,997,857.03	187	412,116.85	1,997,862.45	368	411,940.26	1,997,812.41
7	411,861.86	1,997,857.29	188	412,110.56	1,997,857.16	369	411,939.88	1,997,812.09
8	411,862.64	1,997,857.42	189	412,103.81	1,997,852.17	370	411,939.49	1,997,811.78
9	411,863.42	1,997,857.44	190	412,096.75	1,997,847.42	371	411,939.10	1,997,811.48
10	411,864.20	1,997,857.33	191	412,095.12	1,997,846.40	372	411,938.71	1,997,811.18
11	411,864.96	1,997,857.10	192	412,089.24	1,997,842.86	373	411,938.26	1,997,810.89
12	411,865.66	1,997,856.75	193	412,081.19	1,997,838.15	374	411,937.81	1,997,810.60
13	411,866.31	1,997,856.30	194	412,072.31	1,997,832.79	375	411,937.76	1,997,810.57
14	411,866.87	1,997,855.75	195	412,068.19	1,997,830.72	376	411,937.72	1,997,810.55
15	411,867.34	1,997,855.12	196	412,062.31	1,997,828.81	377	411,937.62	1,997,810.52
16	411,867.71	1,997,854.43	197	412,053.00	1,997,832.91	378	411,937.15	1,997,810.31
17	411,870.42	1,997,848.15	198	412,044.31	1,997,837.22	379	411,936.69	1,997,810.11
18	411,870.53	1,997,847.86	199	412,036.17	1,997,841.98	380	411,936.22	1,997,809.91
19	411,870.75	1,997,847.05	200	412,035.76	1,997,842.26	381	411,935.74	1,997,809.72
20	411,870.83	1,997,846.22	201	412,026.93	1,997,849.37	382	411,935.28	1,997,809.59
21	411,870.76	1,997,845.38	202	412,017.45	1,997,858.30	383	411,934.92	1,997,809.46
22	411,870.56	1,997,844.57	203	412,015.15	1,997,859.93	384	411,934.56	1,997,809.33

23	411,870.23	1,997,843.80	204	412,006.18	1,997,865.01	385	411,934.33	1,997,809.26
24	411,869.77	1,997,843.10	205	411,992.53	1,997,870.29	386	411,934.08	1,997,809.17
25	411,869.20	1,997,842.48	206	411,992.03	1,997,870.49	387	411,933.83	1,997,809.08
26	411,868.54	1,997,841.97	207	411,979.57	1,997,877.34	388	411,933.77	1,997,809.06
27	411,867.80	1,997,841.58	208	411,976.61	1,997,880.73	389	411,933.40	1,997,808.93
28	411,851.71	1,997,834.68	209	411,975.31	1,997,884.06	390	411,933.03	1,997,808.80
29	411,865.44	1,997,802.48	210	411,974.42	1,997,884.00	391	411,932.60	1,997,808.58
30	411,925.17	1,997,828.11	211	411,972.91	1,997,883.66	392	411,932.28	1,997,808.31
31	411,911.44	1,997,860.31	212	411,971.76	1,997,883.53	393	411,931.63	1,997,808.02
32	411,886.23	1,997,849.49	213	411,969.97	1,997,883.02	394	411,931.55	1,997,807.99
33	411,885.43	1,997,849.23	214	411,968.13	1,997,882.62	395	411,929.64	1,997,807.13
34	411,884.60	1,997,849.10	215	411,967.67	1,997,882.42	396	411,929.07	1,997,806.88
35	411,883.76	1,997,849.11	216	411,966.17	1,997,881.87	397	411,928.30	1,997,806.55
36	411,882.93	1,997,849.27	217	411,965.85	1,997,881.75	398	411,927.68	1,997,806.28
37	411,882.14	1,997,849.56	218	411,965.19	1,997,881.36	399	411,927.64	1,997,806.27
38	411,881.41	1,997,849.98	219	411,964.24	1,997,880.70	400	411,927.60	1,997,806.25
39	411,880.76	1,997,850.52	220	411,964.13	1,997,880.64	401	411,927.44	1,997,806.18
40	411,880.21	1,997,851.16	221	411,961.97	1,997,879.37	402	411,926.99	1,997,805.98
41	411,879.78	1,997,851.88	222	411,961.94	1,997,879.36	403	411,925.72	1,997,805.45
42	411,879.68	1,997,852.09	223	411,960.19	1,997,878.75	404	411,925.64	1,997,805.42
43	411,876.90	1,997,858.48	224	411,958.48	1,997,878.32	405	411,924.53	1,997,804.97
44	411,876.63	1,997,859.30	225	411,956.79	1,997,877.86	406	411,923.99	1,997,804.76
45	411,876.50	1,997,860.17	226	411,955.82	1,997,877.86	407	411,919.60	1,997,803.85
46	411,876.52	1,997,861.04	227	411,953.78	1,997,877.40	408	411,918.86	1,997,803.64
47	411,876.69	1,997,861.89	228	411,953.33	1,997,877.50	409	411,918.57	1,997,803.67
48	411,877.01	1,997,862.70	229	411,949.66	1,997,876.39	410	411,918.46	1,997,803.71
49	411,877.46	1,997,863.44	230	411,949.58	1,997,876.37	411	411,917.02	1,997,803.94
50	411,878.04	1,997,864.09	231	411,949.46	1,997,876.34	412	411,915.79	1,997,804.25
51	411,878.72	1,997,864.64	232	411,949.11	1,997,876.20	413	411,915.45	1,997,804.36
52	411,879.49	1,997,865.05	233	411,949.05	1,997,876.18	414	411,915.02	1,997,804.48
53	411,893.18	1,997,871.03	234	411,947.73	1,997,875.81	415	411,913.58	1,997,804.64
54	411,899.42	1,997,874.02	235	411,946.07	1,997,875.39	416	411,913.06	1,997,804.84
55	411,905.44	1,997,877.44	236	411,944.20	1,997,874.93	417	411,911.83	1,997,804.98
56	411,974.48	1,997,919.82	237	411,942.91	1,997,874.48	418	411,909.24	1,997,804.95
57	411,976.48	1,997,920.92	238	411,942.22	1,997,874.20	419	411,909.22	1,997,804.95
58	411,978.63	1,997,921.68	239	411,941.90	1,997,874.08	420	411,909.21	1,997,804.95
59	411,980.89	1,997,922.07	240	411,939.15	1,997,873.49	421	411,906.29	1,997,804.78
60	411,983.17	1,997,922.08	241	411,938.55	1,997,873.32	422	411,904.00	1,997,804.52
61	411,985.43	1,997,921.70	242	411,936.12	1,997,872.81	423	411,903.01	1,997,804.46
62	411,987.59	1,997,920.96	243	411,936.11	1,997,872.80	424	411,901.34	1,997,804.34
63	411,989.60	1,997,919.87	244	411,936.11	1,997,872.80	425	411,899.71	1,997,804.13
64	411,991.40	1,997,918.46	245	411,936.10	1,997,872.80	426	411,897.76	1,997,803.86
65	411,995.17	1,997,914.27	246	411,935.86	1,997,872.69	427	411,896.05	1,997,803.65
66	411,998.52	1,997,909.74	247	411,935.08	1,997,872.34	428	411,895.84	1,997,803.61
67	412,001.39	1,997,904.89	248	411,930.29	1,997,870.18	429	411,895.58	1,997,803.55
68	412,007.41	1,997,896.09	249	411,929.46	1,997,869.89	430	411,890.23	1,997,802.24

69	412,014.02	1,997,887.72	250	411,928.27	1,997,869.32	431	411,886.89	1,997,801.47
70	412,021.21	1,997,879.84	251	411,928.83	1,997,868.12	432	411,884.91	1,997,801.04
71	412,028.92	1,997,872.48	252	411,929.01	1,997,867.84	433	411,883.08	1,997,800.65
72	412,037.13	1,997,865.67	253	411,929.35	1,997,867.25	434	411,882.05	1,997,800.46
73	412,042.53	1,997,862.25	254	411,930.40	1,997,865.72	435	411,880.12	1,997,800.08
74	412,048.32	1,997,859.52	255	411,931.11	1,997,864.61	436	411,877.86	1,997,799.60
75	412,054.40	1,997,857.53	256	411,931.34	1,997,864.20	437	411,875.20	1,997,799.05
76	412,060.69	1,997,856.32	257	411,931.43	1,997,863.91	438	411,874.77	1,997,798.96
77	412,067.07	1,997,855.89	258	411,931.80	1,997,862.92	439	411,870.93	1,997,798.31
78	412,073.46	1,997,856.26	259	411,931.96	1,997,862.32	440	411,870.77	1,997,798.28
79	412,079.76	1,997,857.42	260	411,932.22	1,997,861.09	441	411,867.89	1,997,798.09
80	412,085.86	1,997,859.35	261	411,932.56	1,997,859.70	442	411,867.33	1,997,798.06
81	412,091.67	1,997,862.03	262	411,932.61	1,997,859.48	443	411,867.16	1,997,798.05
82	412,097.11	1,997,865.40	263	411,932.63	1,997,859.40	444	411,866.98	1,997,798.04
83	412,102.08	1,997,869.43	264	411,932.66	1,997,859.23	445	411,866.80	1,997,798.05
84	412,106.52	1,997,874.04	265	411,932.67	1,997,859.20	446	411,866.62	1,997,798.06
85	412,143.91	1,997,912.67	266	411,933.02	1,997,858.13	447	411,866.45	1,997,798.07
86	412,149.11	1,997,917.73	267	411,933.14	1,997,857.76	448	411,866.27	1,997,798.10
87	412,154.64	1,997,922.44	268	411,933.16	1,997,857.69	449	411,866.10	1,997,798.13
88	412,160.45	1,997,926.79	269	411,933.87	1,997,855.64	450	411,865.92	1,997,798.16
89	412,167.22	1,997,930.59	270	411,933.94	1,997,855.47	451	411,865.75	1,997,798.20
90	412,174.26	1,997,933.85	271	411,934.23	1,997,854.76	452	411,865.58	1,997,798.25
91	412,181.54	1,997,936.55	272	411,934.59	1,997,854.02	453	411,865.41	1,997,798.31
92	412,189.00	1,997,938.68	273	411,934.70	1,997,853.80	454	411,865.24	1,997,798.37
93	412,196.60	1,997,940.22	274	411,935.43	1,997,852.49	455	411,865.12	1,997,798.42
94	412,204.31	1,997,941.17	275	411,936.40	1,997,850.80	456	411,865.00	1,997,798.47
95	412,212.06	1,997,941.51	276	411,936.55	1,997,850.59	457	411,864.88	1,997,798.52
96	412,220.40	1,997,940.83	277	411,936.73	1,997,850.33	458	411,864.71	1,997,798.58
97	412,228.65	1,997,939.45	278	411,938.27	1,997,848.38	459	411,864.54	1,997,798.65
98	412,236.76	1,997,937.38	279	411,938.80	1,997,847.85	460	411,864.38	1,997,798.73
99	412,244.66	1,997,934.64	280	411,939.98	1,997,846.91	461	411,864.21	1,997,798.81
100	412,252.30	1,997,931.23	281	411,940.66	1,997,846.29	462	411,864.06	1,997,798.90
101	412,259.63	1,997,927.19	282	411,941.66	1,997,845.52	463	411,863.90	1,997,799.00
102	412,266.59	1,997,922.55	283	411,943.28	1,997,844.00	464	411,863.75	1,997,799.11
103	412,273.13	1,997,917.33	284	411,943.46	1,997,843.85	465	411,863.61	1,997,799.22
104	412,279.21	1,997,911.58	285	411,943.56	1,997,843.76	466	411,863.47	1,997,799.33
105	412,284.78	1,997,905.33	286	411,945.33	1,997,842.01	467	411,863.33	1,997,799.46
106	412,289.80	1,997,898.64	287	411,945.56	1,997,841.77	468	411,863.20	1,997,799.58
107	412,294.23	1,997,891.55	288	411,946.50	1,997,840.54	469	411,863.08	1,997,799.72
108	412,298.06	1,997,884.11	289	411,947.53	1,997,839.40	470	411,862.96	1,997,799.85
109	412,325.02	1,997,806.43	290	411,947.58	1,997,839.29	471	411,862.84	1,997,800.00
110	412,328.58	1,997,797.49	291	411,947.59	1,997,839.27	472	411,862.74	1,997,800.15
111	412,332.86	1,997,788.87	292	411,947.59	1,997,839.26	473	411,862.64	1,997,800.30
112	412,337.82	1,997,780.62	293	411,947.67	1,997,839.08	474	411,862.54	1,997,800.45
113	412,343.44	1,997,772.80	294	411,948.18	1,997,837.95	475	411,862.46	1,997,800.62
114	412,349.67	1,997,765.47	295	411,948.19	1,997,837.93	476	411,862.38	1,997,800.78

115	412,356.47	1,997,758.66	296	411,948.33	1,997,837.60	477	411,862.30	1,997,800.95
116	412,363.81	1,997,752.43	297	411,948.47	1,997,837.26	478	411,862.24	1,997,801.12
117	412,371.63	1,997,746.82	298	411,948.55	1,997,837.06	479	411,862.05	1,997,801.63
118	412,379.87	1,997,741.86	299	411,948.63	1,997,836.85	480	411,861.62	1,997,802.49
119	412,388.50	1,997,737.58	300	411,948.77	1,997,836.49	481	411,861.01	1,997,803.91
120	412,389.95	1,997,736.78	301	411,948.90	1,997,836.12	482	411,860.41	1,997,805.33
121	412,391.26	1,997,735.75	302	411,949.02	1,997,835.76	483	411,860.30	1,997,805.63
122	412,392.37	1,997,734.51	303	411,949.14	1,997,835.39	484	411,859.91	1,997,806.73
123	412,393.27	1,997,733.11	304	411,949.26	1,997,835.02	485	411,859.54	1,997,807.57
124	412,393.92	1,997,731.58	305	411,949.36	1,997,834.66	486	411,859.44	1,997,807.87
125	412,394.31	1,997,729.97	306	411,949.45	1,997,834.30	487	411,859.35	1,997,808.15
126	412,394.42	1,997,728.31	307	411,949.54	1,997,833.93	488	411,859.12	1,997,808.75
127	412,394.26	1,997,726.65	308	411,949.62	1,997,833.57	489	411,858.94	1,997,809.23
128	412,393.83	1,997,725.05	309	411,949.68	1,997,833.29	490	411,858.87	1,997,809.40
129	412,393.38	1,997,723.83	310	411,949.74	1,997,833.00	491	411,858.47	1,997,810.37
130	412,386.14	1,997,727.06	311	411,949.79	1,997,832.71	492	411,858.19	1,997,811.05
131	412,382.47	1,997,730.00	312	411,949.84	1,997,832.41	493	411,858.13	1,997,811.18
132	412,377.51	1,997,733.71	313	411,949.86	1,997,832.31	494	411,857.82	1,997,811.80
133	412,369.49	1,997,740.62	314	411,949.88	1,997,832.15	495	411,857.50	1,997,812.57
134	412,365.20	1,997,744.23	315	411,949.94	1,997,831.72	496	411,856.27	1,997,815.04
135	412,361.56	1,997,747.30	316	411,949.98	1,997,831.30	497	411,855.52	1,997,816.59
136	412,353.90	1,997,754.19	317	411,950.01	1,997,830.87	498	411,855.05	1,997,817.60
137	412,348.99	1,997,758.71	318	411,949.96	1,997,830.50	499	411,854.65	1,997,818.50
138	412,346.18	1,997,761.07	319	411,949.91	1,997,830.13	500	411,853.63	1,997,820.82
139	412,338.68	1,997,768.35	320	411,949.85	1,997,829.77	501	411,852.63	1,997,823.30
140	412,333.21	1,997,773.96	321	411,949.78	1,997,829.41	502	411,849.84	1,997,829.76
141	412,331.24	1,997,775.97	322	411,949.70	1,997,828.96	503	411,848.32	1,997,833.23
142	412,323.70	1,997,783.95	323	411,949.62	1,997,828.52	504	411,846.50	1,997,837.38
143	412,320.04	1,997,792.02	324	411,949.53	1,997,828.08	505	411,844.91	1,997,840.76
144	412,319.22	1,997,793.68	325	411,949.44	1,997,827.63	506	411,843.19	1,997,844.38
145	412,314.49	1,997,802.68	326	411,949.33	1,997,827.20	507	411,843.16	1,997,844.47
146	412,311.24	1,997,812.18	327	411,949.22	1,997,826.76	508	411,842.96	1,997,844.92
147	412,305.93	1,997,831.50	328	411,949.10	1,997,826.32	509	411,842.61	1,997,845.72
148	412,300.11	1,997,850.65	329	411,948.96	1,997,826.01	510	411,842.58	1,997,845.79
149	412,289.63	1,997,868.19	330	411,948.91	1,997,825.88	511	411,842.42	1,997,845.74
150	412,284.18	1,997,876.13	331	411,948.79	1,997,825.52	512	411,841.51	1,997,845.46
151	412,282.96	1,997,882.84	332	411,948.66	1,997,825.16	513	411,841.37	1,997,845.42
152	412,282.90	1,997,883.00	333	411,948.53	1,997,824.80	514	411,841.22	1,997,845.38
153	412,280.15	1,997,888.96	334	411,948.38	1,997,824.39	515	411,840.68	1,997,845.26
154	412,276.90	1,997,894.95	335	411,948.23	1,997,823.99	516	411,839.98	1,997,845.10
155	412,274.72	1,997,897.93	336	411,948.07	1,997,823.59	517	411,838.17	1,997,844.68
156	412,272.87	1,997,900.44	337	411,947.90	1,997,823.19	518	411,837.27	1,997,844.48
157	412,268.62	1,997,905.89	338	411,947.73	1,997,822.79	519	411,836.84	1,997,844.38
158	412,263.86	1,997,911.10	339	411,947.56	1,997,822.39	520	411,836.53	1,997,844.31
159	412,258.87	1,997,916.07	340	411,947.38	1,997,822.00	521	411,836.42	1,997,844.29
160	412,253.26	1,997,920.49	341	411,947.31	1,997,821.85	522	411,835.13	1,997,844.04

161	412,251.17	1,997,921.84	342	411,947.27	1,997,821.76	523	411,833.33	1,997,843.71
162	412,247.18	1,997,924.33	343	411,947.09	1,997,821.35	524	411,833.19	1,997,843.69
163	412,240.71	1,997,927.57	344	411,946.90	1,997,820.94	525	411,833.02	1,997,843.66
164	412,235.12	1,997,929.76	345	411,946.70	1,997,820.53	526	411,832.04	1,997,843.54
165	412,233.93	1,997,930.20	346	411,946.50	1,997,820.13	527	411,827.95	1,997,842.97
166	412,226.84	1,997,931.71	347	411,946.30	1,997,819.73	528	411,825.45	1,997,842.60
167	412,219.65	1,997,932.71	348	411,946.08	1,997,819.33	529	411,822.79	1,997,842.32
168	412,218.40	1,997,932.77	349	411,945.87	1,997,818.93	530	411,822.03	1,997,842.23
169	412,212.02	1,997,932.69	350	411,945.64	1,997,818.54	531	411,821.51	1,997,842.17
170	412,205.00	1,997,931.91	351	411,945.42	1,997,818.15	532	411,821.22	1,997,842.13
171	412,200.25	1,997,930.90	352	411,945.20	1,997,817.79	533	411,820.03	1,997,841.95
172	412,198.21	1,997,930.50	353	411,944.98	1,997,817.44	534	411,818.60	1,997,841.77
173	412,191.60	1,997,928.61	354	411,944.82	1,997,817.21	535	411,818.33	1,997,841.72
174	412,185.15	1,997,926.41	355	411,944.57	1,997,816.86	536	411,818.14	1,997,841.69
175	412,184.53	1,997,926.10	356	411,944.32	1,997,816.51	537	411,815.89	1,997,841.51
176	412,179.16	1,997,923.23	357	411,944.06	1,997,816.17	538	411,813.08	1,997,841.74
177	412,173.28	1,997,920.02	358	411,943.80	1,997,815.83	539	411,811.67	1,997,842.13
178	412,169.41	1,997,917.52	359	411,943.47	1,997,815.46	540	411,810.79	1,997,842.32
179	412,167.85	1,997,916.52	360	411,943.13	1,997,815.11	541	411,809.94	1,997,842.58
180	412,161.23	1,997,911.18	361	411,942.79	1,997,814.75			
181	412,156.24	1,997,906.16	362	411,942.44	1,997,814.40			

Coordenadas Área de corte y relleno polígono 8

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,811.13	1,997,990.84	15	411,817.17	1,997,989.72	29	411,805.62	1,997,981.50
2	411,811.27	1,997,990.78	16	411,817.43	1,997,989.75	30	411,806.60	1,997,983.19
3	411,811.58	1,997,990.78	17	411,801.38	1,997,974.20	31	411,807.50	1,997,984.85
4	411,812.50	1,997,990.78	18	411,801.66	1,997,974.64	32	411,808.63	1,997,986.78
5	411,813.07	1,997,990.61	19	411,801.78	1,997,974.82	33	411,809.02	1,997,987.83
6	411,813.67	1,997,990.52	20	411,801.80	1,997,974.86	34	411,809.14	1,997,988.50
7	411,814.44	1,997,990.33	21	411,802.94	1,997,976.95	35	411,809.29	1,997,988.93
8	411,814.81	1,997,990.24	22	411,802.97	1,997,977.03	36	411,809.31	1,997,988.95
9	411,815.85	1,997,989.95	23	411,803.02	1,997,977.11	37	411,809.35	1,997,988.99
10	411,815.92	1,997,989.93	24	411,803.23	1,997,977.42	38	411,810.16	1,997,989.85
11	411,816.29	1,997,989.84	25	411,803.42	1,997,977.74	39	411,810.33	1,997,990.03
12	411,816.56	1,997,989.80	26	411,804.03	1,997,978.78	40	411,810.51	1,997,990.22
13	411,817.10	1,997,989.72	27	411,804.36	1,997,979.34	41	411,810.64	1,997,990.35
14	411,817.13	1,997,989.72	28	411,804.40	1,997,979.43	42	411,810.81	1,997,990.53

Coordenadas Área de corte y relleno polígono 9

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	412,009.55	1,998,062.96	233	411,526.34	1,997,887.17	465	411,725.43	1,997,936.50
2	412,002.73	1,998,014.03	234	411,526.39	1,997,887.18	466	411,725.74	1,997,936.42
3	412,002.24	1,998,011.34	235	411,526.40	1,997,887.17	467	411,726.05	1,997,936.33
4	412,001.43	1,998,008.72	236	411,526.43	1,997,887.17	468	411,726.36	1,997,936.24
5	411,999.89	1,998,006.46	237	411,527.07	1,997,887.23	469	411,726.51	1,997,936.19
6	411,998.21	1,998,004.82	238	411,527.17	1,997,887.25	470	411,727.27	1,997,935.96
7	411,995.92	1,998,003.20	239	411,527.53	1,997,887.54	471	411,729.39	1,997,935.28

8	411,994.40	1,998,001.94	240	411,527.59	1,997,887.61	472	411,730.32	1,997,934.99
9	411,992.69	1,998,000.95	241	411,528.11	1,997,887.93	473	411,732.87	1,997,934.18
10	411,990.85	1,998,000.25	242	411,531.35	1,997,889.60	474	411,733.36	1,997,934.02
11	411,988.91	1,997,999.87	243	411,532.73	1,997,890.23	475	411,733.83	1,997,933.90
12	411,986.94	1,997,999.82	244	411,532.99	1,997,890.33	476	411,734.40	1,997,933.76
13	411,984.99	1,998,000.10	245	411,534.24	1,997,892.61	477	411,735.33	1,997,933.54
14	411,983.11	1,998,000.69	246	411,534.47	1,997,893.08	478	411,736.41	1,997,933.35
15	411,981.35	1,998,001.59	247	411,534.53	1,997,893.19	479	411,737.24	1,997,933.21
16	411,979.77	1,998,002.77	248	411,534.60	1,997,893.31	480	411,737.50	1,997,933.17
17	411,978.40	1,998,004.20	249	411,534.67	1,997,893.41	481	411,738.66	1,997,933.02
18	411,975.19	1,998,007.59	250	411,534.75	1,997,893.52	482	411,739.39	1,997,932.94
19	411,971.58	1,998,010.54	251	411,534.83	1,997,893.62	483	411,740.64	1,997,932.93
20	411,967.61	1,998,013.00	252	411,534.92	1,997,893.72	484	411,741.92	1,997,932.85
21	411,963.36	1,998,014.93	253	411,536.03	1,997,894.86	485	411,742.07	1,997,932.85
22	411,958.90	1,998,016.30	254	411,536.54	1,997,895.45	486	411,742.29	1,997,932.86
23	411,954.30	1,998,017.09	255	411,537.03	1,997,896.04	487	411,742.71	1,997,932.90
24	411,949.64	1,998,017.28	256	411,537.17	1,997,896.23	488	411,743.15	1,997,932.95
25	411,939.18	1,998,016.27	257	411,537.52	1,997,896.72	489	411,743.83	1,997,933.02
26	411,928.83	1,998,014.47	258	411,537.60	1,997,896.83	490	411,745.66	1,997,933.16
27	411,918.64	1,998,011.92	259	411,537.70	1,997,896.94	491	411,745.77	1,997,933.18
28	411,908.67	1,998,008.62	260	411,537.79	1,997,897.04	492	411,745.89	1,997,933.19
29	411,873.30	1,997,994.77	261	411,537.90	1,997,897.14	493	411,747.10	1,997,933.45
30	411,865.95	1,997,991.58	262	411,538.00	1,997,897.23	494	411,748.24	1,997,933.61
31	411,858.85	1,997,987.86	263	411,538.11	1,997,897.32	495	411,748.58	1,997,933.68
32	411,852.04	1,997,983.64	264	411,539.36	1,997,898.25	496	411,749.44	1,997,933.95
33	411,845.56	1,997,978.93	265	411,539.37	1,997,898.26	497	411,750.79	1,997,934.45
34	411,839.43	1,997,973.76	266	411,539.41	1,997,898.30	498	411,751.67	1,997,934.81
35	411,833.70	1,997,968.16	267	411,539.48	1,997,898.37	499	411,751.85	1,997,934.88
36	411,824.05	1,997,958.01	268	411,540.98	1,997,900.11	500	411,752.42	1,997,935.15
37	411,818.11	1,997,953.20	269	411,541.10	1,997,900.24	501	411,754.74	1,997,936.11
38	411,811.85	1,997,948.80	270	411,541.22	1,997,900.36	502	411,756.06	1,997,936.79
39	411,805.31	1,997,944.83	271	411,541.35	1,997,900.48	503	411,757.40	1,997,937.44
40	411,798.52	1,997,941.30	272	411,541.48	1,997,900.59	504	411,757.48	1,997,937.48
41	411,791.51	1,997,938.24	273	411,541.61	1,997,900.69	505	411,757.57	1,997,937.54
42	411,771.49	1,997,929.69	274	411,541.73	1,997,900.77	506	411,760.42	1,997,939.39
43	411,764.61	1,997,927.08	275	411,542.30	1,997,901.15	507	411,760.46	1,997,939.41
44	411,757.56	1,997,925.00	276	411,542.47	1,997,901.27	508	411,761.37	1,997,939.90
45	411,750.36	1,997,923.46	277	411,542.81	1,997,901.55	509	411,761.53	1,997,939.99
46	411,743.07	1,997,922.47	278	411,542.94	1,997,901.70	510	411,761.81	1,997,940.13
47	411,735.73	1,997,922.05	279	411,544.48	1,997,903.45	511	411,762.16	1,997,940.30
48	411,726.51	1,997,921.95	280	411,544.71	1,997,903.70	512	411,764.69	1,997,941.49
49	411,717.32	1,997,921.08	281	411,544.83	1,997,903.81	513	411,765.58	1,997,941.90
50	411,573.42	1,997,901.34	282	411,544.95	1,997,903.92	514	411,766.41	1,997,942.29
51	411,551.59	1,997,898.34	283	411,545.08	1,997,904.03	515	411,766.69	1,997,942.44
52	411,547.78	1,997,897.27	284	411,545.21	1,997,904.13	516	411,766.94	1,997,942.59
53	411,544.21	1,997,895.57	285	411,545.34	1,997,904.22	517	411,768.92	1,997,943.75

54	411,540.98	1,997,893.28	286	411,545.47	1,997,904.31	518	411,769.19	1,997,943.91
55	411,538.19	1,997,890.47	287	411,545.61	1,997,904.40	519	411,769.28	1,997,943.97
56	411,535.92	1,997,887.23	288	411,545.76	1,997,904.48	520	411,775.06	1,997,947.47
57	411,534.23	1,997,883.65	289	411,546.17	1,997,904.70	521	411,775.45	1,997,947.69
58	411,533.19	1,997,879.83	290	411,548.44	1,997,905.37	522	411,779.87	1,997,950.45
59	411,532.81	1,997,875.89	291	411,548.72	1,997,905.49	523	411,780.68	1,997,950.93
60	411,533.11	1,997,871.94	292	411,548.99	1,997,905.58	524	411,781.49	1,997,949.07
61	411,536.39	1,997,843.76	293	411,549.48	1,997,905.84	525	411,793.14	1,997,953.69
62	411,537.35	1,997,838.75	294	411,549.65	1,997,905.92	526	411,834.47	1,997,993.73
63	411,539.03	1,997,833.93	295	411,549.81	1,997,906.00	527	411,834.72	1,997,993.84
64	411,541.39	1,997,829.40	296	411,549.98	1,997,906.07	528	411,834.95	1,997,993.93
65	411,544.38	1,997,825.27	297	411,550.16	1,997,906.13	529	411,835.54	1,997,994.19
66	411,547.94	1,997,821.62	298	411,550.33	1,997,906.19	530	411,836.20	1,997,994.49
67	411,552.00	1,997,818.52	299	411,550.50	1,997,906.24	531	411,836.54	1,997,994.67
68	411,556.47	1,997,816.04	300	411,550.74	1,997,906.30	532	411,836.97	1,997,994.93
69	411,561.24	1,997,814.25	301	411,553.17	1,997,906.94	533	411,841.81	1,997,997.72
70	411,566.23	1,997,813.16	302	411,555.00	1,997,907.27	534	411,841.99	1,997,997.83
71	411,571.32	1,997,812.81	303	411,555.73	1,997,907.40	535	411,842.18	1,997,997.93
72	411,601.70	1,997,812.96	304	411,557.13	1,997,907.53	536	411,842.37	1,997,998.02
73	411,602.03	1,997,812.93	305	411,557.31	1,997,907.54	537	411,842.56	1,997,998.12
74	411,602.35	1,997,812.85	306	411,559.05	1,997,907.44	538	411,842.75	1,997,998.21
75	411,602.66	1,997,812.72	307	411,560.86	1,997,907.38	539	411,842.94	1,997,998.30
76	411,602.94	1,997,812.54	308	411,565.84	1,997,907.36	540	411,844.56	1,997,999.00
77	411,603.18	1,997,812.31	309	411,565.85	1,997,907.36	541	411,849.36	1,998,000.91
78	411,603.38	1,997,812.05	310	411,565.85	1,997,907.36	542	411,850.25	1,998,001.35
79	411,603.54	1,997,811.76	311	411,568.15	1,997,907.57	543	411,850.42	1,998,001.44
80	411,603.65	1,997,811.45	312	411,568.22	1,997,907.59	544	411,850.64	1,998,001.54
81	411,603.70	1,997,811.12	313	411,569.73	1,997,907.90	545	411,850.85	1,998,001.63
82	411,603.70	1,997,810.79	314	411,569.90	1,997,907.93	546	411,851.07	1,998,001.72
83	411,603.65	1,997,810.46	315	411,572.42	1,997,908.67	547	411,851.29	1,998,001.80
84	411,603.54	1,997,810.15	316	411,573.48	1,997,908.98	548	411,851.51	1,998,001.88
85	411,603.38	1,997,809.86	317	411,577.96	1,997,910.03	549	411,852.91	1,998,002.35
86	411,603.18	1,997,809.60	318	411,580.18	1,997,910.57	550	411,855.75	1,998,003.26
87	411,602.94	1,997,809.38	319	411,581.76	1,997,911.05	551	411,855.84	1,998,003.29
88	411,602.66	1,997,809.19	320	411,581.91	1,997,911.07	552	411,856.42	1,998,003.52
89	411,602.35	1,997,809.06	321	411,581.97	1,997,911.08	553	411,856.46	1,998,003.54
90	411,602.03	1,997,808.98	322	411,582.82	1,997,911.01	554	411,856.48	1,998,003.55
91	411,551.35	1,997,800.75	323	411,583.42	1,997,910.93	555	411,859.04	1,998,004.77
92	411,541.65	1,997,799.12	324	411,585.42	1,997,911.06	556	411,859.24	1,998,004.86
93	411,531.88	1,997,797.98	325	411,586.07	1,997,911.10	557	411,859.44	1,998,004.95
94	411,522.06	1,997,797.34	326	411,586.46	1,997,911.12	558	411,859.64	1,998,005.03
95	411,500.96	1,997,796.49	327	411,587.71	1,997,911.25	559	411,859.84	1,998,005.10
96	411,500.17	1,997,796.52	328	411,589.96	1,997,911.37	560	411,860.05	1,998,005.17
97	411,499.40	1,997,796.67	329	411,590.78	1,997,911.50	561	411,862.76	1,998,006.03
98	411,498.66	1,997,796.95	330	411,592.18	1,997,911.75	562	411,864.04	1,998,006.51
99	411,497.98	1,997,797.33	331	411,592.37	1,997,911.77	563	411,864.64	1,998,006.77

100	411,497.36	1,997,797.82	332	411,593.37	1,997,911.76	564	411,865.94	1,998,007.13
101	411,496.82	1,997,798.40	333	411,596.46	1,997,911.56	565	411,867.70	1,998,007.67
102	411,496.39	1,997,799.06	334	411,597.79	1,997,911.46	566	411,867.95	1,998,007.75
103	411,496.06	1,997,799.78	335	411,598.05	1,997,911.43	567	411,868.20	1,998,007.81
104	411,495.85	1,997,800.54	336	411,598.82	1,997,911.43	568	411,868.21	1,998,007.81
105	411,495.76	1,997,801.32	337	411,599.29	1,997,911.37	569	411,871.63	1,998,008.50
106	411,493.91	1,997,856.81	338	411,600.01	1,997,911.40	570	411,874.50	1,998,009.20
107	411,498.59	1,997,864.24	339	411,600.41	1,997,911.35	571	411,877.61	1,998,009.94
108	411,486.67	1,997,870.66	340	411,601.88	1,997,911.50	572	411,879.92	1,998,010.43
109	411,484.91	1,997,871.61	341	411,602.54	1,997,911.48	573	411,880.20	1,998,010.51
110	411,471.39	1,997,878.89	342	411,603.36	1,997,911.50	574	411,880.49	1,998,010.57
111	411,422.72	1,997,889.72	343	411,604.07	1,997,911.52	575	411,881.33	1,998,010.80
112	411,421.02	1,997,853.62	344	411,608.03	1,997,911.13	576	411,888.67	1,998,012.79
113	411,445.35	1,997,837.73	345	411,609.80	1,997,911.00	577	411,890.09	1,998,013.15
114	411,445.33	1,997,834.77	346	411,612.50	1,997,910.73	578	411,891.52	1,998,013.52
115	411,445.32	1,997,832.77	347	411,616.14	1,997,910.42	579	411,892.27	1,998,013.74
116	411,445.07	1,997,799.50	348	411,617.05	1,997,910.35	580	411,898.63	1,998,016.08
117	411,445.00	1,997,798.72	349	411,618.75	1,997,910.16	581	411,902.88	1,998,017.61
118	411,444.81	1,997,797.95	350	411,619.22	1,997,910.13	582	411,904.73	1,998,018.67
119	411,444.51	1,997,797.23	351	411,620.84	1,997,910.06	583	411,904.90	1,998,018.76
120	411,444.09	1,997,796.56	352	411,621.54	1,997,910.07	584	411,905.07	1,998,018.85
121	411,443.57	1,997,795.97	353	411,622.53	1,997,910.09	585	411,905.25	1,998,018.93
122	411,442.97	1,997,795.46	354	411,627.32	1,997,910.26	586	411,906.26	1,998,019.37
123	411,442.29	1,997,795.06	355	411,629.68	1,997,910.33	587	411,906.63	1,998,019.41
124	411,441.56	1,997,794.77	356	411,630.15	1,997,910.44	588	411,907.59	1,998,019.79
125	411,440.80	1,997,794.59	357	411,630.53	1,997,910.56	589	411,908.82	1,998,020.26
126	411,440.01	1,997,794.54	358	411,631.03	1,997,910.64	590	411,912.77	1,998,021.80
127	411,417.66	1,997,794.81	359	411,633.57	1,997,910.94	591	411,914.58	1,998,022.19
128	411,416.83	1,997,832.75	360	411,641.14	1,997,911.64	592	411,914.71	1,998,022.23
129	411,416.79	1,997,834.75	361	411,644.93	1,997,912.02	593	411,915.16	1,998,022.43
130	411,416.28	1,997,858.14	362	411,645.37	1,997,912.09	594	411,915.35	1,998,022.50
131	411,415.67	1,997,893.74	363	411,645.51	1,997,912.11	595	411,915.54	1,998,022.57
132	411,416.23	1,997,893.04	364	411,646.50	1,997,912.31	596	411,915.74	1,998,022.64
133	411,416.60	1,997,892.57	365	411,646.61	1,997,912.34	597	411,915.94	1,998,022.70
134	411,418.35	1,997,892.26	366	411,647.14	1,997,912.46	598	411,922.28	1,998,024.35
135	411,420.66	1,997,891.78	367	411,647.39	1,997,912.52	599	411,925.54	1,998,024.99
136	411,421.35	1,997,891.66	368	411,648.29	1,997,912.78	600	411,926.16	1,998,025.11
137	411,421.58	1,997,891.61	369	411,648.61	1,997,912.86	601	411,926.36	1,998,025.15
138	411,421.98	1,997,891.51	370	411,649.04	1,997,912.98	602	411,926.56	1,998,025.18
139	411,422.30	1,997,891.43	371	411,651.18	1,997,913.66	603	411,926.77	1,998,025.21
140	411,422.92	1,997,891.22	372	411,652.06	1,997,913.92	604	411,926.97	1,998,025.22
141	411,423.20	1,997,891.13	373	411,653.29	1,997,914.31	605	411,928.50	1,998,025.34
142	411,423.85	1,997,891.04	374	411,656.16	1,997,915.28	606	411,932.24	1,998,025.80
143	411,426.00	1,997,890.71	375	411,657.88	1,997,915.95	607	411,933.21	1,998,026.01
144	411,426.28	1,997,890.66	376	411,658.52	1,997,916.22	608	411,934.53	1,998,026.45
145	411,427.97	1,997,890.31	377	411,660.34	1,997,916.92	609	411,937.27	1,998,027.10

146	411,433.66	1,997,889.34	378	411,661.68	1,997,917.48	610	411,937.30	1,998,027.11
147	411,434.43	1,997,889.20	379	411,661.96	1,997,917.61	611	411,937.50	1,998,027.16
148	411,434.85	1,997,889.14	380	411,662.17	1,997,917.71	612	411,937.70	1,998,027.20
149	411,437.90	1,997,888.75	381	411,664.58	1,997,918.89	613	411,937.91	1,998,027.24
150	411,438.44	1,997,888.66	382	411,666.41	1,997,919.84	614	411,938.11	1,998,027.28
151	411,439.20	1,997,888.52	383	411,667.27	1,997,920.27	615	411,940.01	1,998,027.56
152	411,442.63	1,997,887.76	384	411,669.87	1,997,921.58	616	411,940.70	1,998,027.63
153	411,445.05	1,997,887.19	385	411,670.01	1,997,921.65	617	411,942.26	1,998,027.95
154	411,445.94	1,997,887.08	386	411,670.07	1,997,921.68	618	411,944.73	1,998,028.34
155	411,445.98	1,997,887.07	387	411,670.24	1,997,921.77	619	411,947.23	1,998,028.90
156	411,446.88	1,997,886.95	388	411,672.61	1,997,923.02	620	411,948.48	1,998,029.15
157	411,449.33	1,997,886.45	389	411,673.27	1,997,923.36	621	411,948.69	1,998,029.19
158	411,452.55	1,997,885.90	390	411,674.94	1,997,924.25	622	411,948.90	1,998,029.23
159	411,452.87	1,997,885.85	391	411,675.15	1,997,924.38	623	411,949.10	1,998,029.25
160	411,453.09	1,997,885.81	392	411,675.99	1,997,924.85	624	411,949.31	1,998,029.28
161	411,455.58	1,997,885.36	393	411,676.53	1,997,925.13	625	411,949.52	1,998,029.30
162	411,455.87	1,997,885.32	394	411,676.84	1,997,925.30	626	411,949.72	1,998,029.32
163	411,456.86	1,997,885.19	395	411,677.55	1,997,925.72	627	411,949.93	1,998,029.34
164	411,456.87	1,997,885.19	396	411,677.87	1,997,925.93	628	411,950.13	1,998,029.35
165	411,460.56	1,997,884.34	397	411,678.00	1,997,926.03	629	411,950.70	1,998,029.37
166	411,460.66	1,997,884.32	398	411,679.24	1,997,926.96	630	411,951.40	1,998,029.36
167	411,461.15	1,997,884.24	399	411,680.89	1,997,928.03	631	411,952.82	1,998,029.43
168	411,464.98	1,997,883.65	400	411,681.19	1,997,928.23	632	411,954.00	1,998,029.47
169	411,466.45	1,997,883.37	401	411,683.02	1,997,929.37	633	411,954.81	1,998,029.49
170	411,468.75	1,997,882.90	402	411,683.19	1,997,929.52	634	411,955.01	1,998,029.49
171	411,470.79	1,997,882.60	403	411,683.32	1,997,929.63	635	411,955.20	1,998,029.49
172	411,472.17	1,997,882.42	404	411,685.10	1,997,930.79	636	411,955.41	1,998,029.49
173	411,472.37	1,997,882.39	405	411,686.56	1,997,931.78	637	411,955.66	1,998,029.49
174	411,472.57	1,997,882.35	406	411,686.85	1,997,932.04	638	411,955.91	1,998,029.48
175	411,472.77	1,997,882.31	407	411,687.24	1,997,932.39	639	411,956.17	1,998,029.47
176	411,472.97	1,997,882.25	408	411,687.32	1,997,932.45	640	411,956.42	1,998,029.45
177	411,473.17	1,997,882.20	409	411,688.70	1,997,933.30	641	411,956.63	1,998,029.42
178	411,473.37	1,997,882.13	410	411,688.78	1,997,933.36	642	411,957.57	1,998,029.39
179	411,474.40	1,997,881.81	411	411,689.86	1,997,934.47	643	411,959.68	1,998,029.23
180	411,475.25	1,997,881.55	412	411,690.57	1,997,935.22	644	411,960.08	1,998,029.21
181	411,475.35	1,997,881.51	413	411,691.19	1,997,935.66	645	411,960.75	1,998,029.18
182	411,475.68	1,997,881.39	414	411,691.66	1,997,936.21	646	411,961.11	1,998,029.17
183	411,477.75	1,997,880.49	415	411,692.37	1,997,936.83	647	411,961.33	1,998,029.16
184	411,479.22	1,997,879.86	416	411,693.06	1,997,937.36	648	411,961.56	1,998,029.14
185	411,480.69	1,997,879.16	417	411,693.80	1,997,938.04	649	411,961.79	1,998,029.13
186	411,483.53	1,997,877.74	418	411,693.88	1,997,938.09	650	411,962.05	1,998,029.11
187	411,484.53	1,997,877.21	419	411,695.13	1,997,939.23	651	411,962.30	1,998,029.08
188	411,487.25	1,997,875.67	420	411,695.89	1,997,939.93	652	411,962.56	1,998,029.05
189	411,488.99	1,997,874.68	421	411,696.66	1,997,940.45	653	411,962.81	1,998,029.01
190	411,489.64	1,997,874.31	422	411,697.75	1,997,941.38	654	411,964.42	1,998,028.73
191	411,491.42	1,997,873.29	423	411,698.09	1,997,941.66	655	411,965.25	1,998,028.64

192	411,491.61	1,997,873.17	424	411,698.25	1,997,941.80	656	411,966.87	1,998,028.50
193	411,492.17	1,997,872.83	425	411,699.31	1,997,942.83	657	411,967.52	1,998,028.44
194	411,494.15	1,997,871.48	426	411,699.98	1,997,943.38	658	411,967.79	1,998,028.42
195	411,494.55	1,997,871.22	427	411,700.70	1,997,944.03	659	411,968.07	1,998,028.38
196	411,494.62	1,997,871.17	428	411,701.41	1,997,944.88	660	411,968.34	1,998,028.34
197	411,495.11	1,997,870.80	429	411,701.76	1,997,945.19	661	411,968.49	1,998,028.31
198	411,495.65	1,997,870.37	430	411,702.35	1,997,945.62	662	411,968.65	1,998,028.27
199	411,496.42	1,997,869.75	431	411,703.96	1,997,945.74	663	411,968.87	1,998,028.19
200	411,498.47	1,997,868.14	432	411,705.12	1,997,945.71	664	411,969.10	1,998,028.11
201	411,499.34	1,997,868.23	433	411,706.34	1,997,945.82	665	411,969.32	1,998,028.02
202	411,501.40	1,997,868.34	434	411,707.15	1,997,945.43	666	411,970.03	1,998,027.72
203	411,501.44	1,997,868.35	435	411,708.00	1,997,945.03	667	411,972.99	1,998,026.78
204	411,503.36	1,997,868.49	436	411,708.35	1,997,944.87	668	411,973.50	1,998,026.62
205	411,503.61	1,997,868.51	437	411,709.50	1,997,944.23	669	411,973.78	1,998,026.56
206	411,504.79	1,997,868.66	438	411,710.42	1,997,943.70	670	411,973.89	1,998,026.54
207	411,505.90	1,997,868.74	439	411,710.99	1,997,943.42	671	411,974.17	1,998,026.45
208	411,506.84	1,997,870.10	440	411,712.07	1,997,942.61	672	411,974.45	1,998,026.35
209	411,507.23	1,997,870.62	441	411,712.15	1,997,942.57	673	411,974.69	1,998,026.27
210	411,507.29	1,997,870.71	442	411,712.51	1,997,942.23	674	411,974.92	1,998,026.18
211	411,507.37	1,997,870.83	443	411,712.88	1,997,941.94	675	411,975.15	1,998,026.09
212	411,508.21	1,997,871.86	444	411,713.18	1,997,941.71	676	411,975.39	1,998,025.99
213	411,508.34	1,997,872.01	445	411,713.32	1,997,941.65	677	411,975.61	1,998,025.89
214	411,509.36	1,997,873.23	446	411,714.48	1,997,941.21	678	411,977.48	1,998,025.03
215	411,510.04	1,997,874.11	447	411,714.57	1,997,941.16	679	411,979.93	1,998,024.00
216	411,511.32	1,997,875.60	448	411,714.98	1,997,940.94	680	411,980.19	1,998,023.89
217	411,512.15	1,997,876.59	449	411,715.22	1,997,940.83	681	411,980.44	1,998,023.77
218	411,513.00	1,997,877.82	450	411,715.46	1,997,940.73	682	411,980.69	1,998,023.65
219	411,513.89	1,997,879.02	451	411,716.44	1,997,940.28	683	411,980.93	1,998,023.52
220	411,514.01	1,997,879.23	452	411,716.71	1,997,940.11	684	411,981.13	1,998,023.40
221	411,514.49	1,997,879.91	453	411,718.00	1,997,939.47	685	411,981.33	1,998,023.28
222	411,514.50	1,997,879.91	454	411,718.37	1,997,939.26	686	411,981.53	1,998,023.16
223	411,515.28	1,997,880.98	455	411,718.71	1,997,939.09	687	411,981.72	1,998,023.04
224	411,515.58	1,997,881.39	456	411,718.96	1,997,938.97	688	411,981.75	1,998,023.02
225	411,515.97	1,997,881.85	457	411,719.62	1,997,938.65	689	411,982.01	1,998,022.85
226	411,516.05	1,997,881.90	458	411,720.08	1,997,938.42	690	411,982.37	1,998,022.65
227	411,516.13	1,997,881.94	459	411,721.57	1,997,937.68	691	411,984.35	1,998,021.69
228	411,516.53	1,997,882.26	460	411,721.80	1,997,937.57	692	411,985.31	1,998,021.16
229	411,519.71	1,997,884.20	461	411,722.50	1,997,937.35	693	411,984.99	1,998,028.47
230	411,526.06	1,997,887.04	462	411,724.19	1,997,936.80	694	411,983.30	1,998,048.91
231	411,526.25	1,997,887.13	463	411,724.53	1,997,936.71	695	411,982.11	1,998,052.73
232	411,526.30	1,997,887.15	464	411,725.12	1,997,936.58			

Coordenadas Área de corte y relleno polígono 10

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	410,384.01	1,998,125.30	78	410,596.34	1,997,858.17	155	410,269.70	1,998,102.74
2	410,388.83	1,998,121.28	79	410,588.84	1,997,873.68	156	410,269.14	1,998,101.22
3	410,443.60	1,998,069.76	80	410,588.41	1,997,876.33	157	410,268.70	1,998,099.71

4	410,447.75	1,998,065.37	81	410,587.31	1,997,877.52	158	410,268.32	1,998,098.19
5	410,451.37	1,998,060.54	82	410,585.16	1,997,879.86	159	410,268.28	1,998,098.03
6	410,454.41	1,998,055.32	83	410,583.89	1,997,882.47	160	410,265.95	1,998,093.89
7	410,456.82	1,998,049.78	84	410,583.14	1,997,884.01	161	410,263.40	1,998,088.76
8	410,473.91	1,998,003.54	85	410,579.84	1,997,887.35	162	410,263.05	1,998,086.97
9	410,477.25	1,997,995.43	86	410,576.71	1,997,890.72	163	410,262.62	1,998,084.92
10	410,481.17	1,997,987.59	87	410,573.79	1,997,894.19	164	410,262.03	1,998,082.67
11	410,485.66	1,997,980.06	88	410,572.77	1,997,895.11	165	410,262.43	1,998,080.48
12	410,490.69	1,997,972.88	89	410,570.52	1,997,897.35	166	410,263.16	1,998,078.94
13	410,496.23	1,997,966.08	90	410,567.45	1,997,900.65	167	410,263.43	1,998,078.49
14	410,502.25	1,997,959.71	91	410,564.58	1,997,904.16	168	410,264.75	1,998,076.72
15	410,508.72	1,997,953.80	92	410,561.79	1,997,907.84	169	410,266.28	1,998,075.17
16	410,515.61	1,997,948.38	93	410,558.81	1,997,911.40	170	410,267.87	1,998,073.73
17	410,557.14	1,997,918.09	94	410,555.67	1,997,914.89	171	410,269.65	1,998,072.53
18	410,564.44	1,997,912.28	95	410,555.17	1,997,915.39	172	410,270.47	1,998,072.10
19	410,571.21	1,997,905.87	96	410,551.68	1,997,917.80	173	410,277.62	1,998,068.87
20	410,577.42	1,997,898.90	97	410,535.36	1,997,929.37	174	410,295.93	1,998,060.63
21	410,583.01	1,997,891.44	98	410,519.83	1,997,942.02	175	410,306.55	1,998,055.36
22	410,587.95	1,997,883.52	99	410,514.33	1,997,946.62	176	410,310.67	1,998,053.01
23	410,588.33	1,997,882.78	100	410,511.99	1,997,948.53	177	410,317.56	1,998,048.97
24	410,590.88	1,997,877.77	101	410,508.26	1,997,952.34	178	410,323.55	1,998,043.67
25	410,592.19	1,997,875.22	102	410,504.83	1,997,956.41	179	410,328.77	1,998,037.59
26	410,610.28	1,997,835.76	103	410,498.87	1,997,957.87	180	410,332.84	1,998,031.57
27	410,612.57	1,997,830.77	104	410,495.46	1,997,962.04	181	410,333.22	1,998,030.94
28	410,613.10	1,997,829.62	105	410,492.12	1,997,966.23	182	410,332.15	1,998,021.70
29	410,617.54	1,997,820.90	106	410,488.35	1,997,970.08	183	410,332.50	1,998,014.06
30	410,622.67	1,997,812.58	107	410,487.85	1,997,970.74	184	410,332.13	1,998,006.73
31	410,628.46	1,997,804.71	108	410,485.11	1,997,974.36	185	410,330.55	1,997,999.72
32	410,634.88	1,997,797.33	109	410,481.99	1,997,978.75	186	410,329.22	1,997,996.59
33	410,641.88	1,997,790.51	110	410,479.23	1,997,983.37	187	410,328.03	1,997,993.67
34	410,691.67	1,997,745.78	111	410,476.99	1,997,988.27	188	410,324.57	1,997,973.67
35	410,696.63	1,997,741.07	112	410,474.35	1,997,992.96	189	410,321.79	1,997,973.67
36	410,702.02	1,997,736.87	113	410,471.73	1,997,997.70	190	410,321.79	1,997,996.59
37	410,707.79	1,997,733.20	114	410,469.29	1,998,001.83	191	410,321.78	1,997,996.72
38	410,713.89	1,997,730.11	115	410,471.84	1,998,008.77	192	410,321.31	1,998,002.29
39	410,720.26	1,997,727.62	116	410,463.88	1,998,027.15	193	410,320.20	1,998,007.77
40	410,726.83	1,997,725.76	117	410,452.21	1,998,044.16	194	410,318.47	1,998,013.08
41	410,737.82	1,997,721.87	118	410,450.33	1,998,047.38	195	410,316.14	1,998,018.16
42	410,740.69	1,997,722.88	119	410,449.82	1,998,048.31	196	410,313.24	1,998,022.94
43	410,740.05	1,997,721.08	120	410,447.74	1,998,051.68	197	410,309.81	1,998,027.35
44	410,739.65	1,997,719.95	121	410,445.41	1,998,054.82	198	410,309.29	1,998,027.87
45	410,739.45	1,997,719.38	122	410,444.39	1,998,055.91	199	410,305.89	1,998,031.34
46	410,739.05	1,997,718.25	123	410,442.71	1,998,057.61	200	410,302.08	1,998,034.42
47	410,732.85	1,997,700.79	124	410,439.79	1,998,060.09	201	410,301.55	1,998,034.85
48	410,722.61	1,997,705.76	125	410,436.73	1,998,062.28	202	410,298.70	1,998,036.65
49	410,721.90	1,997,705.89	126	410,436.62	1,998,062.35	203	410,296.82	1,998,037.84

50	410,714.96	1,997,706.95	127	410,428.04	1,998,067.59	204	410,281.04	1,998,046.70
51	410,708.33	1,997,709.21	128	410,408.41	1,998,075.91	205	410,262.15	1,998,057.32
52	410,701.99	1,997,712.20	129	410,397.01	1,998,092.98	206	410,257.93	1,998,060.14
53	410,697.31	1,997,714.66	130	410,384.96	1,998,109.35	207	410,254.20	1,998,063.57
54	410,695.81	1,997,715.48	131	410,380.46	1,998,112.38	208	410,251.03	1,998,067.52
55	410,689.84	1,997,719.16	132	410,377.81	1,998,114.27	209	410,248.49	1,998,071.91
56	410,684.34	1,997,723.51	133	410,374.69	1,998,115.83	210	410,246.66	1,998,076.64
57	410,679.79	1,997,728.88	134	410,371.57	1,998,117.25	211	410,245.57	1,998,081.59
58	410,678.46	1,997,730.78	135	410,368.38	1,998,118.41	212	410,245.24	1,998,086.65
59	410,673.56	1,997,735.69	136	410,365.53	1,998,119.28	213	410,245.68	1,998,091.70
60	410,658.43	1,997,748.78	137	410,365.17	1,998,119.37	214	410,247.31	1,998,101.51
61	410,643.73	1,997,762.33	138	410,361.82	1,998,119.68	215	410,248.46	1,998,106.24
62	410,630.35	1,997,777.37	139	410,358.55	1,998,119.94	216	410,250.28	1,998,110.76
63	410,630.23	1,997,777.53	140	410,355.33	1,998,120.35	217	410,252.75	1,998,114.96
64	410,626.50	1,997,781.93	141	410,352.07	1,998,120.73	218	410,255.81	1,998,118.75
65	410,622.35	1,997,786.19	142	410,349.73	1,998,120.93	219	410,259.38	1,998,122.06
66	410,618.68	1,997,790.88	143	410,343.15	1,998,122.00	220	410,263.40	1,998,124.80
67	410,615.34	1,997,795.79	144	410,323.09	1,998,121.82	221	410,267.79	1,998,126.93
68	410,613.17	1,997,799.52	145	410,303.41	1,998,117.30	222	410,272.43	1,998,128.40
69	410,612.37	1,997,800.93	146	410,283.83	1,998,111.49	223	410,277.24	1,998,129.17
70	410,609.60	1,997,806.15	147	410,278.83	1,998,110.61	224	410,348.50	1,998,135.30
71	410,607.16	1,997,811.50	148	410,277.06	1,998,109.90	225	410,354.78	1,998,135.46
72	410,605.08	1,997,816.98	149	410,275.42	1,998,109.01	226	410,361.03	1,998,134.87
73	410,603.07	1,997,822.42	150	410,273.78	1,998,108.27	227	410,367.16	1,998,133.53
74	410,602.17	1,997,824.61	151	410,272.22	1,998,107.38	228	410,373.09	1,998,131.47
75	410,600.32	1,997,830.76	152	410,270.95	1,998,106.11	229	410,378.74	1,998,128.71
76	410,598.81	1,997,835.75	153	410,270.89	1,998,106.02			
77	410,598.40	1,997,837.12	154	410,270.13	1,998,104.48			

Coordenadas Área de corte y relleno polígono 11								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	410,388.05	1,998,147.47	76	410,739.49	1,997,809.08	151	410,257.24	1,998,048.61
2	410,393.79	1,998,144.58	77	410,743.54	1,997,803.23	152	410,277.27	1,998,037.30
3	410,399.62	1,998,141.59	78	410,745.12	1,997,800.46	153	410,291.93	1,998,029.02
4	410,407.45	1,998,141.07	79	410,764.52	1,997,790.09	154	410,296.11	1,998,026.33
5	410,412.19	1,998,138.31	80	410,766.82	1,997,788.81	155	410,299.91	1,998,023.12
6	410,428.07	1,998,126.00	81	410,752.81	1,997,727.16	156	410,303.27	1,998,019.45
7	410,443.73	1,998,113.46	82	410,743.39	1,997,730.50	157	410,306.12	1,998,015.38
8	410,450.91	1,998,091.89	83	410,729.62	1,997,735.39	158	410,308.43	1,998,010.97
9	410,455.98	1,998,082.92	84	410,723.81	1,997,736.98	159	410,309.29	1,998,008.61
10	410,456.11	1,998,082.77	85	410,718.19	1,997,739.14	160	410,309.29	1,998,004.38
11	410,459.91	1,998,077.95	86	410,712.82	1,997,741.85	161	410,310.57	1,998,004.39
12	410,462.90	1,998,072.60	87	410,707.73	1,997,745.07	162	410,311.24	1,998,001.45
13	410,464.68	1,998,069.35	88	410,703.00	1,997,748.79	163	410,311.70	1,997,996.50
14	410,465.56	1,998,067.21	89	410,698.65	1,997,752.96	164	410,311.70	1,997,973.67
15	410,467.56	1,998,061.60	90	410,648.57	1,997,797.95	165	410,310.54	1,997,973.67
16	410,468.81	1,998,055.83	91	410,642.15	1,997,804.20	166	410,309.94	1,997,973.67

17	410,469.09	1,998,054.31	92	410,636.27	1,997,810.96	167	410,308.74	1,997,973.67
18	410,469.91	1,998,050.70	93	410,630.96	1,997,818.18	168	410,294.99	1,997,973.67
19	410,486.63	1,998,035.55	94	410,626.25	1,997,825.80	169	410,301.98	1,997,993.67
20	410,493.90	1,998,016.92	95	410,623.72	1,997,830.78	170	410,301.79	1,997,996.59
21	410,496.22	1,998,011.79	96	410,622.19	1,997,833.79	171	410,301.68	1,997,997.54
22	410,497.84	1,998,008.49	97	410,621.28	1,997,835.77	172	410,301.10	1,998,000.76
23	410,499.82	1,998,004.82	98	410,601.67	1,997,878.54	173	410,300.16	1,998,003.87
24	410,502.77	1,998,001.68	99	410,601.28	1,997,879.38	174	410,298.68	1,998,006.75
25	410,505.84	1,997,998.72	100	410,599.19	1,997,883.54	175	410,296.51	1,998,009.18
26	410,508.43	1,997,995.58	101	410,597.36	1,997,887.18	176	410,296.30	1,998,009.38
27	410,510.84	1,997,992.36	102	410,592.88	1,997,894.66	177	410,294.06	1,998,011.21
28	410,512.87	1,997,989.65	103	410,587.86	1,997,901.80	178	410,291.59	1,998,012.99
29	410,513.25	1,997,989.17	104	410,582.34	1,997,908.56	179	410,289.27	1,998,014.76
30	410,515.89	1,997,986.16	105	410,576.34	1,997,914.90	180	410,286.78	1,998,016.22
31	410,518.65	1,997,983.27	106	410,569.89	1,997,920.78	181	410,285.27	1,998,017.03
32	410,521.47	1,997,980.44	107	410,563.03	1,997,926.17	182	410,274.72	1,998,022.97
33	410,524.42	1,997,977.77	108	410,521.50	1,997,956.46	183	410,269.70	1,998,025.72
34	410,527.31	1,997,975.03	109	410,514.32	1,997,962.17	184	410,257.19	1,998,032.59
35	410,530.83	1,997,973.06	110	410,507.64	1,997,968.47	185	410,249.53	1,998,034.92
36	410,533.03	1,997,972.26	111	410,501.51	1,997,975.30	186	410,246.60	1,998,036.60
37	410,534.11	1,997,961.60	112	410,495.97	1,997,982.63	187	410,240.51	1,998,041.32
38	410,551.22	1,997,951.12	113	410,491.07	1,997,990.39	188	410,238.75	1,998,043.54
39	410,571.66	1,997,945.20	114	410,486.83	1,997,998.54	189	410,235.74	1,998,047.35
40	410,576.84	1,997,945.10	115	410,483.29	1,998,007.01	190	410,227.87	1,998,050.76
41	410,577.87	1,997,944.90	116	410,466.20	1,998,053.25	191	410,227.61	1,998,050.88
42	410,585.74	1,997,944.67	117	410,463.96	1,998,058.55	192	410,222.26	1,998,057.21
43	410,593.16	1,997,943.32	118	410,461.24	1,998,063.62	193	410,221.13	1,998,058.81
44	410,600.68	1,997,941.58	119	410,458.06	1,998,068.42	194	410,217.23	1,998,064.17
45	410,605.39	1,997,936.68	120	410,454.45	1,998,072.91	195	410,212.67	1,998,071.86
46	410,609.10	1,997,930.91	121	410,450.45	1,998,077.04	196	410,208.28	1,998,080.30
47	410,611.42	1,997,926.70	122	410,395.68	1,998,128.56	197	410,205.90	1,998,089.61
48	410,612.02	1,997,924.63	123	410,390.68	1,998,132.79	198	410,205.59	1,998,098.35
49	410,615.25	1,997,918.74	124	410,385.27	1,998,136.47	199	410,206.32	1,998,103.78
50	410,617.44	1,997,912.26	125	410,379.50	1,998,139.56	200	410,206.94	1,998,108.20
51	410,611.72	1,997,901.19	126	410,373.44	1,998,142.03	201	410,207.06	1,998,109.24
52	410,614.24	1,997,895.66	127	410,367.16	1,998,143.85	202	410,208.57	1,998,118.92
53	410,610.19	1,997,886.96	128	410,360.71	1,998,145.01	203	410,212.05	1,998,128.10
54	410,608.74	1,997,884.21	129	410,354.18	1,998,145.48	204	410,217.12	1,998,136.50
55	410,607.77	1,997,882.36	130	410,347.64	1,998,145.26	205	410,223.37	1,998,144.01
56	410,613.70	1,997,879.39	131	410,276.38	1,998,139.14	206	410,234.11	1,998,145.81
57	410,627.52	1,997,872.47	132	410,270.74	1,998,138.27	207	410,235.05	1,998,145.56
58	410,648.79	1,997,860.22	133	410,265.27	1,998,136.68	208	410,246.14	1,998,144.90
59	410,660.52	1,997,851.36	134	410,260.05	1,998,134.37	209	410,254.54	1,998,145.53
60	410,661.54	1,997,850.51	135	410,255.18	1,998,131.40	210	410,262.23	1,998,145.60
61	410,664.37	1,997,848.72	136	410,250.75	1,998,127.81	211	410,269.37	1,998,145.10
62	410,668.32	1,997,847.76	137	410,246.82	1,998,123.67	212	410,275.95	1,998,144.23

63	410,671.71	1,997,846.74	138	410,243.48	1,998,119.05	213	410,281.05	1,998,143.90
64	410,673.92	1,997,845.10	139	410,240.77	1,998,114.03	214	410,301.06	1,998,144.61
65	410,674.54	1,997,844.68	140	410,238.75	1,998,108.70	215	410,320.83	1,998,148.13
66	410,676.24	1,997,843.66	141	410,237.44	1,998,103.14	216	410,340.49	1,998,152.97
67	410,678.80	1,997,842.53	142	410,235.82	1,998,093.34	217	410,346.85	1,998,154.52
68	410,681.49	1,997,841.66	143	410,235.25	1,998,087.50	218	410,351.25	1,998,155.01
69	410,684.09	1,997,840.87	144	410,235.48	1,998,081.64	219	410,357.56	1,998,155.57
70	410,686.77	1,997,840.47	145	410,236.50	1,998,075.86	220	410,364.08	1,998,156.42
71	410,686.99	1,997,840.42	146	410,238.30	1,998,070.28	221	410,370.56	1,998,155.76
72	410,707.95	1,997,835.82	147	410,240.83	1,998,064.99	222	410,376.37	1,998,152.64
73	410,709.45	1,997,835.49	148	410,244.06	1,998,060.10	223	410,377.02	1,998,152.33
74	410,717.59	1,997,830.84	149	410,247.92	1,998,055.68	224	410,382.13	1,998,149.86
75	410,727.21	1,997,825.33	150	410,252.34	1,998,051.83			

Coordenadas Área de corte y relleno polígono 12								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,685.60	1,998,194.06	350	411,675.19	1,998,156.84	699	411,343.08	1,997,940.51
2	411,674.13	1,998,174.73	351	411,675.10	1,998,156.92	700	411,343.47	1,997,940.40
3	411,673.15	1,998,172.69	352	411,673.77	1,998,158.19	701	411,345.42	1,997,939.47
4	411,672.54	1,998,170.51	353	411,673.66	1,998,158.29	702	411,345.62	1,997,939.39
5	411,672.32	1,998,168.25	354	411,673.56	1,998,158.37	703	411,345.76	1,997,939.33
6	411,672.49	1,998,165.99	355	411,673.32	1,998,158.59	704	411,346.74	1,997,938.95
7	411,673.05	1,998,163.80	356	411,672.05	1,998,159.85	705	411,346.96	1,997,938.86
8	411,673.98	1,998,161.73	357	411,671.11	1,998,160.81	706	411,350.16	1,997,937.87
9	411,675.26	1,998,159.86	358	411,670.83	1,998,161.08	707	411,353.01	1,997,936.84
10	411,676.84	1,998,158.24	359	411,670.74	1,998,161.17	708	411,357.16	1,997,935.33
11	411,678.68	1,998,156.92	360	411,670.66	1,998,161.26	709	411,357.33	1,997,935.28
12	411,709.91	1,998,138.39	361	411,670.58	1,998,161.36	710	411,359.86	1,997,934.55
13	411,711.74	1,998,137.49	362	411,670.50	1,998,161.46	711	411,362.14	1,997,933.97
14	411,713.68	1,998,136.89	363	411,670.43	1,998,161.57	712	411,363.88	1,997,933.55
15	411,715.68	1,998,136.59	364	411,670.37	1,998,161.68	713	411,364.02	1,997,933.51
16	411,717.71	1,998,136.62	365	411,670.31	1,998,161.79	714	411,364.16	1,997,933.47
17	411,719.72	1,998,136.96	366	411,670.26	1,998,161.91	715	411,364.36	1,997,933.40
18	411,721.64	1,998,137.60	367	411,670.22	1,998,162.02	716	411,364.56	1,997,933.33
19	411,723.44	1,998,138.54	368	411,670.18	1,998,162.14	717	411,364.71	1,997,933.25
20	411,725.07	1,998,139.75	369	411,669.31	1,998,165.18	718	411,364.86	1,997,933.17
21	411,726.50	1,998,141.20	370	411,669.29	1,998,165.29	719	411,365.04	1,997,933.07
22	411,726.74	1,998,141.44	371	411,669.26	1,998,165.41	720	411,365.22	1,997,932.97
23	411,727.03	1,998,141.64	372	411,669.25	1,998,165.52	721	411,365.39	1,997,932.85
24	411,727.34	1,998,141.79	373	411,669.23	1,998,165.63	722	411,365.55	1,997,932.72
25	411,727.68	1,998,141.88	374	411,669.23	1,998,165.75	723	411,365.75	1,997,932.55
26	411,728.03	1,998,141.91	375	411,669.18	1,998,167.12	724	411,365.95	1,997,932.38
27	411,728.37	1,998,141.88	376	411,669.14	1,998,168.01	725	411,366.12	1,997,932.18
28	411,728.71	1,998,141.79	377	411,669.14	1,998,168.12	726	411,366.28	1,997,931.98
29	411,729.03	1,998,141.64	378	411,669.14	1,998,168.23	727	411,366.39	1,997,931.83
30	411,733.65	1,998,138.97	379	411,669.15	1,998,168.34	728	411,366.44	1,997,931.75
31	411,744.14	1,998,157.16	380	411,669.17	1,998,168.45	729	411,366.58	1,997,931.51

32	411,739.84	1,998,159.65	381	411,669.19	1,998,168.56	730	411,366.70	1,997,931.27
33	411,739.55	1,998,159.85	382	411,669.26	1,998,168.92	731	411,366.82	1,997,931.02
34	411,739.30	1,998,160.11	383	411,669.47	1,998,169.94	732	411,366.91	1,997,930.81
35	411,739.10	1,998,160.40	384	411,669.54	1,998,170.34	733	411,366.99	1,997,930.59
36	411,738.95	1,998,160.72	385	411,669.61	1,998,170.80	734	411,367.07	1,997,930.38
37	411,738.86	1,998,161.06	386	411,669.63	1,998,170.92	735	411,367.14	1,997,930.17
38	411,738.83	1,998,161.41	387	411,669.66	1,998,171.05	736	411,367.18	1,997,930.01
39	411,738.86	1,998,161.77	388	411,669.70	1,998,171.17	737	411,367.22	1,997,929.84
40	411,738.95	1,998,162.11	389	411,669.74	1,998,171.29	738	411,367.26	1,997,929.63
41	411,739.09	1,998,162.43	390	411,669.91	1,998,171.71	739	411,367.29	1,997,929.42
42	411,740.44	1,998,164.74	391	411,670.31	1,998,172.57	740	411,367.32	1,997,929.17
43	411,740.90	1,998,165.40	392	411,669.05	1,998,175.45	741	411,367.33	1,997,928.92
44	411,741.46	1,998,165.98	393	411,667.91	1,998,178.12	742	411,367.34	1,997,928.67
45	411,742.11	1,998,166.46	394	411,667.27	1,998,179.61	743	411,367.34	1,997,928.48
46	411,742.82	1,998,166.83	395	411,666.90	1,998,180.52	744	411,367.34	1,997,928.29
47	411,743.59	1,998,167.08	396	411,666.83	1,998,180.69	745	411,367.32	1,997,928.16
48	411,744.38	1,998,167.20	397	411,666.31	1,998,181.82	746	411,367.32	1,997,928.15
49	411,745.19	1,998,167.19	398	411,665.29	1,998,184.05	747	411,367.25	1,997,927.70
50	411,745.98	1,998,167.06	399	411,664.54	1,998,185.69	748	411,367.16	1,997,927.16
51	411,749.59	1,998,166.27	400	411,664.35	1,998,186.10	749	411,367.13	1,997,926.94
52	411,753.24	1,998,165.69	401	411,664.21	1,998,186.42	750	411,366.81	1,997,925.71
53	411,753.30	1,998,165.69	402	411,663.85	1,998,187.26	751	411,366.75	1,997,925.45
54	411,840.31	1,998,154.88	403	411,663.77	1,998,187.45	752	411,366.65	1,997,925.17
55	411,972.71	1,998,138.69	404	411,663.54	1,998,187.92	753	411,366.40	1,997,924.46
56	412,006.99	1,998,134.74	405	411,660.82	1,998,182.85	754	411,366.14	1,997,923.93
57	412,006.67	1,998,131.75	406	411,659.70	1,998,180.68	755	411,366.08	1,997,923.81
58	412,002.94	1,998,104.76	407	411,653.10	1,998,162.93	756	411,364.94	1,997,921.92
59	411,998.87	1,998,105.60	408	411,652.57	1,998,161.50	757	411,364.37	1,997,920.97
60	411,998.75	1,998,105.01	409	411,642.42	1,998,144.26	758	411,364.35	1,997,920.92
61	411,998.63	1,998,104.43	410	411,642.08	1,998,143.84	759	411,364.25	1,997,920.73
62	412,002.77	1,998,103.57	411	411,629.66	1,998,128.64	760	411,364.15	1,997,920.51
63	411,997.94	1,998,068.56	412	411,621.89	1,998,124.31	761	411,363.95	1,997,919.99
64	411,979.34	1,998,061.59	413	411,619.60	1,998,111.36	762	411,363.67	1,997,919.29
65	411,976.71	1,998,070.02	414	411,618.69	1,998,103.32	763	411,363.94	1,997,918.87
66	411,965.48	1,998,091.79	415	411,618.12	1,998,098.34	764	411,364.34	1,997,918.29
67	411,970.25	1,998,114.46	416	411,617.10	1,998,089.41	765	411,364.90	1,997,917.45
68	411,969.98	1,998,114.61	417	411,612.63	1,998,081.04	766	411,365.05	1,997,917.22
69	411,969.43	1,998,114.90	418	411,605.30	1,998,076.13	767	411,365.82	1,997,916.04
70	411,969.11	1,998,115.22	419	411,603.01	1,998,074.60	768	411,365.88	1,997,915.95
71	411,968.04	1,998,115.73	420	411,601.26	1,998,073.13	769	411,366.58	1,997,914.70
72	411,967.85	1,998,115.88	421	411,586.86	1,998,061.06	770	411,367.26	1,997,913.55
73	411,966.50	1,998,116.51	422	411,586.74	1,998,060.94	771	411,367.38	1,997,913.34
74	411,966.44	1,998,116.55	423	411,576.38	1,998,044.02	772	411,367.43	1,997,913.25
75	411,966.22	1,998,116.65	424	411,575.40	1,998,042.69	773	411,367.54	1,997,913.09
76	411,965.08	1,998,117.22	425	411,568.15	1,998,030.56	774	411,367.63	1,997,912.93
77	411,964.18	1,998,117.65	426	411,568.11	1,998,030.49	775	411,368.13	1,997,911.99

78	411,963.63	1,998,117.90	427	411,563.09	1,998,028.67	776	411,368.88	1,997,912.16
79	411,962.94	1,998,118.24	428	411,561.44	1,998,024.61	777	411,369.34	1,997,912.26
80	411,962.26	1,998,118.57	429	411,561.36	1,998,024.41	778	411,369.56	1,997,912.32
81	411,961.04	1,998,119.08	430	411,559.79	1,998,019.75	779	411,369.76	1,997,912.38
82	411,960.55	1,998,119.28	431	411,559.63	1,998,019.20	780	411,369.88	1,997,912.41
83	411,958.67	1,998,119.97	432	411,558.61	1,998,016.35	781	411,371.15	1,997,912.79
84	411,958.51	1,998,120.04	433	411,558.35	1,998,015.76	782	411,371.49	1,997,912.88
85	411,958.20	1,998,120.17	434	411,557.36	1,998,013.30	783	411,372.47	1,997,913.24
86	411,956.00	1,998,120.85	435	411,557.10	1,998,012.66	784	411,372.97	1,997,913.40
87	411,954.49	1,998,121.33	436	411,556.00	1,998,010.34	785	411,373.65	1,997,913.84
88	411,952.75	1,998,121.74	437	411,555.64	1,998,009.59	786	411,374.11	1,997,914.05
89	411,950.85	1,998,122.21	438	411,554.46	1,998,007.49	787	411,374.64	1,997,914.35
90	411,948.48	1,998,122.69	439	411,554.39	1,998,007.38	788	411,375.27	1,997,914.68
91	411,947.78	1,998,122.81	440	411,553.88	1,998,006.58	789	411,376.69	1,997,915.16
92	411,946.99	1,998,122.95	441	411,552.47	1,998,004.44	790	411,376.76	1,997,915.20
93	411,939.41	1,998,124.21	442	411,551.83	1,998,003.57	791	411,379.12	1,997,915.07
94	411,935.78	1,998,124.81	443	411,550.16	1,998,001.63	792	411,380.60	1,997,914.81
95	411,932.29	1,998,125.39	444	411,549.38	1,998,000.77	793	411,380.77	1,997,914.79
96	411,928.57	1,998,125.99	445	411,547.53	1,997,998.90	794	411,380.79	1,997,914.78
97	411,925.86	1,998,126.38	446	411,546.64	1,997,998.05	795	411,381.64	1,997,914.73
98	411,924.82	1,998,126.55	447	411,544.63	1,997,996.17	796	411,382.07	1,997,914.73
99	411,923.30	1,998,126.80	448	411,543.74	1,997,995.19	797	411,383.68	1,997,914.78
100	411,923.06	1,998,126.85	449	411,541.54	1,997,993.28	798	411,383.70	1,997,914.78
101	411,922.96	1,998,126.87	450	411,540.47	1,997,992.69	799	411,384.75	1,997,914.94
102	411,919.24	1,998,127.66	451	411,537.81	1,997,991.60	800	411,385.60	1,997,915.13
103	411,917.81	1,998,128.00	452	411,536.81	1,997,991.24	801	411,386.67	1,997,915.36
104	411,915.23	1,998,128.61	453	411,533.98	1,997,990.48	802	411,387.36	1,997,915.55
105	411,913.09	1,998,129.08	454	411,533.10	1,997,990.27	803	411,388.15	1,997,915.74
106	411,911.57	1,998,129.43	455	411,531.97	1,997,990.14	804	411,388.99	1,997,916.02
107	411,907.53	1,998,130.26	456	411,530.11	1,997,989.98	805	411,391.13	1,997,915.26
108	411,906.81	1,998,130.43	457	411,529.35	1,997,989.93	806	411,392.25	1,997,914.87
109	411,905.29	1,998,130.70	458	411,526.28	1,997,989.93	807	411,392.48	1,997,914.78
110	411,903.99	1,998,130.94	459	411,525.66	1,997,989.94	808	411,392.77	1,997,914.67
111	411,900.98	1,998,131.56	460	411,522.50	1,997,990.21	809	411,393.47	1,997,914.40
112	411,898.53	1,998,132.03	461	411,522.00	1,997,990.26	810	411,393.58	1,997,914.36
113	411,898.04	1,998,132.13	462	411,518.78	1,997,990.66	811	411,394.29	1,997,914.09
114	411,895.38	1,998,132.74	463	411,518.38	1,997,990.71	812	411,394.55	1,997,913.99
115	411,895.27	1,998,132.77	464	411,515.10	1,997,991.24	813	411,395.56	1,997,913.60
116	411,889.23	1,998,133.99	465	411,514.78	1,997,991.28	814	411,396.04	1,997,913.47
117	411,886.02	1,998,134.65	466	411,511.43	1,997,991.68	815	411,396.36	1,997,913.29
118	411,883.38	1,998,135.14	467	411,511.18	1,997,991.71	816	411,397.87	1,997,912.07
119	411,882.90	1,998,135.23	468	411,508.93	1,997,992.04	817	411,398.43	1,997,911.46
120	411,882.24	1,998,135.34	469	411,507.74	1,997,992.15	818	411,399.64	1,997,910.39
121	411,881.81	1,998,135.40	470	411,507.50	1,997,992.15	819	411,400.35	1,997,909.69
122	411,880.88	1,998,135.53	471	411,503.97	1,997,992.25	820	411,401.06	1,997,908.98
123	411,880.45	1,998,135.60	472	411,503.71	1,997,992.25	821	411,401.43	1,997,908.57

124	411,878.43	1,998,135.94	473	411,500.11	1,997,992.39	822	411,402.26	1,997,907.92
125	411,876.72	1,998,136.25	474	411,499.83	1,997,992.40	823	411,403.00	1,997,907.23
126	411,876.49	1,998,136.29	475	411,496.17	1,997,992.53	824	411,403.28	1,997,907.01
127	411,875.67	1,998,136.47	476	411,495.87	1,997,992.55	825	411,403.44	1,997,906.87
128	411,875.13	1,998,136.57	477	411,492.20	1,997,992.96	826	411,403.60	1,997,906.73
129	411,874.86	1,998,136.62	478	411,491.87	1,997,993.00	827	411,403.75	1,997,906.58
130	411,873.46	1,998,136.92	479	411,488.22	1,997,993.56	828	411,404.35	1,997,905.99
131	411,871.84	1,998,137.30	480	411,487.84	1,997,993.64	829	411,405.09	1,997,905.19
132	411,871.28	1,998,137.41	481	411,487.31	1,997,993.79	830	411,405.63	1,997,904.69
133	411,869.96	1,998,137.64	482	411,484.29	1,997,994.69	831	411,406.23	1,997,858.78
134	411,865.22	1,998,138.42	483	411,483.88	1,997,994.80	832	411,406.59	1,997,834.75
135	411,861.97	1,998,138.94	484	411,480.43	1,997,996.11	833	411,406.62	1,997,832.75
136	411,861.21	1,998,139.05	485	411,480.01	1,997,996.30	834	411,407.18	1,997,794.93
137	411,861.09	1,998,139.07	486	411,476.71	1,997,997.99	835	411,397.40	1,997,795.05
138	411,860.33	1,998,139.18	487	411,476.33	1,997,998.19	836	411,393.95	1,997,795.39
139	411,859.19	1,998,139.34	488	411,473.17	1,998,000.01	837	411,390.61	1,997,796.33
140	411,858.45	1,998,139.44	489	411,472.85	1,998,000.19	838	411,387.49	1,997,797.82
141	411,856.14	1,998,139.72	490	411,469.74	1,998,002.00	839	411,384.66	1,997,799.83
142	411,852.82	1,998,140.09	491	411,469.48	1,998,002.14	840	411,382.23	1,997,802.30
143	411,849.14	1,998,140.53	492	411,467.34	1,998,003.38	841	411,380.26	1,997,805.15
144	411,847.42	1,998,140.75	493	411,466.39	1,998,003.94	842	411,378.81	1,997,808.30
145	411,847.29	1,998,140.76	494	411,466.19	1,998,004.06	843	411,377.93	1,997,811.65
146	411,845.00	1,998,140.97	495	411,462.97	1,998,005.95	844	411,374.30	1,997,832.73
147	411,844.54	1,998,141.02	496	411,459.20	1,998,005.99	845	411,373.96	1,997,834.73
148	411,842.98	1,998,141.12	497	411,459.07	1,998,005.94	846	411,372.72	1,997,841.88
149	411,837.44	1,998,141.54	498	411,454.24	1,998,003.14	847	411,401.26	1,997,845.72
150	411,836.79	1,998,141.61	499	411,454.18	1,998,003.12	848	411,400.68	1,997,899.97
151	411,834.67	1,998,141.75	500	411,449.52	1,998,001.35	849	411,370.70	1,997,909.91
152	411,834.44	1,998,141.77	501	411,449.48	1,998,001.36	850	411,356.43	1,997,916.31
153	411,834.26	1,998,141.79	502	411,445.83	1,998,003.00	851	411,362.90	1,997,930.20
154	411,834.01	1,998,141.82	503	411,445.77	1,998,003.08	852	411,295.77	1,997,949.81
155	411,832.67	1,998,141.98	504	411,445.65	1,998,003.22	853	411,286.82	1,997,940.87
156	411,832.33	1,998,142.03	505	411,443.69	1,998,010.32	854	411,296.09	1,997,920.53
157	411,831.73	1,998,142.13	506	411,443.63	1,998,010.49	855	411,295.71	1,997,920.23
158	411,830.88	1,998,142.27	507	411,437.93	1,998,008.99	856	411,294.67	1,997,919.42
159	411,830.15	1,998,142.37	508	411,437.80	1,998,009.06	857	411,293.63	1,997,918.66
160	411,828.61	1,998,142.38	509	411,432.03	1,998,009.50	858	411,292.59	1,997,917.95
161	411,828.59	1,998,142.39	510	411,431.87	1,998,009.53	859	411,291.53	1,997,917.30
162	411,828.57	1,998,142.39	511	411,428.46	1,998,015.51	860	411,290.44	1,997,916.72
163	411,828.50	1,998,142.38	512	411,427.55	1,998,016.47	861	411,289.32	1,997,916.19
164	411,828.42	1,998,142.35	513	411,420.49	1,998,018.94	862	411,288.16	1,997,915.74
165	411,827.33	1,998,142.02	514	411,420.38	1,998,018.97	863	411,286.95	1,997,915.36
166	411,826.57	1,998,141.70	515	411,412.10	1,998,021.58	864	411,285.70	1,997,915.05
167	411,826.36	1,998,141.63	516	411,412.00	1,998,021.62	865	411,284.43	1,997,914.81
168	411,825.39	1,998,141.31	517	411,409.51	1,998,022.69	866	411,283.14	1,997,914.63
169	411,825.22	1,998,141.27	518	411,402.75	1,998,025.53	867	411,281.86	1,997,914.52

170	411,824.32	1,998,141.11
171	411,823.82	1,998,140.93
172	411,822.96	1,998,140.74
173	411,822.43	1,998,140.60
174	411,821.58	1,998,140.28
175	411,821.38	1,998,140.22
176	411,821.24	1,998,140.18
177	411,820.58	1,998,139.82
178	411,819.87	1,998,139.52
179	411,819.71	1,998,139.42
180	411,819.54	1,998,139.35
181	411,819.13	1,998,138.98
182	411,818.41	1,998,138.68
183	411,818.30	1,998,138.58
184	411,817.83	1,998,138.35
185	411,817.49	1,998,138.18
186	411,816.64	1,998,138.27
187	411,816.15	1,998,138.33
188	411,816.04	1,998,138.34
189	411,815.94	1,998,138.35
190	411,815.53	1,998,138.41
191	411,814.34	1,998,138.85
192	411,813.31	1,998,139.19
193	411,811.94	1,998,139.67
194	411,811.07	1,998,139.96
195	411,810.22	1,998,140.30
196	411,810.01	1,998,140.37
197	411,808.99	1,998,140.72
198	411,808.91	1,998,140.75
199	411,808.80	1,998,140.79
200	411,807.15	1,998,141.31
201	411,806.57	1,998,141.52
202	411,805.49	1,998,141.88
203	411,804.51	1,998,142.27
204	411,803.08	1,998,142.74
205	411,802.21	1,998,143.06
206	411,801.21	1,998,143.35
207	411,800.60	1,998,143.53
208	411,799.85	1,998,143.79
209	411,799.65	1,998,143.87
210	411,798.07	1,998,144.47
211	411,797.62	1,998,144.62
212	411,797.45	1,998,144.68
213	411,795.24	1,998,145.41
214	411,794.36	1,998,145.69
215	411,792.81	1,998,146.21

519	411,391.41	1,998,027.95
520	411,390.66	1,998,028.08
521	411,379.78	1,998,031.73
522	411,372.46	1,998,033.64
523	411,367.08	1,998,034.98
524	411,353.67	1,998,034.52
525	411,352.40	1,998,034.12
526	411,336.62	1,998,031.81
527	411,337.68	1,998,031.73
528	411,319.27	1,998,027.87
529	411,320.39	1,998,028.47
530	411,301.74	1,998,020.10
531	411,300.16	1,998,019.64
532	411,285.32	1,998,015.00
533	411,276.82	1,998,012.85
534	411,275.47	1,998,012.43
535	411,270.58	1,998,011.57
536	411,267.76	1,998,011.31
537	411,265.09	1,998,011.08
538	411,262.54	1,998,010.95
539	411,262.02	1,998,010.94
540	411,260.07	1,998,010.81
541	411,257.65	1,998,010.63
542	411,255.24	1,998,010.55
543	411,252.69	1,998,010.52
544	411,252.53	1,998,010.49
545	411,249.89	1,998,010.48
546	411,246.73	1,998,010.66
547	411,237.71	1,998,011.52
548	411,228.84	1,998,012.11
549	411,218.29	1,998,011.73
550	411,211.62	1,998,011.40
551	411,198.90	1,998,010.84
552	411,194.22	1,998,010.44
553	411,191.36	1,998,009.85
554	411,189.15	1,998,008.98
555	411,188.54	1,998,008.49
556	411,187.05	1,998,007.87
557	411,185.14	1,998,006.40
558	411,184.23	1,998,005.55
559	411,183.55	1,998,004.42
560	411,184.45	1,998,001.46
561	411,187.82	1,997,995.15
562	411,190.97	1,997,990.69
563	411,192.52	1,997,988.01
564	411,198.69	1,997,982.10

868	411,280.59	1,997,914.47
869	411,279.36	1,997,914.48
870	411,278.16	1,997,914.54
871	411,277.01	1,997,914.66
872	411,275.91	1,997,914.83
873	411,274.84	1,997,915.06
874	411,273.78	1,997,915.34
875	411,272.73	1,997,915.67
876	411,271.67	1,997,916.05
877	411,270.58	1,997,916.48
878	411,269.46	1,997,916.95
879	411,268.28	1,997,917.50
880	411,267.02	1,997,918.18
881	411,265.64	1,997,919.11
882	411,264.09	1,997,920.37
883	411,262.35	1,997,922.08
884	411,260.36	1,997,924.31
885	411,258.11	1,997,927.18
886	411,255.54	1,997,930.77
887	411,254.83	1,997,932.06
888	411,206.66	1,997,963.11
889	411,198.67	1,997,968.18
890	411,191.12	1,997,973.87
891	411,184.05	1,997,980.15
892	411,177.50	1,997,986.97
893	411,171.52	1,997,994.29
894	411,170.17	1,997,996.59
895	411,169.18	1,997,999.06
896	411,168.58	1,998,001.65
897	411,168.37	1,998,004.30
898	411,168.56	1,998,006.95
899	411,169.14	1,998,009.54
900	411,170.11	1,998,012.02
901	411,173.03	1,998,015.93
902	411,176.52	1,998,019.33
903	411,180.51	1,998,022.14
904	411,184.89	1,998,024.28
905	411,189.55	1,998,025.71
906	411,194.38	1,998,026.39
907	411,212.00	1,998,026.57
908	411,229.63	1,998,026.23
909	411,247.23	1,998,025.36
910	411,248.63	1,998,025.31
911	411,250.36	1,998,025.43
912	411,251.41	1,998,025.57
913	411,253.40	1,998,025.75

216	411,791.34	1,998,146.69	565	411,203.51	1,997,978.79	914	411,255.40	1,998,025.99
217	411,790.20	1,998,147.03	566	411,205.90	1,997,977.44	915	411,257.44	1,998,026.28
218	411,789.24	1,998,147.34	567	411,212.64	1,997,972.58	916	411,259.51	1,998,026.63
219	411,788.27	1,998,147.64	568	411,219.00	1,997,968.13	917	411,261.64	1,998,027.03
220	411,787.50	1,998,147.86	569	411,236.61	1,997,958.54	918	411,263.83	1,998,027.50
221	411,785.16	1,998,148.57	570	411,254.58	1,997,949.50	919	411,266.08	1,998,028.04
222	411,784.71	1,998,148.71	571	411,261.63	1,997,944.94	920	411,268.37	1,998,028.65
223	411,782.84	1,998,149.25	572	411,270.08	1,997,938.42	921	411,271.19	1,998,029.83
224	411,781.90	1,998,149.55	573	411,270.19	1,997,938.56	922	411,296.39	1,998,038.46
225	411,780.88	1,998,149.87	574	411,270.38	1,997,938.79	923	411,318.24	1,998,043.20
226	411,780.23	1,998,150.09	575	411,270.57	1,997,939.01	924	411,337.48	1,998,044.89
227	411,779.55	1,998,150.34	576	411,270.72	1,997,939.24	925	411,354.38	1,998,044.21
228	411,779.37	1,998,150.39	577	411,270.88	1,997,939.48	926	411,369.24	1,998,041.77
229	411,777.33	1,998,151.12	578	411,270.91	1,997,939.79	927	411,382.36	1,998,038.14
230	411,775.02	1,998,151.76	579	411,270.95	1,997,940.11	928	411,394.01	1,998,033.87
231	411,774.22	1,998,152.00	580	411,271.00	1,997,940.42	929	411,404.44	1,998,029.51
232	411,772.22	1,998,152.55	581	411,271.06	1,997,940.73	930	411,413.67	1,998,025.63
233	411,770.91	1,998,152.90	582	411,271.12	1,997,941.05	931	411,413.75	1,998,025.60
234	411,769.94	1,998,153.16	583	411,271.18	1,997,941.36	932	411,421.73	1,998,022.32
235	411,769.26	1,998,153.36	584	411,271.26	1,997,941.66	933	411,421.82	1,998,022.29
236	411,768.48	1,998,153.56	585	411,271.34	1,997,941.97	934	411,428.71	1,998,019.54
237	411,767.58	1,998,153.81	586	411,271.43	1,997,942.28	935	411,428.82	1,998,019.50
238	411,765.44	1,998,154.40	587	411,271.52	1,997,942.58	936	411,434.77	1,998,017.20
239	411,764.29	1,998,154.71	588	411,271.62	1,997,942.88	937	411,434.88	1,998,017.16
240	411,762.01	1,998,155.32	589	411,271.73	1,997,943.18	938	411,440.06	1,998,015.23
241	411,760.59	1,998,155.67	590	411,271.84	1,997,943.48	939	411,440.16	1,998,015.19
242	411,757.71	1,998,156.40	591	411,271.95	1,997,943.75	940	411,444.71	1,998,013.55
243	411,756.77	1,998,156.63	592	411,272.05	1,997,944.02	941	411,444.80	1,998,013.51
244	411,756.57	1,998,156.68	593	411,272.16	1,997,944.29	942	411,448.89	1,998,012.09
245	411,755.96	1,998,155.97	594	411,272.28	1,997,944.56	943	411,448.94	1,998,012.07
246	411,754.83	1,998,154.57	595	411,272.47	1,997,944.83	944	411,452.72	1,998,010.77
247	411,754.12	1,998,153.68	596	411,272.66	1,997,945.08	945	411,452.74	1,998,010.76
248	411,753.74	1,998,153.20	597	411,272.86	1,997,945.34	946	411,456.34	1,998,009.54
249	411,752.75	1,998,151.90	598	411,273.06	1,997,945.59	947	411,456.38	1,998,009.52
250	411,751.30	1,998,150.03	599	411,273.27	1,997,945.84	948	411,459.86	1,998,008.35
251	411,750.64	1,998,149.18	600	411,273.48	1,997,946.09	949	411,459.95	1,998,008.32
252	411,750.01	1,998,148.35	601	411,273.66	1,997,946.35	950	411,463.34	1,998,007.22
253	411,749.21	1,998,147.28	602	411,273.85	1,997,946.61	951	411,463.48	1,998,007.18
254	411,748.70	1,998,146.60	603	411,273.91	1,997,946.69	952	411,466.80	1,998,006.15
255	411,748.30	1,998,146.05	604	411,274.11	1,997,946.92	953	411,466.99	1,998,006.10
256	411,747.44	1,998,144.87	605	411,274.31	1,997,947.15	954	411,470.28	1,998,005.15
257	411,745.55	1,998,142.20	606	411,274.56	1,997,947.37	955	411,470.52	1,998,005.09
258	411,744.19	1,998,140.29	607	411,274.81	1,997,947.58	956	411,473.81	1,998,004.23
259	411,743.88	1,998,139.85	608	411,275.07	1,997,947.79	957	411,474.09	1,998,004.16
260	411,742.61	1,998,138.01	609	411,275.44	1,997,948.04	958	411,477.41	1,998,003.40
261	411,742.49	1,998,137.84	610	411,275.82	1,997,948.29	959	411,477.73	1,998,003.33

262	411,742.48	1,998,137.83	611	411,275.91	1,997,948.35	960	411,481.11	1,998,002.67
263	411,739.34	1,998,133.09	612	411,275.93	1,997,948.36	961	411,481.44	1,998,002.61
264	411,739.25	1,998,132.97	613	411,275.98	1,997,948.38	962	411,484.91	1,998,002.05
265	411,739.17	1,998,132.86	614	411,276.34	1,997,948.57	963	411,485.21	1,998,002.00
266	411,739.07	1,998,132.75	615	411,276.69	1,997,948.74	964	411,488.74	1,998,001.54
267	411,738.97	1,998,132.65	616	411,277.05	1,997,948.91	965	411,489.01	1,998,001.51
268	411,738.86	1,998,132.56	617	411,277.45	1,997,949.09	966	411,492.58	1,998,001.15
269	411,738.77	1,998,132.48	618	411,277.85	1,997,949.27	967	411,492.82	1,998,001.13
270	411,738.67	1,998,132.40	619	411,278.26	1,997,949.43	968	411,496.40	1,998,000.85
271	411,738.57	1,998,132.33	620	411,278.52	1,997,949.54	969	411,496.62	1,998,000.83
272	411,738.47	1,998,132.26	621	411,279.12	1,997,949.77	970	411,500.18	1,998,000.63
273	411,738.36	1,998,132.20	622	411,279.26	1,997,949.82	971	411,500.38	1,998,000.63
274	411,738.23	1,998,132.13	623	411,279.75	1,997,949.96	972	411,503.91	1,998,000.50
275	411,738.10	1,998,132.08	624	411,280.50	1,997,950.10	973	411,504.09	1,998,000.50
276	411,737.97	1,998,132.03	625	411,281.15	1,997,950.23	974	411,507.55	1,998,000.44
277	411,737.84	1,998,131.98	626	411,282.36	1,997,950.55	975	411,507.72	1,998,000.44
278	411,737.70	1,998,131.95	627	411,283.76	1,997,950.92	976	411,511.09	1,998,000.44
279	411,737.56	1,998,131.92	628	411,284.28	1,997,951.06	977	411,511.26	1,998,000.44
280	411,737.42	1,998,131.89	629	411,284.86	1,997,951.21	978	411,514.51	1,998,000.50
281	411,737.28	1,998,131.88	630	411,285.32	1,997,951.37	979	411,514.72	1,998,000.50
282	411,737.14	1,998,131.87	631	411,286.42	1,997,951.77	980	411,517.85	1,998,000.62
283	411,737.00	1,998,131.87	632	411,287.25	1,997,952.08	981	411,518.11	1,998,000.64
284	411,736.86	1,998,131.88	633	411,288.50	1,997,952.44	982	411,521.11	1,998,000.83
285	411,736.72	1,998,131.89	634	411,289.73	1,997,952.72	983	411,521.43	1,998,000.86
286	411,735.32	1,998,132.07	635	411,289.99	1,997,952.78	984	411,524.30	1,998,001.14
287	411,734.21	1,998,132.20	636	411,290.37	1,997,952.89	985	411,524.69	1,998,001.18
288	411,731.76	1,998,132.50	637	411,291.70	1,997,953.48	986	411,527.42	1,998,001.56
289	411,728.50	1,998,132.88	638	411,292.00	1,997,953.58	987	411,527.89	1,998,001.64
290	411,728.10	1,998,132.93	639	411,292.22	1,997,953.66	988	411,530.48	1,998,002.12
291	411,725.73	1,998,133.22	640	411,292.43	1,997,953.73	989	411,531.03	1,998,002.24
292	411,724.68	1,998,133.37	641	411,292.63	1,997,953.79	990	411,533.47	1,998,002.84
293	411,723.72	1,998,133.51	642	411,292.83	1,997,953.85	991	411,534.11	1,998,003.02
294	411,723.42	1,998,133.56	643	411,293.06	1,997,953.92	992	411,536.41	1,998,003.75
295	411,721.65	1,998,133.81	644	411,293.29	1,997,953.99	993	411,537.12	1,998,004.00
296	411,719.34	1,998,134.01	645	411,293.52	1,997,954.04	994	411,539.27	1,998,004.87
297	411,716.70	1,998,134.22	646	411,293.75	1,997,954.09	995	411,540.01	1,998,005.20
298	411,716.27	1,998,134.19	647	411,293.98	1,997,954.13	996	411,542.02	1,998,006.21
299	411,712.77	1,998,134.03	648	411,294.21	1,997,954.17	997	411,542.74	1,998,006.60
300	411,712.75	1,998,134.03	649	411,294.45	1,997,954.19	998	411,544.62	1,998,007.75
301	411,712.72	1,998,134.03	650	411,294.69	1,997,954.21	999	411,545.29	1,998,008.20
302	411,712.70	1,998,134.05	651	411,294.92	1,997,954.22	1000	411,547.08	1,998,009.49
303	411,712.60	1,998,134.12	652	411,295.16	1,997,954.22	1001	411,547.68	1,998,009.96
304	411,710.20	1,998,135.79	653	411,295.40	1,997,954.21	1002	411,549.38	1,998,011.40
305	411,710.20	1,998,135.79	654	411,295.63	1,997,954.20	1003	411,549.90	1,998,011.87
306	411,708.49	1,998,137.01	655	411,295.87	1,997,954.18	1004	411,551.53	1,998,013.46
307	411,708.47	1,998,137.03	656	411,296.10	1,997,954.15	1005	411,551.95	1,998,013.91

308	411,708.46	1,998,137.03	657	411,296.32	1,997,954.10	1006	411,553.53	1,998,015.65
309	411,708.44	1,998,137.04	658	411,296.54	1,997,954.05	1007	411,553.88	1,998,016.05
310	411,703.67	1,998,139.92	659	411,296.76	1,997,953.99	1008	411,555.42	1,998,017.94
311	411,702.44	1,998,140.66	660	411,296.97	1,997,953.92	1009	411,555.74	1,998,018.36
312	411,700.86	1,998,141.64	661	411,300.46	1,997,952.76	1010	411,557.42	1,998,020.67
313	411,700.49	1,998,141.86	662	411,300.60	1,997,952.71	1011	411,557.69	1,998,021.06
314	411,700.39	1,998,141.92	663	411,302.19	1,997,952.10	1012	411,560.32	1,998,025.06
315	411,698.98	1,998,142.79	664	411,302.83	1,997,951.86	1013	411,560.43	1,998,025.23
316	411,698.19	1,998,143.27	665	411,303.77	1,997,951.47	1014	411,564.97	1,998,032.45
317	411,697.94	1,998,143.42	666	411,306.92	1,997,950.15	1015	411,565.00	1,998,032.51
318	411,697.29	1,998,143.83	667	411,307.69	1,997,949.85	1016	411,572.43	1,998,044.50
319	411,694.61	1,998,145.58	668	411,309.14	1,997,949.31	1017	411,572.44	1,998,044.51
320	411,694.09	1,998,145.92	669	411,310.59	1,997,948.82	1018	411,583.72	1,998,062.81
321	411,692.93	1,998,146.69	670	411,314.02	1,997,947.72	1019	411,599.82	1,998,088.94
322	411,692.05	1,998,147.29	671	411,314.07	1,997,947.71	1020	411,621.70	1,998,124.44
323	411,691.75	1,998,147.49	672	411,314.70	1,997,947.53	1021	411,656.49	1,998,180.71
324	411,691.22	1,998,147.86	673	411,319.85	1,997,946.11	1022	411,660.40	1,998,196.09
325	411,690.86	1,998,148.12	674	411,320.09	1,997,946.05	1023	411,660.56	1,998,196.80
326	411,689.38	1,998,149.22	675	411,320.20	1,997,946.03	1024	411,660.84	1,998,198.55
327	411,689.14	1,998,149.41	676	411,320.27	1,997,946.01	1025	411,661.41	1,998,200.24
328	411,688.72	1,998,149.74	677	411,321.69	1,997,945.79	1026	411,662.25	1,998,201.80
329	411,687.08	1,998,151.02	678	411,323.88	1,997,945.42	1027	411,663.33	1,998,203.21
330	411,686.53	1,998,151.45	679	411,324.13	1,997,945.39	1028	411,664.64	1,998,204.42
331	411,686.20	1,998,151.71	680	411,325.36	1,997,945.25	1029	411,666.12	1,998,205.39
332	411,685.41	1,998,152.34	681	411,325.57	1,997,945.24	1030	411,667.75	1,998,206.10
333	411,685.19	1,998,152.52	682	411,325.72	1,997,945.23	1031	411,669.47	1,998,206.54
334	411,685.06	1,998,152.63	683	411,328.39	1,997,944.96	1032	411,671.24	1,998,206.68
335	411,684.50	1,998,153.10	684	411,328.52	1,997,944.94	1033	411,673.01	1,998,206.53
336	411,684.00	1,998,153.29	685	411,328.65	1,997,944.92	1034	411,674.73	1,998,206.08
337	411,682.36	1,998,153.94	686	411,329.38	1,997,944.80	1035	411,676.35	1,998,205.36
338	411,681.09	1,998,154.42	687	411,329.43	1,997,944.79	1036	411,677.28	1,998,204.81
339	411,680.21	1,998,154.77	688	411,332.46	1,997,944.07	1037	411,679.00	1,998,203.79
340	411,679.56	1,998,155.02	689	411,333.46	1,997,943.81	1038	411,683.85	1,998,200.92
341	411,678.01	1,998,155.65	690	411,334.70	1,997,943.48	1039	411,684.49	1,998,200.47
342	411,676.80	1,998,156.09	691	411,334.82	1,997,943.45	1040	411,685.05	1,998,199.92
343	411,676.67	1,998,156.14	692	411,335.13	1,997,943.35	1041	411,685.53	1,998,199.29
344	411,675.94	1,998,156.44	693	411,336.29	1,997,942.95	1042	411,685.89	1,998,198.60
345	411,675.70	1,998,156.54	694	411,337.90	1,997,942.48	1043	411,686.15	1,998,197.86
346	411,675.59	1,998,156.58	695	411,338.57	1,997,942.22	1044	411,686.28	1,998,197.08
347	411,675.48	1,998,156.64	696	411,338.90	1,997,942.12	1045	411,686.29	1,998,196.30
348	411,675.38	1,998,156.70	697	411,339.66	1,997,941.80	1046	411,686.18	1,998,195.52
349	411,675.29	1,998,156.77	698	411,341.82	1,997,941.03	1047	411,685.95	1,998,194.77

Coordenadas Área de corte y relleno polígono 13								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,672.75	1,998,273.81	517	412,285.74	1,998,231.54	1033	412,039.87	1,997,993.36
2	411,673.70	1,998,272.90	518	412,285.80	1,998,231.51	1034	412,036.23	1,997,989.31

3	411,674.00	1,998,272.90	519	412,286.27	1,998,231.23	1035	412,033.03	1,997,986.46
4	411,676.27	1,998,272.92	520	412,286.40	1,998,231.14	1036	412,025.63	1,997,980.93
5	411,677.49	1,998,272.92	521	412,287.62	1,998,230.46	1037	412,018.05	1,997,976.60
6	411,678.97	1,998,272.91	522	412,288.01	1,998,230.21	1038	412,011.44	1,997,974.37
7	411,679.93	1,998,272.92	523	412,288.19	1,998,230.10	1039	412,011.66	1,997,972.35
8	411,680.61	1,998,272.94	524	412,290.03	1,998,229.06	1040	412,011.93	1,997,970.22
9	411,681.22	1,998,272.97	525	412,290.23	1,998,228.95	1041	412,011.94	1,997,970.11
10	411,682.30	1,998,273.02	526	412,290.42	1,998,228.84	1042	412,011.97	1,997,969.88
11	411,682.68	1,998,273.05	527	412,290.78	1,998,228.62	1043	412,012.57	1,997,966.73
12	411,683.81	1,998,273.14	528	412,291.13	1,998,228.39	1044	412,012.81	1,997,965.39
13	411,684.00	1,998,273.16	529	412,291.49	1,998,228.16	1045	412,013.27	1,997,963.34
14	411,684.52	1,998,273.21	530	412,291.83	1,998,227.93	1046	412,013.41	1,997,962.68
15	411,684.63	1,998,273.23	531	412,292.18	1,998,227.68	1047	412,013.46	1,997,962.49
16	411,684.72	1,998,273.24	532	412,292.51	1,998,227.43	1048	412,013.63	1,997,961.83
17	411,687.10	1,998,273.41	533	412,292.85	1,998,227.18	1049	412,014.09	1,997,960.32
18	411,687.10	1,998,273.41	534	412,293.18	1,998,226.92	1050	412,014.53	1,997,958.91
19	411,687.13	1,998,273.41	535	412,293.29	1,998,226.83	1051	412,014.64	1,997,958.60
20	411,688.49	1,998,273.48	536	412,293.32	1,998,226.81	1052	412,015.34	1,997,956.50
21	411,688.70	1,998,273.50	537	412,293.43	1,998,226.72	1053	412,015.39	1,997,956.36
22	411,690.13	1,998,273.60	538	412,293.74	1,998,226.48	1054	412,015.44	1,997,956.24
23	411,690.79	1,998,273.66	539	412,294.05	1,998,226.24	1055	412,015.87	1,997,955.12
24	411,691.46	1,998,273.73	540	412,294.36	1,998,225.99	1056	412,015.97	1,997,954.91
25	411,691.95	1,998,273.79	541	412,294.66	1,998,225.73	1057	412,016.09	1,997,954.65
26	411,697.68	1,998,274.47	542	412,297.66	1,998,223.17	1058	412,017.25	1,997,952.10
27	411,697.83	1,998,274.49	543	412,297.90	1,998,222.96	1059	412,017.31	1,997,951.98
28	411,698.54	1,998,274.59	544	412,299.75	1,998,221.37	1060	412,017.83	1,997,950.84
29	411,698.80	1,998,274.62	545	412,300.16	1,998,221.03	1061	412,018.54	1,997,949.26
30	411,699.43	1,998,274.68	546	412,300.88	1,998,220.44	1062	412,018.98	1,997,948.40
31	411,699.59	1,998,274.69	547	412,301.47	1,998,219.97	1063	412,019.05	1,997,948.28
32	411,701.29	1,998,274.87	548	412,301.62	1,998,219.85	1064	412,019.13	1,997,948.10
33	411,701.65	1,998,274.90	549	412,301.70	1,998,219.77	1065	412,019.55	1,997,947.19
34	411,701.66	1,998,274.90	550	412,302.04	1,998,219.46	1066	412,019.77	1,997,946.68
35	411,702.04	1,998,274.93	551	412,302.07	1,998,219.43	1067	412,020.87	1,997,944.10
36	411,702.06	1,998,274.93	552	412,302.08	1,998,219.42	1068	412,021.09	1,997,943.47
37	411,702.90	1,998,274.97	553	412,302.11	1,998,219.39	1069	412,021.17	1,997,943.27
38	411,703.08	1,998,274.99	554	412,303.03	1,998,218.45	1070	412,021.50	1,997,942.69
39	411,703.30	1,998,275.00	555	412,303.20	1,998,218.29	1071	412,021.50	1,997,942.68
40	411,703.79	1,998,275.05	556	412,303.24	1,998,218.26	1072	412,021.91	1,997,942.00
41	411,703.82	1,998,275.06	557	412,308.15	1,998,213.57	1073	412,022.02	1,997,941.69
42	411,704.16	1,998,275.06	558	412,310.98	1,998,210.86	1074	412,022.15	1,997,941.35
43	411,704.48	1,998,275.08	559	412,311.22	1,998,210.65	1075	412,022.18	1,997,941.29
44	411,705.11	1,998,275.05	560	412,311.51	1,998,210.41	1076	412,022.70	1,997,940.16
45	411,706.43	1,998,275.07	561	412,312.45	1,998,209.58	1077	412,023.62	1,997,937.82
46	411,706.61	1,998,275.05	562	412,312.93	1,998,209.16	1078	412,024.61	1,997,935.83
47	411,708.71	1,998,275.13	563	412,314.65	1,998,207.59	1079	412,024.63	1,997,935.79
48	411,709.25	1,998,275.17	564	412,316.19	1,998,206.26	1080	412,024.78	1,997,935.49

49	411,709.41	1,998,275.18	565	412,317.02	1,998,205.54	1081	412,024.93	1,997,935.20
50	411,711.53	1,998,275.29	566	412,317.56	1,998,205.08	1082	412,025.08	1,997,934.90
51	411,711.86	1,998,275.32	567	412,317.85	1,998,204.81	1083	412,025.22	1,997,934.59
52	411,712.23	1,998,275.35	568	412,317.98	1,998,204.70	1084	412,025.35	1,997,934.29
53	411,719.00	1,998,275.69	569	412,318.23	1,998,204.53	1085	412,025.37	1,997,934.26
54	411,719.40	1,998,275.70	570	412,318.92	1,998,204.05	1086	412,025.58	1,997,933.95
55	411,719.46	1,998,275.71	571	412,319.45	1,998,203.66	1087	412,025.78	1,997,933.64
56	411,720.00	1,998,275.72	572	412,320.22	1,998,203.11	1088	412,025.98	1,997,933.32
57	411,722.03	1,998,275.78	573	412,320.50	1,998,203.02	1089	412,026.18	1,997,933.00
58	411,725.41	1,998,275.89	574	412,321.21	1,998,202.81	1090	412,026.37	1,997,932.68
59	411,725.98	1,998,275.90	575	412,321.47	1,998,202.76	1091	412,026.55	1,997,932.35
60	411,729.14	1,998,276.52	576	412,321.75	1,998,202.63	1092	412,026.64	1,997,932.18
61	411,731.44	1,998,276.97	577	412,322.34	1,998,202.38	1093	412,038.86	1,997,928.50
62	411,735.25	1,998,277.68	578	412,323.48	1,998,201.74	1094	412,038.06	1,997,929.10
63	411,737.37	1,998,278.08	579	412,324.33	1,998,201.07	1095	412,044.10	1,997,925.25
64	411,741.15	1,998,278.77	580	412,324.98	1,998,200.42	1096	412,045.08	1,997,924.68
65	411,744.02	1,998,279.27	581	412,325.38	1,998,200.03	1097	412,053.95	1,997,921.49
66	411,744.94	1,998,279.43	582	412,327.96	1,998,197.52	1098	412,054.46	1,997,921.29
67	411,751.08	1,998,280.50	583	412,328.15	1,998,197.34	1099	412,063.80	1,997,918.40
68	411,752.88	1,998,280.81	584	412,328.33	1,998,197.16	1100	412,069.13	1,997,916.16
69	411,755.30	1,998,281.21	585	412,328.62	1,998,196.86	1101	412,070.45	1,997,915.05
70	411,758.80	1,998,281.80	586	412,328.91	1,998,196.55	1102	412,079.01	1,997,927.10
71	411,760.27	1,998,282.05	587	412,329.19	1,998,196.24	1103	412,093.20	1,997,941.21
72	411,766.67	1,998,283.11	588	412,329.44	1,998,195.96	1104	412,098.89	1,997,946.65
73	411,766.71	1,998,283.12	589	412,329.69	1,998,195.68	1105	412,107.89	1,997,957.42
74	411,766.72	1,998,283.12	590	412,329.93	1,998,195.39	1106	412,113.81	1,997,959.25
75	411,766.73	1,998,283.12	591	412,330.16	1,998,195.10	1107	412,119.88	1,997,962.93
76	411,767.06	1,998,283.18	592	412,330.39	1,998,194.81	1108	412,132.79	1,997,966.36
77	411,768.02	1,998,283.34	593	412,330.62	1,998,194.52	1109	412,140.04	1,997,968.89
78	411,768.16	1,998,283.36	594	412,330.89	1,998,194.18	1110	412,144.49	1,997,970.39
79	411,768.29	1,998,283.37	595	412,331.15	1,998,193.82	1111	412,156.63	1,997,971.62
80	411,768.43	1,998,283.38	596	412,331.40	1,998,193.47	1112	412,167.30	1,997,973.01
81	411,768.57	1,998,283.38	597	412,331.58	1,998,193.22	1113	412,168.00	1,997,973.12
82	411,768.70	1,998,283.38	598	412,331.75	1,998,192.97	1114	412,178.76	1,997,975.34
83	411,768.85	1,998,283.37	599	412,331.89	1,998,192.76	1115	412,189.71	1,997,976.07
84	411,772.06	1,998,283.19	600	412,332.03	1,998,192.55	1116	412,195.65	1,997,976.42
85	411,774.33	1,998,283.09	601	412,332.24	1,998,192.23	1117	412,200.52	1,997,976.26
86	411,778.83	1,998,282.82	602	412,332.45	1,998,191.90	1118	412,211.27	1,997,976.72
87	411,781.12	1,998,282.68	603	412,332.65	1,998,191.57	1119	412,220.09	1,997,975.83
88	411,783.20	1,998,282.55	604	412,332.85	1,998,191.24	1120	412,221.33	1,997,975.56
89	411,783.42	1,998,282.53	605	412,333.08	1,998,190.83	1121	412,231.85	1,997,972.38
90	411,783.47	1,998,282.53	606	412,333.31	1,998,190.42	1122	412,241.86	1,997,968.21
91	411,784.69	1,998,282.50	607	412,333.53	1,998,190.01	1123	412,246.00	1,997,966.35
92	411,788.50	1,998,282.45	608	412,333.75	1,998,189.59	1124	412,251.42	1,997,963.57
93	411,792.95	1,998,282.30	609	412,333.94	1,998,189.18	1125	412,261.02	1,997,959.77
94	411,793.77	1,998,282.27	610	412,334.14	1,998,188.76	1126	412,268.50	1,997,957.19

95	411,794.11	1,998,282.25
96	411,794.59	1,998,282.24
97	411,795.79	1,998,282.20
98	411,800.27	1,998,282.08
99	411,802.40	1,998,282.04
100	411,805.45	1,998,281.98
101	411,808.05	1,998,281.90
102	411,811.57	1,998,281.77
103	411,814.01	1,998,281.79
104	411,815.69	1,998,281.78
105	411,815.71	1,998,281.79
106	411,815.77	1,998,281.78
107	411,815.82	1,998,281.78
108	411,817.83	1,998,281.80
109	411,818.05	1,998,281.80
110	411,818.28	1,998,281.79
111	411,819.85	1,998,281.70
112	411,821.78	1,998,281.58
113	411,824.22	1,998,281.42
114	411,825.99	1,998,281.31
115	411,826.80	1,998,281.26
116	411,828.42	1,998,281.17
117	411,831.52	1,998,281.11
118	411,831.60	1,998,281.11
119	411,831.64	1,998,281.11
120	411,834.25	1,998,281.14
121	411,834.88	1,998,281.20
122	411,836.21	1,998,281.30
123	411,837.50	1,998,281.55
124	411,837.58	1,998,281.56
125	411,837.75	1,998,281.61
126	411,837.78	1,998,281.63
127	411,838.54	1,998,281.80
128	411,838.86	1,998,281.84
129	411,839.06	1,998,281.84
130	411,839.36	1,998,281.80
131	411,839.70	1,998,281.71
132	411,840.11	1,998,281.78
133	411,840.20	1,998,281.78
134	411,841.89	1,998,281.52
135	411,842.92	1,998,281.41
136	411,844.33	1,998,281.34
137	411,844.41	1,998,281.34
138	411,844.52	1,998,281.33
139	411,844.67	1,998,281.32
140	411,844.76	1,998,281.31
611	412,334.32	1,998,188.34
612	412,334.50	1,998,187.92
613	412,334.67	1,998,187.50
614	412,334.84	1,998,187.07
615	412,334.99	1,998,186.67
616	412,335.13	1,998,186.26
617	412,335.27	1,998,185.85
618	412,335.40	1,998,185.43
619	412,335.53	1,998,185.02
620	412,335.65	1,998,184.60
621	412,335.76	1,998,184.18
622	412,335.86	1,998,183.81
623	412,335.95	1,998,183.42
624	412,336.04	1,998,183.04
625	412,336.12	1,998,182.65
626	412,336.20	1,998,182.26
627	412,336.27	1,998,181.86
628	412,336.33	1,998,181.46
629	412,336.39	1,998,181.05
630	412,336.45	1,998,180.65
631	412,336.50	1,998,180.24
632	412,336.55	1,998,179.85
633	412,336.59	1,998,179.45
634	412,336.63	1,998,179.09
635	412,336.66	1,998,178.72
636	412,336.68	1,998,178.32
637	412,336.69	1,998,177.93
638	412,336.70	1,998,177.70
639	412,336.72	1,998,177.25
640	412,336.72	1,998,176.81
641	412,336.72	1,998,176.36
642	412,336.71	1,998,175.92
643	412,336.70	1,998,175.48
644	412,336.68	1,998,175.03
645	412,336.65	1,998,174.59
646	412,336.61	1,998,174.14
647	412,336.58	1,998,173.72
648	412,336.55	1,998,173.48
649	412,336.51	1,998,173.24
650	412,336.47	1,998,172.87
651	412,336.40	1,998,172.43
652	412,336.32	1,998,171.99
653	412,336.23	1,998,171.56
654	412,336.14	1,998,171.12
655	412,336.03	1,998,170.68
656	412,335.91	1,998,170.23
1127	412,270.85	1,997,956.38
1128	412,280.41	1,997,952.06
1129	412,289.67	1,997,946.94
1130	412,292.50	1,997,945.01
1131	412,297.85	1,997,940.18
1132	412,305.74	1,997,933.07
1133	412,310.37	1,997,927.86
1134	412,312.71	1,997,925.01
1135	412,318.84	1,997,916.29
1136	412,324.79	1,997,907.63
1137	412,324.90	1,997,907.51
1138	412,333.09	1,997,899.65
1139	412,332.97	1,997,883.23
1140	412,334.85	1,997,862.71
1141	412,340.04	1,997,843.35
1142	412,350.64	1,997,825.85
1143	412,354.45	1,997,816.55
1144	412,356.04	1,997,808.41
1145	412,355.66	1,997,809.83
1146	412,357.87	1,997,801.04
1147	412,360.69	1,997,793.99
1148	412,364.32	1,997,787.06
1149	412,368.99	1,997,780.82
1150	412,369.80	1,997,780.01
1151	412,374.39	1,997,775.16
1152	412,380.59	1,997,770.34
1153	412,382.55	1,997,769.21
1154	412,387.62	1,997,766.73
1155	412,395.03	1,997,764.05
1156	412,398.15	1,997,763.28
1157	412,402.66	1,997,762.11
1158	412,415.75	1,997,761.05
1159	412,436.17	1,997,759.01
1160	412,455.01	1,997,752.30
1161	412,455.81	1,997,751.83
1162	412,463.23	1,997,746.42
1163	412,470.35	1,997,740.37
1164	412,470.93	1,997,739.73
1165	412,465.48	1,997,718.01
1166	412,460.16	1,997,721.79
1167	412,454.23	1,997,725.14
1168	412,447.99	1,997,727.86
1169	412,394.66	1,997,745.80
1170	412,386.49	1,997,749.66
1171	412,378.66	1,997,754.18
1172	412,371.24	1,997,759.33

141	411,847.07	1,998,280.98	657	412,335.79	1,998,169.81	1173	412,364.27	1,997,765.09
142	411,847.15	1,998,280.96	658	412,335.66	1,998,169.39	1174	412,357.80	1,997,771.40
143	411,847.24	1,998,280.93	659	412,335.53	1,998,168.97	1175	412,351.89	1,997,778.24
144	411,847.51	1,998,280.79	660	412,335.39	1,998,168.55	1176	412,346.56	1,997,785.54
145	411,848.23	1,998,280.49	661	412,335.25	1,998,168.13	1177	412,341.86	1,997,793.26
146	411,848.65	1,998,280.34	662	412,335.10	1,998,167.72	1178	412,337.81	1,997,801.34
147	411,851.15	1,998,279.63	663	412,334.94	1,998,167.31	1179	412,334.46	1,997,809.73
148	411,853.52	1,998,278.96	664	412,334.78	1,998,166.90	1180	412,307.61	1,997,887.08
149	411,853.82	1,998,278.89	665	412,334.61	1,998,166.50	1181	412,303.86	1,997,894.88
150	411,855.68	1,998,278.48	666	412,334.43	1,998,166.09	1182	412,299.47	1,997,902.34
151	411,857.88	1,998,278.11	667	412,334.29	1,998,165.79	1183	412,294.47	1,997,909.42
152	411,857.98	1,998,278.09	668	412,334.10	1,998,165.39	1184	412,288.90	1,997,916.05
153	411,862.72	1,998,277.23	669	412,333.91	1,998,164.99	1185	412,282.80	1,997,922.20
154	411,866.53	1,998,276.53	670	412,333.71	1,998,164.60	1186	412,276.21	1,997,927.81
155	411,867.27	1,998,276.45	671	412,333.50	1,998,164.20	1187	412,269.18	1,997,932.86
156	411,871.96	1,998,275.75	672	412,333.28	1,998,163.80	1188	412,261.74	1,997,937.31
157	411,873.16	1,998,275.57	673	412,333.05	1,998,163.40	1189	412,253.97	1,997,941.12
158	411,873.34	1,998,275.55	674	412,332.82	1,998,163.00	1190	412,245.90	1,997,944.27
159	411,876.23	1,998,275.28	675	412,332.58	1,998,162.61	1191	412,237.60	1,997,946.74
160	411,877.52	1,998,275.16	676	412,332.33	1,998,162.22	1192	412,229.13	1,997,948.51
161	411,877.72	1,998,275.13	677	412,332.08	1,998,161.83	1193	412,220.53	1,997,949.57
162	411,878.22	1,998,275.07	678	412,331.82	1,998,161.45	1194	412,211.88	1,997,949.91
163	411,880.47	1,998,274.82	679	412,331.56	1,998,161.08	1195	412,203.41	1,997,949.77
164	411,883.14	1,998,274.65	680	412,331.50	1,998,160.99	1196	412,194.99	1,997,948.92
165	411,884.42	1,998,274.60	681	412,331.31	1,998,160.72	1197	412,186.67	1,997,947.37
166	411,886.82	1,998,274.46	682	412,331.12	1,998,160.46	1198	412,178.51	1,997,945.12
167	411,886.93	1,998,274.46	683	412,330.93	1,998,160.20	1199	412,170.56	1,997,942.21
168	411,889.30	1,998,274.34	684	412,330.70	1,998,159.88	1200	412,162.89	1,997,938.63
169	411,890.38	1,998,274.28	685	412,330.46	1,998,159.56	1201	412,155.54	1,997,934.43
170	411,890.38	1,998,274.28	686	412,330.21	1,998,159.25	1202	412,147.42	1,997,928.72
171	411,890.41	1,998,274.28	687	412,329.97	1,998,158.94	1203	412,139.67	1,997,922.52
172	411,890.46	1,998,274.28	688	412,329.71	1,998,158.64	1204	412,132.30	1,997,915.86
173	411,890.67	1,998,274.26	689	412,329.51	1,998,158.38	1205	412,099.26	1,997,880.35
174	411,895.00	1,998,273.93	690	412,329.31	1,998,158.14	1206	412,095.48	1,997,876.67
175	411,898.05	1,998,273.62	691	412,329.10	1,998,157.89	1207	412,091.26	1,997,873.49
176	411,899.93	1,998,273.49	692	412,328.95	1,998,157.70	1208	412,086.67	1,997,870.86
177	411,900.01	1,998,273.48	693	412,328.79	1,998,157.52	1209	412,081.79	1,997,868.84
178	411,900.04	1,998,273.48	694	412,328.03	1,998,156.63	1210	412,076.70	1,997,867.44
179	411,900.16	1,998,273.48	695	412,327.15	1,998,155.57	1211	412,071.47	1,997,866.69
180	411,903.05	1,998,273.42	696	412,326.33	1,998,154.69	1212	412,066.19	1,997,866.61
181	411,904.18	1,998,273.42	697	412,326.03	1,998,154.30	1213	412,060.94	1,997,867.19
182	411,904.28	1,998,273.42	698	412,325.82	1,998,154.01	1214	412,055.80	1,997,868.42
183	411,905.37	1,998,273.32	699	412,325.27	1,998,153.41	1215	412,050.86	1,997,870.29
184	411,907.46	1,998,273.09	700	412,325.20	1,998,153.31	1216	412,046.19	1,997,872.77
185	411,909.05	1,998,273.00	701	412,324.99	1,998,153.07	1217	412,037.93	1,997,879.83
186	411,909.15	1,998,272.99	702	412,324.60	1,998,152.63	1218	412,030.09	1,997,887.35

187	411,910.12	1,998,272.82	703	412,324.37	1,998,152.40	1219	412,022.71	1,997,895.32
188	411,911.83	1,998,272.58	704	412,324.09	1,998,152.13	1220	412,015.80	1,997,903.71
189	411,913.68	1,998,272.16	705	412,324.06	1,998,152.09	1221	412,014.33	1,997,905.74
190	411,915.51	1,998,271.83	706	412,323.84	1,998,151.91	1222	412,009.64	1,997,912.85
191	411,917.78	1,998,271.37	707	412,322.62	1,998,150.85	1223	412,005.57	1,997,920.34
192	411,919.28	1,998,271.45	708	412,321.61	1,998,149.97	1224	412,002.15	1,997,928.15
193	411,919.47	1,998,271.46	709	412,321.16	1,998,149.48	1225	411,999.41	1,997,936.23
194	411,919.62	1,998,271.46	710	412,320.94	1,998,148.65	1226	411,997.36	1,997,944.51
195	411,924.30	1,998,271.34	711	412,320.29	1,998,145.87	1227	411,991.48	1,997,973.61
196	411,925.46	1,998,271.31	712	412,319.70	1,998,143.34	1228	411,991.19	1,997,976.14
197	411,926.46	1,998,271.35	713	412,319.38	1,998,141.83	1229	411,991.33	1,997,978.68
198	411,927.13	1,998,271.36	714	412,319.15	1,998,140.78	1230	411,991.90	1,997,981.16
199	411,927.38	1,998,271.36	715	412,319.14	1,998,140.73	1231	411,992.88	1,997,983.50
200	411,929.34	1,998,271.43	716	412,318.96	1,998,139.95	1232	411,994.24	1,997,985.65
201	411,929.44	1,998,271.43	717	412,318.21	1,998,136.56	1233	411,995.94	1,997,987.54
202	411,929.99	1,998,271.44	718	412,317.40	1,998,132.90	1234	411,997.94	1,997,989.11
203	411,931.52	1,998,271.45	719	412,317.31	1,998,132.30	1235	412,001.74	1,997,992.02
204	411,934.75	1,998,271.59	720	412,317.30	1,998,132.24	1236	412,005.07	1,997,995.44
205	411,940.98	1,998,271.75	721	412,317.11	1,998,131.43	1237	412,007.89	1,997,999.30
206	411,943.10	1,998,271.80	722	412,317.10	1,998,131.37	1238	412,010.11	1,998,003.53
207	411,943.71	1,998,271.84	723	412,317.03	1,998,131.05	1239	412,011.71	1,998,008.04
208	411,945.88	1,998,271.80	724	412,316.60	1,998,129.18	1240	412,012.64	1,998,012.72
209	411,954.69	1,998,271.52	725	412,316.49	1,998,128.69	1241	412,024.67	1,998,099.05
210	411,955.89	1,998,271.49	726	412,316.43	1,998,128.39	1242	412,036.00	1,998,096.71
211	411,956.32	1,998,271.47	727	412,315.91	1,998,126.14	1243	412,036.12	1,998,097.30
212	411,956.39	1,998,271.47	728	412,315.22	1,998,123.03	1244	412,036.24	1,998,097.89
213	411,958.29	1,998,271.30	729	412,315.10	1,998,122.49	1245	412,024.84	1,998,100.24
214	411,958.76	1,998,271.28	730	412,315.07	1,998,122.38	1246	412,027.94	1,998,122.51
215	411,961.67	1,998,271.25	731	412,314.95	1,998,121.84	1247	412,028.14	1,998,123.41
216	411,962.84	1,998,271.25	732	412,314.95	1,998,121.83	1248	412,028.32	1,998,124.18
217	411,963.10	1,998,271.24	733	412,314.92	1,998,121.70	1249	412,028.98	1,998,125.77
218	411,964.45	1,998,271.15	734	412,314.90	1,998,121.61	1250	412,029.91	1,998,127.22
219	411,967.49	1,998,270.81	735	412,314.75	1,998,120.94	1251	412,031.07	1,998,128.48
220	411,967.58	1,998,270.80	736	412,314.74	1,998,120.91	1252	412,032.42	1,998,129.53
221	411,967.84	1,998,270.77	737	412,314.71	1,998,120.78	1253	412,033.94	1,998,130.34
222	411,968.10	1,998,270.74	738	412,314.36	1,998,119.23	1254	412,035.57	1,998,130.87
223	411,968.36	1,998,270.70	739	412,314.29	1,998,118.90	1255	412,037.27	1,998,131.11
224	411,968.62	1,998,270.65	740	412,314.25	1,998,118.73	1256	412,038.99	1,998,131.07
225	411,968.88	1,998,270.60	741	412,314.24	1,998,118.71	1257	412,257.97	1,998,105.89
226	411,969.07	1,998,270.56	742	412,314.23	1,998,117.87	1258	412,262.30	1,998,105.77
227	411,970.75	1,998,270.20	743	412,313.11	1,998,111.42	1259	412,266.59	1,998,106.40
228	411,970.84	1,998,270.18	744	412,313.11	1,998,111.22	1260	412,270.71	1,998,107.76
229	411,971.39	1,998,270.08	745	412,313.12	1,998,111.17	1261	412,274.53	1,998,109.82
230	411,972.10	1,998,269.95	746	412,313.08	1,998,109.04	1262	412,277.94	1,998,112.50
231	411,975.59	1,998,269.47	747	412,313.05	1,998,107.62	1263	412,280.83	1,998,115.73
232	411,975.81	1,998,269.44	748	412,313.04	1,998,107.29	1264	412,283.12	1,998,119.41

233	411,980.44	1,998,268.93
234	411,981.73	1,998,268.75
235	411,984.48	1,998,268.36
236	411,986.06	1,998,268.18
237	411,989.06	1,998,267.91
238	411,989.76	1,998,267.84
239	411,989.86	1,998,267.83
240	411,990.84	1,998,267.72
241	411,990.90	1,998,267.71
242	411,991.29	1,998,267.65
243	411,994.27	1,998,267.21
244	411,994.85	1,998,267.12
245	411,997.52	1,998,266.81
246	411,997.75	1,998,266.78
247	411,998.10	1,998,266.75
248	411,999.60	1,998,266.62
249	411,999.88	1,998,266.61
250	411,999.92	1,998,266.60
251	412,005.28	1,998,265.90
252	412,007.39	1,998,265.64
253	412,012.13	1,998,264.92
254	412,019.66	1,998,263.88
255	412,021.81	1,998,263.58
256	412,022.85	1,998,263.45
257	412,022.99	1,998,263.44
258	412,023.24	1,998,263.42
259	412,023.46	1,998,263.40
260	412,028.86	1,998,262.83
261	412,034.69	1,998,262.22
262	412,034.87	1,998,262.20
263	412,035.14	1,998,262.17
264	412,035.83	1,998,262.12
265	412,038.30	1,998,261.90
266	412,042.11	1,998,261.63
267	412,042.33	1,998,261.60
268	412,042.55	1,998,261.58
269	412,043.07	1,998,261.52
270	412,045.29	1,998,261.29
271	412,045.35	1,998,261.29
272	412,045.93	1,998,261.25
273	412,046.01	1,998,261.24
274	412,048.66	1,998,261.05
275	412,049.75	1,998,261.00
276	412,050.38	1,998,260.95
277	412,052.10	1,998,260.87
278	412,053.66	1,998,260.77
749	412,313.02	1,998,106.96
750	412,313.00	1,998,106.63
751	412,312.98	1,998,106.42
752	412,312.97	1,998,106.32
753	412,312.96	1,998,106.30
754	412,312.96	1,998,106.27
755	412,312.93	1,998,105.90
756	412,312.89	1,998,105.53
757	412,312.85	1,998,105.15
758	412,312.80	1,998,104.78
759	412,312.74	1,998,104.41
760	412,312.69	1,998,104.11
761	412,312.64	1,998,103.80
762	412,312.63	1,998,103.75
763	412,312.60	1,998,103.58
764	412,312.51	1,998,103.26
765	412,312.42	1,998,102.93
766	412,312.32	1,998,102.60
767	412,312.22	1,998,102.28
768	412,312.14	1,998,101.93
769	412,312.03	1,998,101.52
770	412,311.90	1,998,101.11
771	412,311.77	1,998,100.71
772	412,311.68	1,998,100.41
773	412,311.58	1,998,100.12
774	412,311.48	1,998,099.83
775	412,311.28	1,998,099.42
776	412,311.07	1,998,099.01
777	412,310.85	1,998,098.60
778	412,310.63	1,998,098.20
779	412,310.40	1,998,097.80
780	412,310.16	1,998,097.40
781	412,309.92	1,998,097.01
782	412,309.79	1,998,096.80
783	412,309.66	1,998,096.60
784	412,309.40	1,998,096.21
785	412,309.13	1,998,095.82
786	412,308.86	1,998,095.44
787	412,308.58	1,998,095.06
788	412,308.29	1,998,094.69
789	412,308.00	1,998,094.32
790	412,307.89	1,998,094.19
791	412,307.67	1,998,093.92
792	412,307.38	1,998,093.59
793	412,307.08	1,998,093.27
794	412,306.78	1,998,092.95
1265	412,284.74	1,998,123.44
1266	412,285.64	1,998,127.68
1267	412,289.52	1,998,162.59
1268	412,302.60	1,998,176.31
1269	412,288.99	1,998,188.69
1270	412,288.16	1,998,189.56
1271	412,287.25	1,998,190.46
1272	412,286.23	1,998,191.45
1273	412,285.04	1,998,192.57
1274	412,283.71	1,998,193.79
1275	412,282.25	1,998,195.10
1276	412,280.70	1,998,196.48
1277	412,279.07	1,998,197.90
1278	412,277.39	1,998,199.34
1279	412,275.68	1,998,200.78
1280	412,273.97	1,998,202.20
1281	412,272.27	1,998,203.57
1282	412,270.59	1,998,204.90
1283	412,268.89	1,998,206.21
1284	412,267.18	1,998,207.49
1285	412,265.43	1,998,208.76
1286	412,263.64	1,998,210.02
1287	412,261.79	1,998,211.29
1288	412,259.87	1,998,212.57
1289	412,257.87	1,998,213.86
1290	412,255.81	1,998,215.16
1291	412,253.69	1,998,216.45
1292	412,251.53	1,998,217.72
1293	412,249.36	1,998,218.95
1294	412,247.19	1,998,220.14
1295	412,245.04	1,998,221.26
1296	412,242.92	1,998,222.31
1297	412,240.84	1,998,223.28
1298	412,238.80	1,998,224.17
1299	412,236.78	1,998,224.99
1300	412,234.77	1,998,225.76
1301	412,232.76	1,998,226.48
1302	412,230.72	1,998,227.17
1303	412,228.66	1,998,227.84
1304	412,226.55	1,998,228.50
1305	412,224.39	1,998,229.16
1306	412,222.18	1,998,229.81
1307	412,219.91	1,998,230.46
1308	412,217.59	1,998,231.10
1309	412,215.22	1,998,231.72
1310	412,212.81	1,998,232.31

279	412,058.52	1,998,260.42
280	412,063.24	1,998,260.09
281	412,068.46	1,998,259.78
282	412,071.89	1,998,259.56
283	412,074.62	1,998,259.37
284	412,077.34	1,998,259.24
285	412,077.42	1,998,259.23
286	412,077.44	1,998,259.23
287	412,077.52	1,998,259.22
288	412,077.89	1,998,259.20
289	412,079.17	1,998,259.11
290	412,080.42	1,998,259.16
291	412,081.28	1,998,259.21
292	412,081.52	1,998,259.22
293	412,082.00	1,998,259.26
294	412,084.41	1,998,259.44
295	412,084.42	1,998,259.44
296	412,084.43	1,998,259.44
297	412,084.46	1,998,259.44
298	412,085.57	1,998,259.51
299	412,086.66	1,998,259.53
300	412,089.25	1,998,259.61
301	412,089.26	1,998,259.61
302	412,089.28	1,998,259.61
303	412,091.91	1,998,259.79
304	412,093.93	1,998,260.02
305	412,094.45	1,998,260.06
306	412,096.31	1,998,260.20
307	412,097.05	1,998,260.26
308	412,098.07	1,998,260.34
309	412,102.03	1,998,260.59
310	412,105.83	1,998,260.81
311	412,107.30	1,998,260.89
312	412,108.29	1,998,260.96
313	412,111.14	1,998,261.20
314	412,113.12	1,998,261.36
315	412,114.06	1,998,261.41
316	412,114.26	1,998,261.42
317	412,114.53	1,998,261.43
318	412,117.44	1,998,261.43
319	412,118.62	1,998,261.44
320	412,119.95	1,998,261.46
321	412,120.26	1,998,261.46
322	412,122.00	1,998,261.35
323	412,123.63	1,998,261.29
324	412,126.69	1,998,261.28
795	412,306.47	1,998,092.64
796	412,306.16	1,998,092.33
797	412,305.85	1,998,092.02
798	412,305.52	1,998,091.71
799	412,305.24	1,998,091.45
800	412,304.96	1,998,091.19
801	412,304.68	1,998,090.94
802	412,304.39	1,998,090.69
803	412,304.09	1,998,090.45
804	412,304.00	1,998,090.37
805	412,303.79	1,998,090.20
806	412,303.59	1,998,090.03
807	412,303.26	1,998,089.78
808	412,302.92	1,998,089.53
809	412,302.59	1,998,089.29
810	412,302.24	1,998,089.05
811	412,301.90	1,998,088.82
812	412,301.55	1,998,088.60
813	412,301.20	1,998,088.37
814	412,300.84	1,998,088.16
815	412,300.53	1,998,087.97
816	412,300.22	1,998,087.79
817	412,299.88	1,998,087.60
818	412,299.54	1,998,087.41
819	412,299.38	1,998,087.32
820	412,299.24	1,998,087.25
821	412,298.93	1,998,087.08
822	412,298.62	1,998,086.91
823	412,293.27	1,998,084.10
824	412,293.10	1,998,084.01
825	412,293.00	1,998,083.96
826	412,292.67	1,998,083.78
827	412,292.12	1,998,083.50
828	412,291.77	1,998,083.30
829	412,291.51	1,998,083.15
830	412,290.38	1,998,082.61
831	412,290.19	1,998,082.51
832	412,288.80	1,998,081.81
833	412,287.69	1,998,081.24
834	412,287.01	1,998,080.86
835	412,285.78	1,998,080.19
836	412,284.58	1,998,079.55
837	412,282.92	1,998,078.68
838	412,281.37	1,998,077.85
839	412,280.46	1,998,077.36
840	412,280.11	1,998,077.17
1311	412,210.36	1,998,232.89
1312	412,207.87	1,998,233.43
1313	412,205.34	1,998,233.94
1314	412,202.76	1,998,234.42
1315	412,200.12	1,998,234.86
1316	412,197.40	1,998,235.27
1317	412,194.60	1,998,235.65
1318	412,191.71	1,998,235.99
1319	412,188.70	1,998,236.31
1320	412,185.56	1,998,236.59
1321	412,182.30	1,998,236.84
1322	412,178.94	1,998,237.06
1323	412,175.51	1,998,237.26
1324	412,172.04	1,998,237.43
1325	412,168.57	1,998,237.59
1326	412,165.13	1,998,237.73
1327	412,161.76	1,998,237.86
1328	412,158.48	1,998,237.98
1329	412,155.32	1,998,238.09
1330	412,152.28	1,998,238.20
1331	412,149.34	1,998,238.31
1332	412,146.47	1,998,238.40
1333	412,143.67	1,998,238.49
1334	412,140.91	1,998,238.57
1335	412,138.18	1,998,238.64
1336	412,135.46	1,998,238.71
1337	412,132.74	1,998,238.76
1338	412,130.02	1,998,238.81
1339	412,127.31	1,998,238.84
1340	412,124.60	1,998,238.86
1341	412,121.90	1,998,238.88
1342	412,119.22	1,998,238.88
1343	412,116.56	1,998,238.88
1344	412,113.92	1,998,238.86
1345	412,111.31	1,998,238.84
1346	412,108.71	1,998,238.81
1347	412,106.10	1,998,238.78
1348	412,103.47	1,998,238.75
1349	412,100.79	1,998,238.73
1350	412,098.06	1,998,238.72
1351	412,095.24	1,998,238.72
1352	412,092.33	1,998,238.75
1353	412,089.32	1,998,238.79
1354	412,086.23	1,998,238.86
1355	412,083.09	1,998,238.95
1356	412,079.94	1,998,239.06

325	412,126.96	1,998,261.27	841	412,278.91	1,998,076.53	1357	412,076.81	1,998,239.20
326	412,129.81	1,998,261.32	842	412,278.12	1,998,076.09	1358	412,073.74	1,998,239.37
327	412,130.43	1,998,261.29	843	412,278.10	1,998,076.08	1359	412,070.76	1,998,239.56
328	412,131.20	1,998,261.24	844	412,277.82	1,998,075.93	1360	412,067.91	1,998,239.78
329	412,131.36	1,998,261.23	845	412,277.53	1,998,075.78	1361	412,065.21	1,998,240.03
330	412,131.49	1,998,261.23	846	412,277.24	1,998,075.63	1362	412,062.64	1,998,240.30
331	412,131.61	1,998,261.23	847	412,276.98	1,998,075.51	1363	412,060.20	1,998,240.59
332	412,133.83	1,998,261.27	848	412,276.73	1,998,075.38	1364	412,057.85	1,998,240.90
333	412,135.25	1,998,261.41	849	412,276.35	1,998,075.21	1365	412,055.59	1,998,241.22
334	412,137.48	1,998,261.65	850	412,275.97	1,998,075.03	1366	412,053.38	1,998,241.55
335	412,139.12	1,998,261.83	851	412,275.59	1,998,074.87	1367	412,051.22	1,998,241.89
336	412,139.91	1,998,261.92	852	412,275.22	1,998,074.71	1368	412,049.07	1,998,242.23
337	412,143.32	1,998,262.24	853	412,274.84	1,998,074.56	1369	412,046.92	1,998,242.57
338	412,144.31	1,998,262.36	854	412,274.46	1,998,074.41	1370	412,044.76	1,998,242.92
339	412,147.04	1,998,262.67	855	412,274.08	1,998,074.27	1371	412,042.55	1,998,243.27
340	412,148.67	1,998,262.89	856	412,273.76	1,998,074.16	1372	412,040.28	1,998,243.62
341	412,150.08	1,998,263.11	857	412,273.44	1,998,074.06	1373	412,037.93	1,998,243.98
342	412,150.99	1,998,263.24	858	412,273.09	1,998,073.95	1374	412,035.47	1,998,244.34
343	412,153.54	1,998,263.54	859	412,272.75	1,998,073.84	1375	412,032.89	1,998,244.72
344	412,154.93	1,998,263.67	860	412,272.40	1,998,073.73	1376	412,030.16	1,998,245.11
345	412,155.29	1,998,263.70	861	412,271.94	1,998,073.62	1377	412,027.28	1,998,245.51
346	412,157.14	1,998,263.96	862	412,271.48	1,998,073.51	1378	412,024.28	1,998,245.92
347	412,158.42	1,998,264.17	863	412,271.02	1,998,073.42	1379	412,021.19	1,998,246.33
348	412,160.01	1,998,264.41	864	412,270.55	1,998,073.32	1380	412,018.08	1,998,246.75
349	412,161.46	1,998,264.66	865	412,270.09	1,998,073.24	1381	412,014.98	1,998,247.16
350	412,161.95	1,998,264.73	866	412,269.67	1,998,073.18	1382	412,011.93	1,998,247.56
351	412,162.56	1,998,264.78	867	412,269.25	1,998,073.12	1383	412,008.98	1,998,247.95
352	412,163.17	1,998,264.84	868	412,268.82	1,998,073.07	1384	412,006.18	1,998,248.33
353	412,164.56	1,998,265.00	869	412,268.40	1,998,073.02	1385	412,003.56	1,998,248.69
354	412,166.47	1,998,265.08	870	412,267.97	1,998,072.98	1386	412,001.10	1,998,249.02
355	412,168.04	1,998,265.24	871	412,267.55	1,998,072.95	1387	411,998.80	1,998,249.33
356	412,170.84	1,998,265.55	872	412,267.12	1,998,072.92	1388	411,996.64	1,998,249.62
357	412,171.15	1,998,265.55	873	412,266.64	1,998,072.87	1389	411,994.59	1,998,249.87
358	412,172.52	1,998,265.52	874	412,266.15	1,998,072.83	1390	411,992.65	1,998,250.10
359	412,173.45	1,998,265.54	875	412,265.67	1,998,072.80	1391	411,990.78	1,998,250.29
360	412,173.92	1,998,265.62	876	412,265.47	1,998,072.79	1392	411,988.97	1,998,250.45
361	412,174.33	1,998,265.61	877	412,265.39	1,998,072.78	1393	411,987.21	1,998,250.57
362	412,174.38	1,998,265.61	878	412,265.11	1,998,072.77	1394	411,985.49	1,998,250.66
363	412,174.50	1,998,265.61	879	412,264.92	1,998,072.76	1395	411,983.77	1,998,250.72
364	412,175.90	1,998,265.58	880	412,264.90	1,998,072.76	1396	411,982.06	1,998,250.76
365	412,176.07	1,998,265.58	881	412,264.74	1,998,072.75	1397	411,980.34	1,998,250.79
366	412,176.45	1,998,265.57	882	412,264.33	1,998,072.74	1398	411,978.58	1,998,250.80
367	412,176.71	1,998,265.56	883	412,263.91	1,998,072.73	1399	411,976.79	1,998,250.81
368	412,176.91	1,998,265.55	884	412,263.50	1,998,072.73	1400	411,974.94	1,998,250.82
369	412,177.08	1,998,265.54	885	412,263.08	1,998,072.73	1401	411,973.01	1,998,250.83
370	412,177.39	1,998,265.52	886	412,262.65	1,998,072.74	1402	411,971.03	1,998,250.85

371	412,177.70	1,998,265.49
372	412,178.10	1,998,265.46
373	412,178.50	1,998,265.41
374	412,178.78	1,998,265.38
375	412,179.13	1,998,265.34
376	412,179.61	1,998,265.28
377	412,182.60	1,998,264.93
378	412,183.36	1,998,264.84
379	412,183.82	1,998,264.79
380	412,184.58	1,998,264.70
381	412,184.95	1,998,264.65
382	412,187.65	1,998,264.33
383	412,189.66	1,998,264.10
384	412,192.53	1,998,263.76
385	412,193.49	1,998,263.65
386	412,193.92	1,998,263.59
387	412,194.19	1,998,263.56
388	412,194.77	1,998,263.50
389	412,196.16	1,998,263.33
390	412,196.87	1,998,263.25
391	412,196.92	1,998,263.24
392	412,197.01	1,998,263.23
393	412,197.74	1,998,263.15
394	412,198.33	1,998,263.07
395	412,199.16	1,998,262.98
396	412,199.47	1,998,262.94
397	412,199.59	1,998,262.93
398	412,200.25	1,998,262.85
399	412,201.60	1,998,262.70
400	412,201.71	1,998,262.68
401	412,201.74	1,998,262.68
402	412,201.82	1,998,262.67
403	412,202.95	1,998,262.54
404	412,203.45	1,998,262.48
405	412,204.36	1,998,262.36
406	412,204.72	1,998,262.32
407	412,204.87	1,998,262.30
408	412,205.19	1,998,262.27
409	412,205.90	1,998,262.19
410	412,208.77	1,998,261.89
411	412,209.54	1,998,261.79
412	412,209.87	1,998,261.75
413	412,210.73	1,998,261.65
414	412,213.21	1,998,261.61
415	412,214.65	1,998,261.56
416	412,214.96	1,998,261.53
887	412,262.30	1,998,072.75
888	412,261.95	1,998,072.77
889	412,261.59	1,998,072.79
890	412,261.23	1,998,072.82
891	412,260.87	1,998,072.85
892	412,260.77	1,998,072.86
893	412,260.70	1,998,072.87
894	412,260.65	1,998,072.87
895	412,260.31	1,998,072.91
896	412,260.08	1,998,072.94
897	412,259.99	1,998,072.95
898	412,257.06	1,998,073.32
899	412,256.69	1,998,073.36
900	412,256.20	1,998,073.42
901	412,253.57	1,998,073.69
902	412,251.64	1,998,073.91
903	412,251.17	1,998,073.96
904	412,251.01	1,998,073.98
905	412,250.78	1,998,074.00
906	412,249.49	1,998,074.15
907	412,249.18	1,998,074.18
908	412,248.40	1,998,074.27
909	412,247.03	1,998,074.43
910	412,246.46	1,998,074.68
911	412,244.97	1,998,075.17
912	412,244.78	1,998,075.35
913	412,244.19	1,998,075.67
914	412,244.12	1,998,075.71
915	412,244.08	1,998,075.74
916	412,244.01	1,998,075.79
917	412,243.40	1,998,076.19
918	412,243.09	1,998,076.40
919	412,241.24	1,998,076.83
920	412,241.18	1,998,076.84
921	412,241.13	1,998,076.85
922	412,238.47	1,998,077.43
923	412,238.07	1,998,077.52
924	412,237.85	1,998,077.57
925	412,236.34	1,998,077.86
926	412,233.57	1,998,078.41
927	412,232.61	1,998,078.61
928	412,232.48	1,998,078.64
929	412,232.30	1,998,078.67
930	412,227.82	1,998,079.57
931	412,227.01	1,998,079.75
932	412,223.57	1,998,080.57
1403	411,968.99	1,998,250.86
1404	411,966.89	1,998,250.88
1405	411,964.76	1,998,250.89
1406	411,962.59	1,998,250.89
1407	411,960.39	1,998,250.89
1408	411,958.17	1,998,250.87
1409	411,955.93	1,998,250.85
1410	411,953.69	1,998,250.81
1411	411,951.46	1,998,250.77
1412	411,949.24	1,998,250.73
1413	411,947.04	1,998,250.69
1414	411,944.88	1,998,250.65
1415	411,942.75	1,998,250.61
1416	411,940.68	1,998,250.59
1417	411,938.67	1,998,250.57
1418	411,936.71	1,998,250.57
1419	411,934.81	1,998,250.59
1420	411,932.96	1,998,250.61
1421	411,931.15	1,998,250.66
1422	411,929.40	1,998,250.72
1423	411,927.68	1,998,250.80
1424	411,926.01	1,998,250.90
1425	411,924.37	1,998,251.01
1426	411,922.77	1,998,251.15
1427	411,921.19	1,998,251.30
1428	411,919.63	1,998,251.47
1429	411,918.09	1,998,251.65
1430	411,916.57	1,998,251.84
1431	411,915.05	1,998,252.04
1432	411,913.54	1,998,252.25
1433	411,912.03	1,998,252.46
1434	411,910.51	1,998,252.68
1435	411,908.98	1,998,252.92
1436	411,907.43	1,998,253.17
1437	411,905.87	1,998,253.44
1438	411,904.29	1,998,253.73
1439	411,902.67	1,998,254.05
1440	411,901.03	1,998,254.39
1441	411,899.35	1,998,254.77
1442	411,897.64	1,998,255.17
1443	411,895.90	1,998,255.59
1444	411,894.13	1,998,256.04
1445	411,892.33	1,998,256.50
1446	411,890.51	1,998,256.97
1447	411,888.66	1,998,257.44
1448	411,886.80	1,998,257.92

417	412,215.09	1,998,261.52
418	412,216.59	1,998,261.41
419	412,217.52	1,998,261.30
420	412,217.97	1,998,261.26
421	412,218.04	1,998,261.25
422	412,218.39	1,998,261.21
423	412,219.46	1,998,261.27
424	412,219.96	1,998,261.28
425	412,221.70	1,998,261.23
426	412,221.77	1,998,261.22
427	412,221.83	1,998,261.22
428	412,222.09	1,998,261.19
429	412,226.87	1,998,260.70
430	412,228.47	1,998,260.51
431	412,228.88	1,998,260.46
432	412,229.29	1,998,260.40
433	412,229.34	1,998,260.39
434	412,229.65	1,998,260.35
435	412,229.67	1,998,260.34
436	412,229.82	1,998,260.32
437	412,229.87	1,998,260.31
438	412,230.15	1,998,260.26
439	412,230.42	1,998,260.22
440	412,230.68	1,998,260.16
441	412,231.08	1,998,260.08
442	412,231.47	1,998,260.00
443	412,231.87	1,998,259.90
444	412,232.27	1,998,259.81
445	412,232.67	1,998,259.70
446	412,233.06	1,998,259.59
447	412,233.40	1,998,259.48
448	412,233.74	1,998,259.36
449	412,234.08	1,998,259.24
450	412,234.41	1,998,259.12
451	412,234.74	1,998,258.99
452	412,234.96	1,998,258.90
453	412,235.04	1,998,258.87
454	412,235.67	1,998,258.60
455	412,236.10	1,998,258.51
456	412,236.85	1,998,258.19
457	412,236.94	1,998,258.17
458	412,237.03	1,998,258.14
459	412,237.88	1,998,257.71
460	412,239.02	1,998,257.14
461	412,239.25	1,998,257.04
462	412,240.44	1,998,256.49

933	412,222.92	1,998,080.73
934	412,222.66	1,998,080.78
935	412,222.59	1,998,080.80
936	412,222.37	1,998,080.85
937	412,221.97	1,998,080.92
938	412,220.10	1,998,081.26
939	412,219.46	1,998,081.40
940	412,216.27	1,998,082.00
941	412,214.17	1,998,082.41
942	412,209.66	1,998,083.19
943	412,209.49	1,998,083.22
944	412,208.77	1,998,083.36
945	412,208.76	1,998,083.36
946	412,208.72	1,998,083.37
947	412,201.82	1,998,084.55
948	412,197.86	1,998,085.12
949	412,196.33	1,998,085.34
950	412,188.09	1,998,086.75
951	412,186.43	1,998,087.04
952	412,183.60	1,998,087.54
953	412,181.42	1,998,087.85
954	412,174.12	1,998,088.85
955	412,174.05	1,998,088.86
956	412,174.01	1,998,088.87
957	412,173.93	1,998,088.88
958	412,165.86	1,998,089.53
959	412,162.78	1,998,089.66
960	412,159.71	1,998,089.78
961	412,154.10	1,998,090.33
962	412,153.03	1,998,090.44
963	412,152.51	1,998,090.48
964	412,152.23	1,998,090.50
965	412,150.94	1,998,090.56
966	412,150.60	1,998,090.55
967	412,147.49	1,998,090.59
968	412,146.07	1,998,090.57
969	412,145.06	1,998,090.59
970	412,142.51	1,998,090.48
971	412,140.45	1,998,090.37
972	412,137.46	1,998,090.55
973	412,135.46	1,998,090.72
974	412,134.85	1,998,090.75
975	412,134.24	1,998,090.75
976	412,133.20	1,998,090.76
977	412,133.06	1,998,090.77
978	412,132.42	1,998,090.81

1449	411,884.92	1,998,258.40
1450	411,883.03	1,998,258.87
1451	411,881.13	1,998,259.34
1452	411,879.24	1,998,259.80
1453	411,877.37	1,998,260.25
1454	411,875.50	1,998,260.69
1455	411,873.67	1,998,261.11
1456	411,871.86	1,998,261.52
1457	411,870.10	1,998,261.90
1458	411,868.36	1,998,262.28
1459	411,866.63	1,998,262.64
1460	411,864.92	1,998,262.98
1461	411,863.20	1,998,263.32
1462	411,861.48	1,998,263.65
1463	411,859.72	1,998,263.97
1464	411,857.94	1,998,264.28
1465	411,856.11	1,998,264.60
1466	411,854.24	1,998,264.91
1467	411,852.34	1,998,265.22
1468	411,850.40	1,998,265.53
1469	411,848.43	1,998,265.83
1470	411,846.43	1,998,266.14
1471	411,844.42	1,998,266.46
1472	411,842.38	1,998,266.77
1473	411,840.33	1,998,267.09
1474	411,838.26	1,998,267.41
1475	411,836.20	1,998,267.73
1476	411,834.13	1,998,268.06
1477	411,832.08	1,998,268.38
1478	411,830.03	1,998,268.72
1479	411,828.01	1,998,269.05
1480	411,826.02	1,998,269.39
1481	411,824.06	1,998,269.74
1482	411,822.13	1,998,270.08
1483	411,820.23	1,998,270.43
1484	411,818.36	1,998,270.78
1485	411,816.51	1,998,271.13
1486	411,814.69	1,998,271.47
1487	411,812.89	1,998,271.82
1488	411,811.12	1,998,272.16
1489	411,809.36	1,998,272.50
1490	411,807.60	1,998,272.84
1491	411,805.81	1,998,273.17
1492	411,803.96	1,998,273.50
1493	411,802.03	1,998,273.82
1494	411,800.00	1,998,274.15

463	412,241.23	1,998,256.20
464	412,241.50	1,998,256.11
465	412,241.70	1,998,256.03
466	412,243.67	1,998,255.14
467	412,244.01	1,998,255.01
468	412,244.59	1,998,254.80
469	412,246.32	1,998,254.10
470	412,247.28	1,998,253.71
471	412,250.45	1,998,252.38
472	412,253.15	1,998,251.31
473	412,253.43	1,998,251.19
474	412,253.64	1,998,251.11
475	412,253.86	1,998,251.02
476	412,254.66	1,998,250.72
477	412,255.21	1,998,250.50
478	412,255.54	1,998,250.37
479	412,255.89	1,998,250.23
480	412,256.25	1,998,250.08
481	412,256.60	1,998,249.93
482	412,256.95	1,998,249.77
483	412,257.30	1,998,249.60
484	412,257.66	1,998,249.43
485	412,258.01	1,998,249.24
486	412,258.36	1,998,249.05
487	412,258.71	1,998,248.86
488	412,259.05	1,998,248.66
489	412,259.30	1,998,248.50
490	412,259.55	1,998,248.35
491	412,259.79	1,998,248.19
492	412,259.85	1,998,248.15
493	412,260.30	1,998,247.86
494	412,261.11	1,998,247.35
495	412,262.62	1,998,246.34
496	412,263.33	1,998,245.88
497	412,263.61	1,998,245.70
498	412,266.23	1,998,244.07
499	412,267.28	1,998,243.39
500	412,268.00	1,998,242.91
501	412,269.80	1,998,241.74
502	412,270.30	1,998,241.40
503	412,271.40	1,998,240.74
504	412,271.45	1,998,240.71
505	412,272.05	1,998,240.34
506	412,274.25	1,998,238.92
507	412,274.79	1,998,238.59
508	412,275.29	1,998,238.26
979	412,130.36	1,998,091.00
980	412,129.60	1,998,091.02
981	412,128.66	1,998,091.06
982	412,128.33	1,998,091.08
983	412,128.30	1,998,091.08
984	412,128.16	1,998,091.08
985	412,125.81	1,998,091.09
986	412,125.56	1,998,091.10
987	412,123.62	1,998,091.28
988	412,123.16	1,998,091.32
989	412,121.00	1,998,091.57
990	412,120.00	1,998,091.67
991	412,118.78	1,998,091.84
992	412,118.35	1,998,091.89
993	412,117.00	1,998,092.11
994	412,113.35	1,998,092.67
995	412,112.12	1,998,092.88
996	412,112.04	1,998,092.89
997	412,109.99	1,998,093.15
998	412,109.74	1,998,093.18
999	412,107.67	1,998,093.47
1000	412,107.45	1,998,093.51
1001	412,106.61	1,998,093.64
1002	412,105.87	1,998,093.76
1003	412,105.22	1,998,093.85
1004	412,104.93	1,998,093.89
1005	412,101.78	1,998,094.15
1006	412,099.52	1,998,094.32
1007	412,098.69	1,998,094.43
1008	412,098.59	1,998,094.44
1009	412,098.06	1,998,094.49
1010	412,096.54	1,998,094.60
1011	412,095.49	1,998,094.71
1012	412,094.04	1,998,094.89
1013	412,091.87	1,998,095.12
1014	412,091.09	1,998,095.21
1015	412,089.08	1,998,095.40
1016	412,089.08	1,998,095.40
1017	412,088.82	1,998,095.43
1018	412,088.34	1,998,095.51
1019	412,087.17	1,998,095.68
1020	412,087.07	1,998,095.69
1021	412,086.42	1,998,095.76
1022	412,083.59	1,998,095.98
1023	412,082.63	1,998,096.07
1024	412,081.01	1,998,096.25
1495	411,797.83	1,998,274.47
1496	411,795.51	1,998,274.79
1497	411,793.02	1,998,275.10
1498	411,790.36	1,998,275.41
1499	411,787.57	1,998,275.70
1500	411,784.66	1,998,275.97
1501	411,781.66	1,998,276.22
1502	411,778.59	1,998,276.43
1503	411,775.47	1,998,276.61
1504	411,772.32	1,998,276.73
1505	411,766.03	1,998,276.85
1506	411,758.12	1,998,276.66
1507	411,746.19	1,998,276.17
1508	411,729.51	1,998,274.85
1509	411,717.28	1,998,273.83
1510	411,697.09	1,998,269.48
1511	411,685.04	1,998,265.70
1512	411,683.50	1,998,265.35
1513	411,681.93	1,998,265.25
1514	411,680.35	1,998,265.39
1515	411,678.82	1,998,265.78
1516	411,677.37	1,998,266.41
1517	411,676.04	1,998,267.25
1518	411,674.86	1,998,268.30
1519	411,666.46	1,998,276.99
1520	411,661.72	1,998,280.54
1521	411,659.02	1,998,282.64
1522	411,657.95	1,998,283.79
1523	411,656.69	1,998,285.13
1524	411,654.79	1,998,287.96
1525	411,654.53	1,998,288.50
1526	411,655.72	1,998,287.71
1527	411,655.95	1,998,287.56
1528	411,656.03	1,998,287.50
1529	411,657.06	1,998,286.79
1530	411,657.92	1,998,286.19
1531	411,657.96	1,998,286.16
1532	411,658.20	1,998,286.01
1533	411,658.94	1,998,285.52
1534	411,659.04	1,998,285.45
1535	411,659.13	1,998,285.38
1536	411,659.22	1,998,285.30
1537	411,659.31	1,998,285.22
1538	411,659.77	1,998,284.77
1539	411,660.39	1,998,284.15
1540	411,667.73	1,998,278.66

509	412,277.88	1,998,236.60	1025	412,080.05	1,998,096.39	1541	411,667.81	1,998,278.60
510	412,278.25	1,998,236.36	1026	412,079.82	1,998,096.41	1542	411,667.89	1,998,278.53
511	412,279.79	1,998,235.34	1027	412,076.09	1,998,076.30	1543	411,667.97	1,998,278.45
512	412,281.11	1,998,234.50	1028	412,066.28	1,998,057.48	1544	411,667.99	1,998,278.44
513	412,281.12	1,998,234.50	1029	412,058.10	1,998,038.43	1545	411,669.74	1,998,276.76
514	412,281.99	1,998,233.98	1030	412,051.82	1,998,019.11	1546	411,670.99	1,998,275.56
515	412,282.80	1,998,233.48	1031	412,048.27	1,998,007.88	1547	411,671.19	1,998,275.36
516	412,283.84	1,998,232.82	1032	412,045.71	1,998,001.63			

Coordenadas Área de corte y relleno polígono 14

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,557.55	1,998,294.10	253	411,182.11	1,997,910.91	505	411,553.35	1,998,197.60
2	411,555.57	1,998,219.89	254	411,175.79	1,997,914.57	506	411,553.04	1,998,197.71
3	411,555.66	1,998,218.32	255	411,164.59	1,997,922.65	507	411,552.73	1,998,197.83
4	411,555.98	1,998,216.79	256	411,162.57	1,997,924.48	508	411,552.42	1,998,197.96
5	411,556.54	1,998,215.32	257	411,155.15	1,997,933.05	509	411,552.14	1,998,198.07
6	411,557.33	1,998,213.96	258	411,146.45	1,997,943.79	510	411,551.73	1,998,198.24
7	411,558.31	1,998,212.74	259	411,144.71	1,997,946.28	511	411,551.58	1,998,198.30
8	411,559.48	1,998,211.69	260	411,139.47	1,997,955.66	512	411,551.51	1,998,198.33
9	411,560.80	1,998,210.84	261	411,134.12	1,997,971.86	513	411,550.92	1,998,198.53
10	411,562.23	1,998,210.20	262	411,134.11	1,997,975.46	514	411,550.74	1,998,198.59
11	411,563.74	1,998,209.79	263	411,135.23	1,997,982.20	515	411,550.42	1,998,198.71
12	411,565.30	1,998,209.63	264	411,139.10	1,997,991.63	516	411,550.10	1,998,198.83
13	411,596.62	1,998,208.79	265	411,137.89	1,997,998.84	517	411,549.78	1,998,198.96
14	411,601.75	1,998,209.03	266	411,138.48	1,998,006.07	518	411,549.49	1,998,199.12
15	411,606.78	1,998,210.02	267	411,140.27	1,998,012.97	519	411,549.20	1,998,199.29
16	411,611.61	1,998,211.73	268	411,140.84	1,998,020.23	520	411,548.91	1,998,199.47
17	411,616.15	1,998,214.13	269	411,141.43	1,998,022.79	521	411,548.62	1,998,199.64
18	411,620.28	1,998,217.16	270	411,142.06	1,998,025.00	522	411,548.18	1,998,199.93
19	411,623.92	1,998,220.77	271	411,186.43	1,998,067.07	523	411,547.29	1,998,200.51
20	411,627.00	1,998,224.87	272	411,185.26	1,998,067.66	524	411,547.08	1,998,200.66
21	411,629.45	1,998,229.37	273	411,179.94	1,998,071.50	525	411,546.85	1,998,200.80
22	411,631.21	1,998,234.19	274	411,169.89	1,998,065.92	526	411,546.63	1,998,200.94
23	411,632.25	1,998,239.21	275	411,167.85	1,998,066.11	527	411,546.40	1,998,201.09
24	411,632.32	1,998,239.53	276	411,159.56	1,998,066.01	528	411,546.18	1,998,201.24
25	411,632.45	1,998,239.84	277	411,156.18	1,998,071.68	529	411,545.90	1,998,201.44
26	411,632.61	1,998,240.12	278	411,157.16	1,998,072.57	530	411,545.62	1,998,201.64
27	411,632.83	1,998,240.37	279	411,168.38	1,998,076.79	531	411,545.35	1,998,201.85
28	411,633.08	1,998,240.58	280	411,182.69	1,998,071.83	532	411,545.08	1,998,202.06
29	411,633.36	1,998,240.75	281	411,193.41	1,998,086.56	533	411,544.83	1,998,202.28
30	411,633.67	1,998,240.87	282	411,198.09	1,998,087.24	534	411,544.57	1,998,202.51
31	411,633.99	1,998,240.93	283	411,213.10	1,998,087.10	535	411,544.32	1,998,202.73
32	411,634.32	1,998,240.95	284	411,219.73	1,998,085.55	536	411,544.08	1,998,202.97
33	411,639.44	1,998,240.74	285	411,232.30	1,998,081.93	537	411,543.64	1,998,203.40
34	411,640.53	1,998,267.72	286	411,241.17	1,998,081.57	538	411,543.20	1,998,203.84
35	411,633.51	1,998,268.00	287	411,247.89	1,998,079.99	539	411,542.65	1,998,204.34
36	411,633.96	1,998,278.73	288	411,248.52	1,998,079.94	540	411,542.22	1,998,204.80

37	411,634.07	1,998,279.57	289	411,250.48	1,998,079.97	541	411,541.81	1,998,205.21
38	411,634.31	1,998,280.37	290	411,249.41	1,998,079.90	542	411,541.63	1,998,205.40
39	411,634.69	1,998,281.12	291	411,250.40	1,998,079.93	543	411,541.44	1,998,205.60
40	411,635.18	1,998,281.80	292	411,251.34	1,998,079.92	544	411,541.36	1,998,205.68
41	411,635.79	1,998,282.38	293	411,252.18	1,998,079.88	545	411,541.30	1,998,205.75
42	411,636.48	1,998,282.86	294	411,247.85	1,998,078.78	546	411,541.14	1,998,205.94
43	411,637.24	1,998,283.21	295	411,253.78	1,998,080.10	547	411,541.00	1,998,206.14
44	411,638.05	1,998,283.44	296	411,262.51	1,998,081.58	548	411,540.79	1,998,206.41
45	411,638.88	1,998,283.52	297	411,285.69	1,998,086.43	549	411,540.59	1,998,206.69
46	411,639.72	1,998,283.46	298	411,287.39	1,998,086.32	550	411,540.40	1,998,206.97
47	411,640.54	1,998,283.26	299	411,308.14	1,998,085.01	551	411,540.21	1,998,207.25
48	411,641.31	1,998,282.93	300	411,314.37	1,998,083.43	552	411,540.03	1,998,207.54
49	411,643.27	1,998,281.88	301	411,333.87	1,998,074.88	553	411,539.85	1,998,207.83
50	411,659.82	1,998,269.47	302	411,338.34	1,998,074.28	554	411,539.68	1,998,208.13
51	411,667.80	1,998,261.21	303	411,359.72	1,998,078.66	555	411,539.52	1,998,208.43
52	411,668.82	1,998,259.97	304	411,361.02	1,998,079.23	556	411,539.37	1,998,208.73
53	411,669.63	1,998,258.57	305	411,380.32	1,998,082.85	557	411,538.88	1,998,209.71
54	411,670.20	1,998,257.06	306	411,385.72	1,998,081.53	558	411,538.84	1,998,209.79
55	411,670.53	1,998,255.48	307	411,396.48	1,998,077.30	559	411,538.77	1,998,209.93
56	411,670.60	1,998,253.87	308	411,405.99	1,998,069.92	560	411,538.65	1,998,210.14
57	411,670.40	1,998,252.27	309	411,408.12	1,998,067.97	561	411,538.57	1,998,210.31
58	411,669.95	1,998,250.72	310	411,417.23	1,998,059.98	562	411,538.48	1,998,210.48
59	411,669.26	1,998,249.26	311	411,422.87	1,998,054.49	563	411,538.40	1,998,210.65
60	411,666.78	1,998,244.97	312	411,424.87	1,998,052.59	564	411,538.27	1,998,210.96
61	411,662.56	1,998,235.31	313	411,424.83	1,998,052.62	565	411,538.15	1,998,211.28
62	411,657.68	1,998,224.17	314	411,431.29	1,998,045.96	566	411,538.04	1,998,211.60
63	411,652.14	1,998,208.75	315	411,436.42	1,998,039.43	567	411,537.93	1,998,211.92
64	411,651.45	1,998,206.45	316	411,437.53	1,998,038.98	568	411,537.83	1,998,212.24
65	411,646.84	1,998,191.03	317	411,442.17	1,998,036.69	569	411,537.74	1,998,212.57
66	411,643.77	1,998,180.97	318	411,447.04	1,998,034.27	570	411,537.65	1,998,212.90
67	411,641.83	1,998,176.12	319	411,451.48	1,998,032.62	571	411,537.48	1,998,213.58
68	411,613.19	1,998,129.70	320	411,451.49	1,998,032.62	572	411,537.29	1,998,214.42
69	411,591.30	1,998,094.19	321	411,455.42	1,998,031.16	573	411,537.22	1,998,214.74
70	411,575.20	1,998,068.05	322	411,455.48	1,998,031.14	574	411,537.15	1,998,215.07
71	411,563.93	1,998,049.76	323	411,455.49	1,998,031.14	575	411,537.10	1,998,215.39
72	411,556.50	1,998,037.77	324	411,459.21	1,998,029.77	576	411,537.04	1,998,215.71
73	411,551.96	1,998,030.55	325	411,462.17	1,998,026.84	577	411,537.00	1,998,216.04
74	411,549.34	1,998,026.55	326	411,462.18	1,998,026.82	578	411,536.96	1,998,216.36
75	411,547.66	1,998,024.25	327	411,465.29	1,998,024.75	579	411,536.93	1,998,216.69
76	411,546.12	1,998,022.36	328	411,465.29	1,998,024.75	580	411,536.91	1,998,217.02
77	411,544.54	1,998,020.62	329	411,468.15	1,998,022.71	581	411,536.89	1,998,217.34
78	411,542.91	1,998,019.03	330	411,471.16	1,998,020.72	582	411,536.83	1,998,218.08
79	411,541.22	1,998,017.59	331	411,471.20	1,998,020.68	583	411,536.78	1,998,218.87
80	411,539.43	1,998,016.30	332	411,472.11	1,998,019.99	584	411,536.78	1,998,218.91
81	411,537.54	1,998,015.15	333	411,473.00	1,998,015.00	585	411,536.77	1,998,219.27
82	411,535.53	1,998,014.14	334	411,473.12	1,998,014.98	586	411,536.76	1,998,219.62

83	411,533.38	1,998,013.28	335	411,476.38	1,998,014.59	587	411,536.76	1,998,219.98
84	411,531.09	1,998,012.55	336	411,476.52	1,998,014.57	588	411,536.76	1,998,220.33
85	411,528.64	1,998,011.95	337	411,479.70	1,998,013.99	589	411,536.87	1,998,223.64
86	411,526.05	1,998,011.47	338	411,479.85	1,998,013.96	590	411,536.87	1,998,224.57
87	411,523.32	1,998,011.09	339	411,483.07	1,998,013.43	591	411,536.85	1,998,225.74
88	411,520.46	1,998,010.81	340	411,483.22	1,998,013.41	592	411,536.87	1,998,227.88
89	411,517.46	1,998,010.62	341	411,486.53	1,998,012.97	593	411,536.88	1,998,228.85
90	411,514.33	1,998,010.49	342	411,486.66	1,998,012.95	594	411,536.96	1,998,230.16
91	411,511.08	1,998,010.44	343	411,489.75	1,998,012.57	595	411,537.02	1,998,231.35
92	411,507.72	1,998,010.44	344	411,490.04	1,998,012.53	596	411,537.14	1,998,233.10
93	411,504.26	1,998,010.49	345	411,490.16	1,998,012.52	597	411,537.15	1,998,233.30
94	411,500.74	1,998,010.62	346	411,493.59	1,998,012.18	598	411,537.15	1,998,233.43
95	411,497.17	1,998,010.82	347	411,493.70	1,998,012.17	599	411,537.16	1,998,233.78
96	411,493.59	1,998,011.10	348	411,497.15	1,998,011.93	600	411,537.19	1,998,235.65
97	411,490.03	1,998,011.46	349	411,497.25	1,998,011.92	601	411,537.22	1,998,236.08
98	411,486.50	1,998,011.92	350	411,500.70	1,998,011.74	602	411,537.23	1,998,236.60
99	411,483.04	1,998,012.48	351	411,500.79	1,998,011.74	603	411,537.28	1,998,237.57
100	411,479.66	1,998,013.14	352	411,504.21	1,998,011.64	604	411,537.42	1,998,239.84
101	411,476.33	1,998,013.91	353	411,504.29	1,998,011.64	605	411,537.48	1,998,240.63
102	411,473.04	1,998,014.76	354	411,507.65	1,998,011.67	606	411,537.50	1,998,241.09
103	411,469.75	1,998,015.71	355	411,507.73	1,998,011.67	607	411,537.57	1,998,241.79
104	411,466.43	1,998,016.73	356	411,508.93	1,998,011.71	608	411,537.61	1,998,242.96
105	411,463.04	1,998,017.83	357	411,511.00	1,998,011.77	609	411,537.62	1,998,243.05
106	411,459.57	1,998,019.00	358	411,511.07	1,998,011.77	610	411,537.62	1,998,243.11
107	411,455.96	1,998,020.23	359	411,514.20	1,998,011.99	611	411,537.66	1,998,243.52
108	411,452.19	1,998,021.52	360	411,514.29	1,998,012.00	612	411,537.68	1,998,243.73
109	411,448.10	1,998,022.95	361	411,517.27	1,998,012.27	613	411,538.25	1,998,248.90
110	411,443.55	1,998,024.59	362	411,517.38	1,998,012.28	614	411,538.28	1,998,249.22
111	411,438.38	1,998,026.53	363	411,520.18	1,998,012.64	615	411,538.56	1,998,251.60
112	411,432.42	1,998,028.83	364	411,520.31	1,998,012.66	616	411,538.75	1,998,253.28
113	411,425.53	1,998,031.58	365	411,522.93	1,998,013.09	617	411,538.76	1,998,253.82
114	411,417.54	1,998,034.85	366	411,523.08	1,998,013.12	618	411,538.76	1,998,254.01
115	411,408.31	1,998,038.73	367	411,525.52	1,998,013.59	619	411,538.90	1,998,255.08
116	411,397.66	1,998,043.18	368	411,525.70	1,998,013.63	620	411,538.91	1,998,255.38
117	411,385.42	1,998,047.67	369	411,527.51	1,998,014.05	621	411,538.92	1,998,255.81
118	411,371.39	1,998,051.55	370	411,527.94	1,998,014.14	622	411,538.85	1,998,257.32
119	411,355.40	1,998,054.18	371	411,528.16	1,998,014.20	623	411,538.85	1,998,257.45
120	411,337.24	1,998,054.91	372	411,530.20	1,998,014.75	624	411,538.79	1,998,258.26
121	411,316.74	1,998,053.10	373	411,530.45	1,998,014.82	625	411,538.79	1,998,258.67
122	411,293.70	1,998,048.11	374	411,532.31	1,998,015.40	626	411,538.81	1,998,258.96
123	411,267.94	1,998,039.29	375	411,532.58	1,998,015.50	627	411,538.82	1,998,259.47
124	411,267.11	1,998,038.96	376	411,534.29	1,998,016.14	628	411,538.87	1,998,260.00
125	411,265.33	1,998,038.29	377	411,534.58	1,998,016.25	629	411,538.86	1,998,260.51
126	411,263.37	1,998,037.64	378	411,536.18	1,998,016.96	630	411,538.90	1,998,261.64
127	411,261.44	1,998,037.18	379	411,536.47	1,998,017.09	631	411,539.02	1,998,263.13
128	411,259.55	1,998,036.78	380	411,538.01	1,998,017.88	632	411,539.04	1,998,263.34

129	411,257.70	1,998,036.43	381	411,538.29	1,998,018.03	633	411,539.11	1,998,263.94
130	411,255.89	1,998,036.14	382	411,539.79	1,998,018.94	634	411,539.25	1,998,264.98
131	411,254.80	1,998,035.92	383	411,540.05	1,998,019.10	635	411,539.39	1,998,266.00
132	411,252.99	1,998,035.63	384	411,541.55	1,998,020.13	636	411,539.71	1,998,267.96
133	411,251.22	1,998,035.42	385	411,541.78	1,998,020.31	637	411,539.95	1,998,269.34
134	411,249.64	1,998,035.38	386	411,541.88	1,998,020.38	638	411,540.28	1,998,270.95
135	411,248.03	1,998,035.37	387	411,543.31	1,998,021.48	639	411,540.31	1,998,271.17
136	411,232.04	1,998,036.15	388	411,543.52	1,998,021.64	640	411,540.85	1,998,274.12
137	411,216.03	1,998,036.55	389	411,545.17	1,998,022.91	641	411,540.87	1,998,274.20
138	411,200.01	1,998,036.59	390	411,545.36	1,998,023.06	642	411,540.98	1,998,274.83
139	411,193.38	1,998,036.12	391	411,547.02	1,998,024.48	643	411,541.42	1,998,277.22
140	411,186.85	1,998,034.88	392	411,547.21	1,998,024.65	644	411,541.43	1,998,277.26
141	411,180.51	1,998,032.89	393	411,549.17	1,998,026.44	645	411,541.45	1,998,277.35
142	411,174.44	1,998,030.18	394	411,549.35	1,998,026.61	646	411,541.99	1,998,280.11
143	411,168.72	1,998,026.79	395	411,547.95	1,998,033.03	647	411,542.36	1,998,282.07
144	411,163.44	1,998,022.75	396	411,547.96	1,998,033.09	648	411,542.47	1,998,282.67
145	411,158.67	1,998,018.13	397	411,548.66	1,998,037.74	649	411,541.03	1,998,282.73
146	411,156.68	1,998,014.75	398	411,550.91	1,998,041.23	650	411,534.83	1,998,282.82
147	411,155.29	1,998,011.08	399	411,550.92	1,998,041.24	651	411,529.51	1,998,283.00
148	411,154.54	1,998,007.24	400	411,558.48	1,998,053.12	652	411,524.81	1,998,283.38
149	411,154.44	1,998,003.32	401	411,559.37	1,998,054.51	653	411,523.12	1,998,283.53
150	411,155.01	1,997,999.44	402	411,573.05	1,998,069.38	654	411,520.54	1,998,283.73
151	411,156.21	1,997,995.72	403	411,573.10	1,998,069.54	655	411,516.60	1,998,284.27
152	411,158.03	1,997,992.24	404	411,581.41	1,998,087.91	656	411,512.95	1,998,285.05
153	411,160.40	1,997,989.13	405	411,587.57	1,998,096.48	657	411,509.57	1,998,286.34
154	411,167.79	1,997,981.35	406	411,592.32	1,998,104.68	658	411,506.44	1,998,287.92
155	411,175.60	1,997,973.99	407	411,601.45	1,998,122.55	659	411,503.73	1,998,290.32
156	411,183.81	1,997,967.08	408	411,612.77	1,998,129.96	660	411,501.17	1,998,292.25
157	411,192.38	1,997,960.63	409	411,612.33	1,998,139.36	661	411,498.12	1,998,292.34
158	411,201.29	1,997,954.66	410	411,621.12	1,998,157.44	662	411,498.08	1,998,292.34
159	411,249.41	1,997,923.65	411	411,626.42	1,998,177.67	663	411,494.81	1,998,292.29
160	411,249.83	1,997,923.00	412	411,635.17	1,998,186.92	664	411,491.50	1,998,292.77
161	411,252.65	1,997,921.27	413	411,636.27	1,998,189.09	665	411,488.19	1,998,293.52
162	411,256.48	1,997,918.98	414	411,639.50	1,998,195.88	666	411,485.06	1,998,294.64
163	411,259.10	1,997,917.48	415	411,637.02	1,998,195.75	667	411,482.10	1,998,295.94
164	411,261.21	1,997,915.91	416	411,635.28	1,998,195.66	668	411,479.44	1,998,297.52
165	411,263.05	1,997,914.69	417	411,634.05	1,998,195.61	669	411,476.89	1,998,299.19
166	411,264.67	1,997,913.74	418	411,631.83	1,998,195.51	670	411,475.30	1,998,300.33
167	411,266.13	1,997,913.00	419	411,631.42	1,998,195.51	671	411,461.39	1,998,316.67
168	411,267.49	1,997,912.38	420	411,630.82	1,998,195.49	672	411,418.03	1,998,357.12
169	411,268.79	1,997,911.83	421	411,629.66	1,998,195.45	673	411,389.52	1,998,375.31
170	411,270.06	1,997,911.34	422	411,627.12	1,998,195.43	674	411,386.24	1,998,378.31
171	411,271.30	1,997,910.89	423	411,623.21	1,998,195.40	675	411,384.36	1,998,379.47
172	411,272.54	1,997,910.51	424	411,623.10	1,998,195.40	676	411,384.16	1,998,379.88
173	411,273.79	1,997,910.19	425	411,622.55	1,998,195.42	677	411,383.89	1,998,380.47
174	411,275.07	1,997,909.92	426	411,622.17	1,998,195.42	678	411,383.75	1,998,380.94

175	411,276.38	1,997,909.72
176	411,277.75	1,997,909.58
177	411,279.19	1,997,909.50
178	411,280.68	1,997,909.50
179	411,282.21	1,997,909.56
180	411,283.76	1,997,909.70
181	411,285.31	1,997,909.91
182	411,286.85	1,997,910.19
183	411,288.35	1,997,910.56
184	411,289.80	1,997,911.01
185	411,291.19	1,997,911.54
186	411,292.51	1,997,912.15
187	411,293.78	1,997,912.83
188	411,295.01	1,997,913.56
189	411,296.19	1,997,914.34
190	411,297.33	1,997,915.16
191	411,298.22	1,997,915.84
192	411,317.67	1,997,873.18
193	411,314.38	1,997,872.36
194	411,308.75	1,997,871.03
195	411,306.68	1,997,870.17
196	411,306.23	1,997,870.27
197	411,305.06	1,997,869.59
198	411,303.87	1,997,869.29
199	411,303.29	1,997,869.16
200	411,302.37	1,997,869.10
201	411,300.60	1,997,868.42
202	411,299.37	1,997,868.15
203	411,297.65	1,997,867.48
204	411,295.07	1,997,866.65
205	411,294.40	1,997,866.53
206	411,293.37	1,997,865.84
207	411,291.45	1,997,865.34
208	411,291.15	1,997,865.39
209	411,290.26	1,997,865.20
210	411,289.47	1,997,864.73
211	411,287.63	1,997,864.17
212	411,286.56	1,997,867.33
213	411,286.35	1,997,868.05
214	411,286.21	1,997,868.46
215	411,286.23	1,997,868.63
216	411,286.26	1,997,869.04
217	411,286.59	1,997,869.65
218	411,286.78	1,997,870.86
219	411,286.93	1,997,871.30
220	411,287.12	1,997,872.33
427	411,618.00	1,998,195.51
428	411,616.24	1,998,195.57
429	411,611.94	1,998,195.73
430	411,610.27	1,998,195.82
431	411,607.80	1,998,195.97
432	411,606.85	1,998,196.03
433	411,605.82	1,998,196.11
434	411,604.79	1,998,196.18
435	411,604.30	1,998,196.22
436	411,602.31	1,998,196.38
437	411,602.19	1,998,196.38
438	411,602.16	1,998,196.39
439	411,601.29	1,998,196.45
440	411,599.70	1,998,196.32
441	411,599.56	1,998,196.31
442	411,597.21	1,998,196.17
443	411,597.01	1,998,196.16
444	411,596.81	1,998,196.15
445	411,596.55	1,998,196.14
446	411,596.29	1,998,196.14
447	411,596.13	1,998,196.14
448	411,595.67	1,998,196.15
449	411,593.59	1,998,196.15
450	411,590.10	1,998,196.23
451	411,589.48	1,998,196.24
452	411,589.23	1,998,196.25
453	411,588.84	1,998,196.28
454	411,587.74	1,998,196.31
455	411,586.67	1,998,196.36
456	411,584.72	1,998,196.41
457	411,581.83	1,998,196.53
458	411,578.25	1,998,196.59
459	411,577.17	1,998,196.62
460	411,575.60	1,998,196.63
461	411,574.35	1,998,196.67
462	411,571.88	1,998,196.74
463	411,569.93	1,998,196.77
464	411,569.00	1,998,196.78
465	411,568.50	1,998,196.80
466	411,568.29	1,998,196.80
467	411,566.36	1,998,196.78
468	411,565.88	1,998,196.78
469	411,564.96	1,998,196.75
470	411,564.86	1,998,196.75
471	411,564.70	1,998,196.75
472	411,564.45	1,998,196.74
679	411,383.59	1,998,381.55
680	411,383.52	1,998,382.05
681	411,383.47	1,998,382.67
682	411,383.51	1,998,383.64
683	411,383.74	1,998,384.72
684	411,384.15	1,998,385.74
685	411,384.72	1,998,386.68
686	411,385.45	1,998,387.52
687	411,386.29	1,998,388.22
688	411,387.25	1,998,388.77
689	411,388.28	1,998,389.16
690	411,389.37	1,998,389.37
691	411,390.47	1,998,389.39
692	411,391.56	1,998,389.23
693	411,392.61	1,998,388.90
694	411,393.59	1,998,388.39
695	411,399.00	1,998,385.26
696	411,404.31	1,998,382.22
697	411,409.51	1,998,379.27
698	411,414.56	1,998,376.39
699	411,419.44	1,998,373.57
700	411,424.12	1,998,370.82
701	411,428.58	1,998,368.11
702	411,432.78	1,998,365.44
703	411,436.70	1,998,362.81
704	411,440.35	1,998,360.22
705	411,443.73	1,998,357.69
706	411,446.86	1,998,355.23
707	411,449.75	1,998,352.86
708	411,452.39	1,998,350.58
709	411,454.81	1,998,348.41
710	411,457.01	1,998,346.37
711	411,459.00	1,998,344.45
712	411,460.83	1,998,342.64
713	411,462.55	1,998,340.88
714	411,464.19	1,998,339.15
715	411,465.80	1,998,337.39
716	411,467.44	1,998,335.59
717	411,469.14	1,998,333.68
718	411,470.96	1,998,331.65
719	411,472.93	1,998,329.45
720	411,475.01	1,998,327.13
721	411,477.19	1,998,324.74
722	411,479.41	1,998,322.32
723	411,481.65	1,998,319.93
724	411,483.87	1,998,317.61

221	411,287.41	1,997,872.66	473	411,564.20	1,998,196.73	725	411,486.03	1,998,315.41
222	411,287.38	1,997,873.02	474	411,563.94	1,998,196.73	726	411,488.09	1,998,313.38
223	411,287.13	1,997,875.06	475	411,563.65	1,998,196.73	727	411,490.04	1,998,311.56
224	411,287.19	1,997,875.52	476	411,562.85	1,998,196.73	728	411,491.89	1,998,309.94
225	411,287.13	1,997,875.93	477	411,562.64	1,998,196.74	729	411,493.66	1,998,308.50
226	411,286.85	1,997,878.64	478	411,562.43	1,998,196.73	730	411,495.39	1,998,307.23
227	411,286.68	1,997,879.86	479	411,562.37	1,998,196.72	731	411,497.10	1,998,306.11
228	411,286.41	1,997,881.04	480	411,562.06	1,998,196.70	732	411,498.83	1,998,305.13
229	411,286.31	1,997,882.20	481	411,561.75	1,998,196.68	733	411,500.60	1,998,304.26
230	411,285.81	1,997,884.82	482	411,561.44	1,998,196.67	734	411,502.44	1,998,303.49
231	411,285.79	1,997,884.92	483	411,561.12	1,998,196.67	735	411,504.38	1,998,302.80
232	411,283.15	1,997,883.53	484	411,560.81	1,998,196.67	736	411,506.47	1,998,302.18
233	411,280.42	1,997,882.23	485	411,560.50	1,998,196.68	737	411,508.76	1,998,301.65
234	411,277.59	1,997,881.20	486	411,560.44	1,998,196.68	738	411,511.29	1,998,301.18
235	411,274.59	1,997,880.03	487	411,560.22	1,998,196.68	739	411,514.13	1,998,300.77
236	411,273.93	1,997,879.91	488	411,559.26	1,998,196.66	740	411,517.31	1,998,300.43
237	411,271.53	1,997,879.52	489	411,558.73	1,998,196.64	741	411,520.89	1,998,300.15
238	411,268.54	1,997,879.67	490	411,558.59	1,998,196.64	742	411,524.91	1,998,299.92
239	411,265.64	1,997,879.95	491	411,558.45	1,998,196.65	743	411,529.45	1,998,299.74
240	411,262.57	1,997,879.32	492	411,558.14	1,998,196.67	744	411,534.65	1,998,299.60
241	411,259.70	1,997,879.06	493	411,557.84	1,998,196.69	745	411,540.66	1,998,299.46
242	411,257.02	1,997,878.87	494	411,557.53	1,998,196.71	746	411,547.64	1,998,299.33
243	411,254.70	1,997,879.08	495	411,557.23	1,998,196.74	747	411,552.65	1,998,299.23
244	411,252.23	1,997,879.48	496	411,556.92	1,998,196.78	748	411,553.43	1,998,299.15
245	411,248.02	1,997,880.06	497	411,556.62	1,998,196.83	749	411,554.19	1,998,298.95
246	411,242.51	1,997,881.39	498	411,556.30	1,998,196.89	750	411,554.91	1,998,298.64
247	411,237.33	1,997,884.37	499	411,555.79	1,998,197.00	751	411,555.58	1,998,298.21
248	411,234.21	1,997,886.38	500	411,554.73	1,998,197.22	752	411,556.16	1,998,297.69
249	411,230.87	1,997,888.12	501	411,554.51	1,998,197.27	753	411,556.66	1,998,297.07
250	411,227.48	1,997,891.96	502	411,554.30	1,998,197.31	754	411,557.06	1,998,296.39
251	411,218.75	1,997,893.92	503	411,553.98	1,998,197.40	755	411,557.34	1,998,295.66
252	411,199.46	1,997,900.91	504	411,553.67	1,998,197.50	756	411,557.51	1,998,294.89

Coordenadas Área de corte y relleno polígono 15

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,702.42	1,998,413.75	13	411,652.03	1,998,297.73	25	411,684.17	1,998,419.40
2	411,698.57	1,998,403.48	14	411,652.18	1,998,301.14	26	411,690.35	1,998,442.08
3	411,684.32	1,998,386.63	15	411,652.87	1,998,304.48	27	411,692.73	1,998,448.66
4	411,679.18	1,998,375.10	16	411,661.36	1,998,335.66	28	411,693.88	1,998,450.87
5	411,676.81	1,998,367.94	17	411,670.45	1,998,331.84	29	411,695.37	1,998,452.86
6	411,677.87	1,998,346.93	18	411,670.69	1,998,332.39	30	411,697.18	1,998,454.57
7	411,679.18	1,998,330.81	19	411,670.92	1,998,332.95	31	411,699.24	1,998,455.97
8	411,676.37	1,998,326.61	20	411,661.68	1,998,336.83	32	411,699.86	1,998,456.24
9	411,662.63	1,998,309.62	21	411,683.83	1,998,418.14	33	411,698.59	1,998,445.24
10	411,653.37	1,998,291.01	22	411,692.32	1,998,411.48	34	411,698.55	1,998,443.90
11	411,653.35	1,998,291.06	23	411,692.69	1,998,411.95	35	411,698.34	1,998,438.97
12	411,652.43	1,998,294.34	24	411,693.06	1,998,412.42	36	411,699.39	1,998,423.98

Coordenadas Área de corte y relleno polígono 16								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,772.03	1,998,437.36	29	411,744.69	1,998,440.11	57	411,715.11	1,998,452.73
2	411,769.05	1,998,437.11	30	411,742.70	1,998,440.89	58	411,714.79	1,998,452.86
3	411,768.49	1,998,437.09	31	411,741.33	1,998,441.42	59	411,714.30	1,998,453.08
4	411,765.56	1,998,436.95	32	411,741.30	1,998,441.43	60	411,712.65	1,998,453.79
5	411,765.47	1,998,436.95	33	411,740.14	1,998,441.98	61	411,712.50	1,998,453.86
6	411,763.45	1,998,436.95	34	411,738.91	1,998,442.60	62	411,712.22	1,998,453.98
7	411,763.43	1,998,436.95	35	411,738.13	1,998,442.94	63	411,711.92	1,998,454.10
8	411,762.53	1,998,436.98	36	411,736.19	1,998,443.81	64	411,711.56	1,998,454.25
9	411,760.12	1,998,437.13	37	411,736.17	1,998,443.82	65	411,710.93	1,998,454.55
10	411,759.42	1,998,437.18	38	411,732.42	1,998,445.67	66	411,710.33	1,998,454.84
11	411,757.80	1,998,437.24	39	411,731.39	1,998,446.19	67	411,710.30	1,998,454.85
12	411,757.76	1,998,437.24	40	411,731.21	1,998,446.26	68	411,707.41	1,998,456.30
13	411,757.63	1,998,437.26	41	411,730.96	1,998,446.34	69	411,705.79	1,998,457.05
14	411,757.12	1,998,437.33	42	411,730.82	1,998,446.41	70	411,704.70	1,998,457.55
15	411,755.72	1,998,437.50	43	411,730.56	1,998,446.56	71	411,704.58	1,998,457.61
16	411,755.35	1,998,437.55	44	411,728.77	1,998,447.45	72	411,704.47	1,998,457.67
17	411,752.18	1,998,438.08	45	411,727.80	1,998,447.96	73	411,704.43	1,998,457.69
18	411,752.14	1,998,438.09	46	411,727.35	1,998,448.17	74	411,706.39	1,998,457.88
19	411,750.87	1,998,438.40	47	411,726.80	1,998,448.43	75	411,708.88	1,998,457.70
20	411,749.64	1,998,438.69	48	411,723.05	1,998,450.06	76	411,711.30	1,998,457.11
21	411,749.29	1,998,438.77	49	411,722.89	1,998,450.12	77	411,713.59	1,998,456.13
22	411,748.95	1,998,438.83	50	411,722.68	1,998,450.19	78	411,736.32	1,998,444.10
23	411,748.64	1,998,438.90	51	411,721.51	1,998,450.58	79	411,741.43	1,998,441.71
24	411,748.00	1,998,439.02	52	411,721.29	1,998,450.64	80	411,746.75	1,998,439.82
25	411,747.64	1,998,439.11	53	411,719.79	1,998,451.03	81	411,752.23	1,998,438.46
26	411,746.79	1,998,439.35	54	411,719.56	1,998,451.10	82	411,757.82	1,998,437.64
27	411,746.65	1,998,439.39	55	411,717.15	1,998,451.99	83	411,763.45	1,998,437.36
28	411,746.60	1,998,439.40	56	411,715.63	1,998,452.53			

Coordenadas Área de corte y relleno polígono 17								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,772.03	1,998,437.36	109	411,990.12	1,998,427.87	217	411,909.88	1,998,428.36
2	411,976.59	1,998,437.36	110	411,989.92	1,998,427.62	218	411,909.27	1,998,428.49
3	411,977.33	1,998,528.45	111	411,989.71	1,998,427.37	219	411,907.72	1,998,428.83
4	411,977.49	1,998,527.94	112	411,989.49	1,998,427.12	220	411,906.85	1,998,429.03
5	411,978.30	1,998,525.24	113	411,989.27	1,998,426.88	221	411,905.32	1,998,429.36
6	411,979.14	1,998,522.40	114	411,989.05	1,998,426.65	222	411,902.97	1,998,429.90
7	411,979.28	1,998,521.93	115	411,988.82	1,998,426.42	223	411,901.38	1,998,430.25
8	411,979.33	1,998,521.75	116	411,988.59	1,998,426.20	224	411,900.69	1,998,430.36
9	411,980.25	1,998,518.29	117	411,988.36	1,998,425.99	225	411,898.81	1,998,430.68
10	411,980.71	1,998,516.55	118	411,988.13	1,998,425.78	226	411,894.39	1,998,431.36
11	411,981.08	1,998,515.16	119	411,987.89	1,998,425.58	227	411,892.97	1,998,431.61
12	411,981.17	1,998,514.80	120	411,987.65	1,998,425.38	228	411,891.53	1,998,431.92
13	411,981.22	1,998,514.63	121	411,987.40	1,998,425.19	229	411,890.36	1,998,432.16

14	411,981.79	1,998,512.40	122	411,987.22	1,998,425.05	230	411,890.18	1,998,432.19
15	411,982.06	1,998,511.25	123	411,987.02	1,998,424.91	231	411,889.30	1,998,432.35
16	411,982.12	1,998,511.02	124	411,986.83	1,998,424.77	232	411,889.27	1,998,432.35
17	411,982.18	1,998,510.78	125	411,986.60	1,998,424.61	233	411,889.21	1,998,432.36
18	411,982.72	1,998,508.68	126	411,986.37	1,998,424.45	234	411,888.05	1,998,432.51
19	411,983.15	1,998,507.06	127	411,986.14	1,998,424.30	235	411,887.35	1,998,432.59
20	411,983.79	1,998,505.55	128	411,985.90	1,998,424.15	236	411,884.85	1,998,432.84
21	411,984.14	1,998,504.83	129	411,985.66	1,998,424.01	237	411,883.46	1,998,432.98
22	411,984.62	1,998,503.48	130	411,985.38	1,998,423.86	238	411,882.29	1,998,433.11
23	411,985.11	1,998,501.88	131	411,985.09	1,998,423.71	239	411,878.80	1,998,433.36
24	411,985.16	1,998,501.72	132	411,985.01	1,998,423.67	240	411,878.78	1,998,433.37
25	411,985.20	1,998,501.62	133	411,984.73	1,998,423.53	241	411,876.92	1,998,433.61
26	411,985.72	1,998,500.10	134	411,984.45	1,998,423.40	242	411,876.53	1,998,433.65
27	411,985.86	1,998,499.76	135	411,984.17	1,998,423.28	243	411,875.26	1,998,433.75
28	411,985.89	1,998,499.67	136	411,983.89	1,998,423.16	244	411,874.61	1,998,433.79
29	411,986.09	1,998,498.96	137	411,983.60	1,998,423.05	245	411,873.89	1,998,433.82
30	411,986.57	1,998,497.18	138	411,983.36	1,998,422.97	246	411,872.96	1,998,433.83
31	411,986.84	1,998,496.09	139	411,983.13	1,998,422.89	247	411,865.61	1,998,434.12
32	411,987.06	1,998,495.16	140	411,982.82	1,998,422.79	248	411,863.96	1,998,434.19
33	411,987.25	1,998,494.32	141	411,982.52	1,998,422.70	249	411,863.68	1,998,434.20
34	411,987.41	1,998,493.53	142	411,982.21	1,998,422.62	250	411,863.19	1,998,434.19
35	411,987.71	1,998,492.15	143	411,981.90	1,998,422.54	251	411,862.81	1,998,434.17
36	411,987.85	1,998,491.37	144	411,981.58	1,998,422.47	252	411,862.60	1,998,434.16
37	411,987.91	1,998,491.08	145	411,981.27	1,998,422.41	253	411,862.27	1,998,434.13
38	411,987.94	1,998,490.89	146	411,980.96	1,998,422.35	254	411,856.71	1,998,434.10
39	411,987.96	1,998,490.82	147	411,980.64	1,998,422.31	255	411,856.60	1,998,434.09
40	411,988.02	1,998,490.61	148	411,980.32	1,998,422.27	256	411,855.20	1,998,434.11
41	411,988.17	1,998,490.22	149	411,980.00	1,998,422.23	257	411,854.96	1,998,434.11
42	411,988.34	1,998,489.82	150	411,979.69	1,998,422.21	258	411,849.16	1,998,433.87
43	411,988.62	1,998,489.05	151	411,979.37	1,998,422.19	259	411,847.46	1,998,433.79
44	411,989.00	1,998,487.97	152	411,979.05	1,998,422.18	260	411,846.51	1,998,433.71
45	411,989.12	1,998,487.43	153	411,978.73	1,998,422.17	261	411,845.94	1,998,433.71
46	411,989.96	1,998,483.53	154	411,978.41	1,998,422.17	262	411,844.59	1,998,433.65
47	411,990.85	1,998,480.18	155	411,978.22	1,998,422.18	263	411,844.28	1,998,433.64
48	411,990.93	1,998,479.82	156	411,977.98	1,998,422.19	264	411,843.03	1,998,433.53
49	411,991.05	1,998,479.17	157	411,977.74	1,998,422.21	265	411,841.46	1,998,433.36
50	411,991.89	1,998,474.36	158	411,977.50	1,998,422.22	266	411,840.68	1,998,433.28
51	411,992.63	1,998,471.15	159	411,977.38	1,998,422.23	267	411,840.56	1,998,433.26
52	411,992.86	1,998,470.22	160	411,977.12	1,998,422.25	268	411,838.17	1,998,433.06
53	411,993.21	1,998,468.95	161	411,976.87	1,998,422.27	269	411,836.47	1,998,432.83
54	411,993.49	1,998,467.79	162	411,976.59	1,998,422.30	270	411,835.70	1,998,432.73
55	411,993.83	1,998,466.48	163	411,975.91	1,998,422.36	271	411,835.33	1,998,432.71
56	411,994.28	1,998,464.54	164	411,972.04	1,998,422.72	272	411,835.08	1,998,432.68
57	411,994.43	1,998,463.81	165	411,971.35	1,998,422.79	273	411,834.63	1,998,432.66
58	411,994.71	1,998,462.48	166	411,970.85	1,998,422.84	274	411,832.99	1,998,432.64
59	411,994.74	1,998,462.31	167	411,970.00	1,998,422.92	275	411,831.54	1,998,432.62

60	411,994.75	1,998,461.03	168	411,967.83	1,998,423.19	276	411,828.51	1,998,432.45
61	411,994.70	1,998,460.38	169	411,966.49	1,998,423.36	277	411,827.99	1,998,432.47
62	411,994.67	1,998,459.57	170	411,963.33	1,998,423.75	278	411,827.28	1,998,432.54
63	411,994.43	1,998,456.72	171	411,959.12	1,998,424.13	279	411,826.58	1,998,432.56
64	411,994.40	1,998,455.51	172	411,958.24	1,998,424.22	280	411,826.37	1,998,432.56
65	411,994.40	1,998,455.01	173	411,958.10	1,998,424.23	281	411,820.88	1,998,432.75
66	411,994.34	1,998,453.85	174	411,957.98	1,998,424.24	282	411,819.76	1,998,432.72
67	411,994.34	1,998,453.02	175	411,957.74	1,998,424.25	283	411,817.25	1,998,432.75
68	411,994.26	1,998,452.00	176	411,956.45	1,998,424.36	284	411,815.47	1,998,432.85
69	411,994.12	1,998,450.58	177	411,953.41	1,998,424.64	285	411,815.13	1,998,432.85
70	411,994.06	1,998,449.99	178	411,951.74	1,998,424.80	286	411,814.00	1,998,432.82
71	411,994.04	1,998,448.83	179	411,948.27	1,998,425.15	287	411,813.62	1,998,432.81
72	411,994.01	1,998,448.29	180	411,946.70	1,998,425.31	288	411,813.17	1,998,432.77
73	411,994.01	1,998,446.22	181	411,946.68	1,998,425.31	289	411,812.75	1,998,432.75
74	411,994.00	1,998,445.77	182	411,945.84	1,998,425.36	290	411,807.58	1,998,432.36
75	411,993.77	1,998,440.74	183	411,938.18	1,998,426.01	291	411,805.87	1,998,432.17
76	411,993.70	1,998,439.22	184	411,937.40	1,998,426.07	292	411,805.35	1,998,432.14
77	411,993.64	1,998,437.23	185	411,936.90	1,998,426.10	293	411,805.16	1,998,432.11
78	411,993.63	1,998,436.91	186	411,936.54	1,998,426.12	294	411,803.86	1,998,431.77
79	411,993.61	1,998,436.59	187	411,932.34	1,998,426.36	295	411,802.83	1,998,431.55
80	411,993.58	1,998,436.27	188	411,930.62	1,998,426.48	296	411,801.72	1,998,431.36
81	411,993.54	1,998,435.95	189	411,930.25	1,998,426.52	297	411,801.17	1,998,431.29
82	411,993.50	1,998,435.64	190	411,929.29	1,998,426.56	298	411,799.61	1,998,431.18
83	411,993.46	1,998,435.35	191	411,928.63	1,998,426.59	299	411,798.35	1,998,431.11
84	411,993.41	1,998,435.06	192	411,926.44	1,998,426.64	300	411,797.91	1,998,431.06
85	411,993.35	1,998,434.77	193	411,926.00	1,998,426.66	301	411,795.86	1,998,430.71
86	411,993.29	1,998,434.49	194	411,925.17	1,998,426.70	302	411,795.33	1,998,430.91
87	411,993.22	1,998,434.20	195	411,924.47	1,998,426.73	303	411,794.53	1,998,431.32
88	411,993.14	1,998,433.92	196	411,923.34	1,998,426.81	304	411,794.37	1,998,431.36
89	411,993.06	1,998,433.64	197	411,921.66	1,998,426.92	305	411,792.40	1,998,432.31
90	411,992.98	1,998,433.36	198	411,920.98	1,998,426.99	306	411,792.32	1,998,432.36
91	411,992.90	1,998,433.06	199	411,920.05	1,998,427.11	307	411,792.04	1,998,432.46
92	411,992.81	1,998,432.76	200	411,919.57	1,998,427.16	308	411,790.64	1,998,432.87
93	411,992.72	1,998,432.47	201	411,917.65	1,998,427.36	309	411,789.78	1,998,433.15
94	411,992.61	1,998,432.15	202	411,917.51	1,998,427.37	310	411,789.14	1,998,433.32
95	411,992.49	1,998,431.83	203	411,917.15	1,998,427.37	311	411,789.02	1,998,433.36
96	411,992.36	1,998,431.52	204	411,917.08	1,998,427.37	312	411,788.75	1,998,433.44
97	411,992.22	1,998,431.21	205	411,916.92	1,998,427.37	313	411,785.36	1,998,434.36
98	411,992.08	1,998,430.91	206	411,916.24	1,998,427.42	314	411,783.06	1,998,434.99
99	411,991.92	1,998,430.60	207	411,916.11	1,998,427.43	315	411,781.50	1,998,435.36
100	411,991.77	1,998,430.31	208	411,914.11	1,998,427.62	316	411,780.68	1,998,435.55
101	411,991.60	1,998,430.01	209	411,913.47	1,998,427.71	317	411,777.21	1,998,436.36
102	411,991.43	1,998,429.72	210	411,912.97	1,998,427.80	318	411,776.16	1,998,436.63
103	411,991.25	1,998,429.43	211	411,912.55	1,998,427.89	319	411,775.25	1,998,436.88
104	411,991.07	1,998,429.15	212	411,911.51	1,998,428.07	320	411,774.19	1,998,437.07
105	411,990.88	1,998,428.87	213	411,910.66	1,998,428.22	321	411,773.87	1,998,437.13

106	411,990.68	1,998,428.60	214	411,909.99	1,998,428.36	322	411,773.83	1,998,437.14
107	411,990.48	1,998,428.33	215	411,909.98	1,998,428.36			
108	411,990.30	1,998,428.10	216	411,909.91	1,998,428.36			

Coordenadas Área de corte y relleno polígono 18

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,977.33	1,998,528.45	29	411,974.97	1,998,554.76	57	411,981.68	1,998,552.49
2	411,977.50	1,998,549.74	30	411,977.50	1,998,554.74	58	411,981.78	1,998,552.32
3	411,938.88	1,998,550.04	31	411,977.54	1,998,554.74	59	411,981.88	1,998,552.15
4	411,941.22	1,998,550.91	32	411,977.73	1,998,554.73	60	411,981.97	1,998,551.98
5	411,941.50	1,998,551.02	33	411,977.93	1,998,554.72	61	411,982.06	1,998,551.80
6	411,941.87	1,998,551.14	34	411,978.12	1,998,554.70	62	411,982.13	1,998,551.62
7	411,944.73	1,998,551.99	35	411,978.31	1,998,554.67	63	411,982.20	1,998,551.43
8	411,946.02	1,998,552.20	36	411,978.50	1,998,554.64	64	411,982.27	1,998,551.25
9	411,950.94	1,998,552.94	37	411,978.69	1,998,554.59	65	411,982.32	1,998,551.06
10	411,952.75	1,998,553.19	38	411,978.87	1,998,554.54	66	411,982.37	1,998,550.87
11	411,953.37	1,998,553.27	39	411,979.06	1,998,554.49	67	411,982.41	1,998,550.67
12	411,954.99	1,998,553.49	40	411,979.24	1,998,554.42	68	411,982.44	1,998,550.48
13	411,955.77	1,998,553.59	41	411,979.42	1,998,554.35	69	411,982.47	1,998,550.29
14	411,958.15	1,998,553.89	42	411,979.60	1,998,554.27	70	411,982.49	1,998,550.09
15	411,960.94	1,998,554.11	43	411,979.74	1,998,554.21	71	411,982.50	1,998,549.89
16	411,961.05	1,998,554.11	44	411,979.87	1,998,554.14	72	411,982.50	1,998,549.70
17	411,962.60	1,998,554.21	45	411,980.01	1,998,554.06	73	411,982.50	1,998,549.50
18	411,963.11	1,998,554.23	46	411,980.14	1,998,553.99	74	411,981.49	1,998,544.28
19	411,964.36	1,998,554.32	47	411,980.30	1,998,553.88	75	411,981.45	1,998,544.10
20	411,968.37	1,998,554.69	48	411,980.46	1,998,553.77	76	411,981.40	1,998,543.88
21	411,968.84	1,998,554.72	49	411,980.62	1,998,553.65	77	411,980.42	1,998,539.52
22	411,969.17	1,998,554.74	50	411,980.77	1,998,553.52	78	411,979.47	1,998,535.78
23	411,969.68	1,998,554.80	51	411,980.92	1,998,553.39	79	411,979.38	1,998,535.41
24	411,969.78	1,998,554.80	52	411,981.06	1,998,553.25	80	411,979.23	1,998,534.85
25	411,970.88	1,998,554.79	53	411,981.19	1,998,553.11	81	411,978.36	1,998,531.90
26	411,971.54	1,998,554.78	54	411,981.32	1,998,552.96	82	411,977.65	1,998,529.58
27	411,971.74	1,998,554.78	55	411,981.45	1,998,552.81			
28	411,972.24	1,998,554.78	56	411,981.56	1,998,552.65			

Coordenadas Área de corte y relleno polígono 19

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,938.88	1,998,550.04	38	411,857.30	1,998,556.62	75	411,901.18	1,998,561.22
2	411,816.53	1,998,550.98	39	411,859.11	1,998,556.65	76	411,903.26	1,998,560.31
3	411,819.20	1,998,551.71	40	411,859.14	1,998,556.65	77	411,905.52	1,998,559.30
4	411,820.25	1,998,551.95	41	411,862.56	1,998,556.95	78	411,905.53	1,998,559.29
5	411,820.27	1,998,551.95	42	411,862.83	1,998,556.98	79	411,905.54	1,998,559.29
6	411,820.92	1,998,552.07	43	411,863.11	1,998,556.98	80	411,905.66	1,998,559.29
7	411,823.88	1,998,552.92	44	411,866.26	1,998,557.60	81	411,905.77	1,998,559.29
8	411,827.17	1,998,553.82	45	411,866.88	1,998,557.74	82	411,906.01	1,998,559.28
9	411,827.23	1,998,553.84	46	411,867.86	1,998,558.12	83	411,906.74	1,998,559.27
10	411,827.32	1,998,553.86	47	411,868.71	1,998,558.58	84	411,907.75	1,998,559.18
11	411,827.35	1,998,553.87	48	411,870.20	1,998,559.47	85	411,907.81	1,998,559.17

12	411,827.41	1,998,553.90	49	411,870.46	1,998,559.56	86	411,908.29	1,998,559.08
13	411,827.44	1,998,553.91	50	411,872.32	1,998,560.23	87	411,912.45	1,998,558.24
14	411,827.52	1,998,553.93	51	411,873.19	1,998,560.54	88	411,913.97	1,998,557.73
15	411,827.56	1,998,553.94	52	411,875.86	1,998,561.20	89	411,915.46	1,998,557.22
16	411,827.86	1,998,554.01	53	411,877.87	1,998,561.51	90	411,915.87	1,998,557.08
17	411,828.08	1,998,554.06	54	411,881.83	1,998,562.18	91	411,916.80	1,998,556.79
18	411,831.11	1,998,554.87	55	411,882.83	1,998,562.25	92	411,918.28	1,998,556.32
19	411,832.24	1,998,555.31	56	411,883.19	1,998,562.28	93	411,918.76	1,998,556.19
20	411,833.54	1,998,555.85	57	411,883.47	1,998,562.32	94	411,918.81	1,998,556.19
21	411,835.43	1,998,556.48	58	411,883.69	1,998,562.34	95	411,919.82	1,998,555.84
22	411,836.95	1,998,556.82	59	411,884.93	1,998,562.45	96	411,920.36	1,998,555.67
23	411,837.63	1,998,557.17	60	411,886.26	1,998,562.57	97	411,921.83	1,998,555.17
24	411,837.77	1,998,557.19	61	411,887.19	1,998,562.64	98	411,923.80	1,998,554.39
25	411,838.60	1,998,557.36	62	411,889.91	1,998,562.80	99	411,923.96	1,998,554.25
26	411,839.45	1,998,557.23	63	411,890.31	1,998,562.80	100	411,924.03	1,998,554.16
27	411,840.82	1,998,557.28	64	411,891.15	1,998,562.81	101	411,924.09	1,998,554.15
28	411,840.89	1,998,557.27	65	411,892.97	1,998,562.71	102	411,924.82	1,998,553.98
29	411,843.89	1,998,557.08	66	411,893.20	1,998,562.70	103	411,925.46	1,998,553.80
30	411,849.24	1,998,556.75	67	411,893.99	1,998,562.63	104	411,927.41	1,998,553.12
31	411,849.53	1,998,556.73	68	411,894.48	1,998,562.58	105	411,930.16	1,998,552.33
32	411,851.54	1,998,556.46	69	411,896.06	1,998,562.37	106	411,930.81	1,998,552.10
33	411,852.36	1,998,556.44	70	411,896.55	1,998,562.30	107	411,931.41	1,998,551.93
34	411,853.65	1,998,556.37	71	411,896.58	1,998,562.30	108	411,931.98	1,998,551.77
35	411,853.83	1,998,556.38	72	411,897.51	1,998,562.10	109	411,933.24	1,998,551.48
36	411,855.58	1,998,556.47	73	411,899.23	1,998,561.73	110	411,935.23	1,998,551.06
37	411,856.87	1,998,556.58	74	411,900.86	1,998,561.33	111	411,938.11	1,998,550.25

Coordenadas Área de corte y relleno polígono 20

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,326.12	1,998,617.27	99	411,356.02	1,998,389.99	197	411,308.98	1,998,611.17
2	411,326.37	1,998,615.25	100	411,348.42	1,998,393.14	198	411,309.86	1,998,611.27
3	411,326.44	1,998,613.26	101	411,347.11	1,998,393.69	199	411,310.39	1,998,611.25
4	411,326.32	1,998,611.32	102	411,337.66	1,998,397.81	200	411,310.72	1,998,611.10
5	411,326.03	1,998,609.43	103	411,329.74	1,998,401.35	201	411,310.95	1,998,610.89
6	411,325.57	1,998,607.61	104	411,327.89	1,998,402.19	202	411,311.19	1,998,610.71
7	411,324.93	1,998,605.87	105	411,318.21	1,998,406.98	203	411,311.48	1,998,610.67
8	411,324.09	1,998,604.22	106	411,311.50	1,998,410.75	204	411,312.00	1,998,611.93
9	411,323.01	1,998,602.66	107	411,309.02	1,998,412.28	205	411,311.82	1,998,610.85
10	411,321.65	1,998,601.18	108	411,300.38	1,998,417.69	206	411,312.16	1,998,611.22
11	411,320.00	1,998,599.79	109	411,293.99	1,998,422.04	207	411,312.47	1,998,611.77
12	411,318.00	1,998,598.50	110	411,292.54	1,998,423.00	208	411,312.72	1,998,612.47
13	411,315.64	1,998,597.30	111	411,285.45	1,998,428.11	209	411,312.89	1,998,613.29
14	411,312.87	1,998,596.21	112	411,279.39	1,998,433.54	210	411,312.98	1,998,614.21
15	411,309.68	1,998,595.20	113	411,277.28	1,998,435.66	211	411,312.96	1,998,615.20
16	411,306.10	1,998,594.29	114	411,274.25	1,998,439.24	212	411,312.84	1,998,616.22
17	411,302.20	1,998,593.45	115	411,270.59	1,998,445.99	213	411,311.99	1,998,618.44
18	411,298.02	1,998,592.68	116	411,264.74	1,998,449.38	214	411,312.62	1,998,617.27

19	411,293.62	1,998,591.96
20	411,289.06	1,998,591.28
21	411,284.38	1,998,590.62
22	411,279.65	1,998,589.99
23	411,274.90	1,998,589.36
24	411,270.18	1,998,588.75
25	411,265.51	1,998,588.15
26	411,260.90	1,998,587.59
27	411,256.39	1,998,587.06
28	411,252.00	1,998,586.57
29	411,247.75	1,998,586.13
30	411,243.67	1,998,585.74
31	411,239.77	1,998,585.42
32	411,236.04	1,998,585.13
33	411,232.46	1,998,584.86
34	411,229.01	1,998,584.58
35	411,225.68	1,998,584.26
36	411,222.43	1,998,583.88
37	411,219.26	1,998,583.41
38	411,216.13	1,998,582.83
39	411,213.05	1,998,582.11
40	411,210.03	1,998,581.25
41	411,207.10	1,998,580.26
42	411,204.30	1,998,579.12
43	411,201.65	1,998,577.83
44	411,199.19	1,998,576.41
45	411,196.95	1,998,574.83
46	411,194.97	1,998,573.11
47	411,193.25	1,998,571.25
48	411,191.81	1,998,569.26
49	411,190.60	1,998,567.15
50	411,189.63	1,998,564.96
51	411,188.86	1,998,562.69
52	411,188.29	1,998,560.37
53	411,187.89	1,998,558.01
54	411,187.65	1,998,555.64
55	411,187.55	1,998,553.26
56	411,187.64	1,998,550.86
57	411,187.96	1,998,548.41
58	411,188.55	1,998,545.89
59	411,189.46	1,998,543.28
60	411,190.75	1,998,540.54
61	411,192.44	1,998,537.67
62	411,194.60	1,998,534.63
63	411,197.24	1,998,531.40
64	411,200.34	1,998,528.00
117	411,262.16	1,998,450.26
118	411,258.49	1,998,451.88
119	411,252.68	1,998,454.71
120	411,246.82	1,998,457.62
121	411,243.80	1,998,459.35
122	411,241.11	1,998,460.89
123	411,235.32	1,998,464.19
124	411,229.63	1,998,467.68
125	411,226.45	1,998,469.76
126	411,224.10	1,998,471.39
127	411,218.84	1,998,475.39
128	411,213.82	1,998,479.59
129	411,210.63	1,998,482.54
130	411,209.18	1,998,484.10
131	411,204.74	1,998,488.67
132	411,200.71	1,998,493.49
133	411,197.36	1,998,498.81
134	411,197.11	1,998,499.32
135	411,192.73	1,998,502.41
136	411,187.44	1,998,505.15
137	411,182.90	1,998,508.60
138	411,178.46	1,998,512.22
139	411,177.57	1,998,513.12
140	411,174.27	1,998,516.32
141	411,170.48	1,998,520.91
142	411,167.35	1,998,526.11
143	411,165.52	1,998,532.06
144	411,165.59	1,998,538.49
145	411,162.64	1,998,543.86
146	411,160.97	1,998,549.26
147	411,160.95	1,998,549.75
148	411,160.86	1,998,554.07
149	411,161.72	1,998,558.00
150	411,162.92	1,998,561.88
151	411,164.67	1,998,565.93
152	411,167.11	1,998,570.00
153	411,170.30	1,998,573.89
154	411,174.12	1,998,577.40
155	411,178.36	1,998,580.40
156	411,182.75	1,998,582.88
157	411,184.61	1,998,583.70
158	411,187.06	1,998,584.91
159	411,190.37	1,998,587.60
160	411,193.07	1,998,591.08
161	411,196.04	1,998,594.20
162	411,199.35	1,998,596.69
215	411,312.23	1,998,618.40
216	411,311.65	1,998,619.62
217	411,310.87	1,998,620.91
218	411,309.92	1,998,622.27
219	411,308.78	1,998,623.66
220	411,307.44	1,998,625.03
221	411,305.95	1,998,626.40
222	411,305.53	1,998,626.71
223	411,304.30	1,998,627.72
224	411,302.46	1,998,629.03
225	411,300.36	1,998,630.32
226	411,298.01	1,998,631.66
227	411,295.38	1,998,633.11
228	411,292.42	1,998,634.62
229	411,291.36	1,998,635.13
230	411,289.13	1,998,636.21
231	411,285.48	1,998,637.87
232	411,281.46	1,998,639.58
233	411,277.18	1,998,641.48
234	411,273.34	1,998,643.43
235	411,272.76	1,998,643.72
236	411,268.10	1,998,646.02
237	411,263.29	1,998,648.43
238	411,258.21	1,998,650.69
239	411,254.80	1,998,652.21
240	411,253.00	1,998,652.97
241	411,247.83	1,998,655.49
242	411,242.66	1,998,658.12
243	411,237.53	1,998,660.75
244	411,235.95	1,998,661.59
245	411,232.50	1,998,663.46
246	411,227.59	1,998,666.29
247	411,222.67	1,998,669.08
248	411,217.82	1,998,671.96
249	411,217.76	1,998,672.00
250	411,213.02	1,998,674.92
251	411,208.21	1,998,677.89
252	411,203.44	1,998,680.88
253	411,200.47	1,998,682.81
254	411,198.95	1,998,683.82
255	411,194.71	1,998,686.48
256	411,190.87	1,998,689.03
257	411,189.23	1,998,690.10
258	411,189.11	1,998,693.39
259	411,198.52	1,998,693.75
260	411,207.22	1,998,692.93

65	411,203.85	1,998,524.45	163	411,202.77	1,998,598.98	261	411,215.28	1,998,691.14
66	411,207.73	1,998,520.76	164	411,206.36	1,998,600.86	262	411,222.77	1,998,688.57
67	411,211.91	1,998,516.95	165	411,210.08	1,998,602.43	263	411,229.76	1,998,685.43
68	411,216.36	1,998,513.03	166	411,211.56	1,998,602.80	264	411,236.33	1,998,681.91
69	411,221.03	1,998,509.04	167	411,213.91	1,998,603.51	265	411,242.55	1,998,678.22
70	411,225.87	1,998,504.97	168	411,217.63	1,998,604.47	266	411,248.50	1,998,674.56
71	411,230.83	1,998,500.85	169	411,221.23	1,998,605.22	267	411,254.22	1,998,671.09
72	411,235.93	1,998,496.66	170	411,224.73	1,998,605.66	268	411,259.74	1,998,667.84
73	411,241.17	1,998,492.40	171	411,228.14	1,998,606.06	269	411,265.03	1,998,664.80
74	411,246.55	1,998,488.03	172	411,231.51	1,998,606.32	270	411,270.09	1,998,661.96
75	411,252.08	1,998,483.55	173	411,234.67	1,998,606.60	271	411,274.91	1,998,659.31
76	411,257.78	1,998,478.93	174	411,234.87	1,998,606.61	272	411,279.47	1,998,656.84
77	411,263.65	1,998,474.17	175	411,238.27	1,998,606.87	273	411,283.78	1,998,654.54
78	411,269.70	1,998,469.24	176	411,241.79	1,998,607.07	274	411,287.81	1,998,652.40
79	411,276.01	1,998,464.11	177	411,245.54	1,998,607.43	275	411,291.57	1,998,650.41
80	411,282.92	1,998,458.61	178	411,249.55	1,998,607.82	276	411,295.07	1,998,648.55
81	411,290.83	1,998,452.59	179	411,253.58	1,998,608.23	277	411,298.32	1,998,646.79
82	411,300.17	1,998,445.85	180	411,253.79	1,998,608.23	278	411,301.35	1,998,645.09
83	411,311.33	1,998,438.22	181	411,258.24	1,998,608.55	279	411,304.17	1,998,643.44
84	411,324.73	1,998,429.53	182	411,262.87	1,998,608.89	280	411,306.79	1,998,641.81
85	411,340.78	1,998,419.59	183	411,267.67	1,998,609.00	281	411,309.24	1,998,640.18
86	411,359.89	1,998,408.24	184	411,272.56	1,998,609.36	282	411,311.53	1,998,638.50
87	411,360.62	1,998,407.76	185	411,273.09	1,998,609.38	283	411,313.68	1,998,636.77
88	411,362.59	1,998,406.21	186	411,277.55	1,998,609.57	284	411,315.68	1,998,634.99
89	411,364.28	1,998,404.35	187	411,282.46	1,998,609.69	285	411,317.53	1,998,633.15
90	411,365.63	1,998,402.24	188	411,287.23	1,998,609.73	286	411,319.22	1,998,631.27
91	411,366.61	1,998,399.93	189	411,291.72	1,998,609.97	287	411,320.75	1,998,629.35
92	411,367.19	1,998,397.50	190	411,292.21	1,998,610.03	288	411,322.11	1,998,627.39
93	411,367.36	1,998,395.00	191	411,295.91	1,998,610.22	289	411,323.28	1,998,625.40
94	411,367.11	1,998,392.50	192	411,299.70	1,998,610.46	290	411,324.28	1,998,623.38
95	411,366.45	1,998,390.09	193	411,303.02	1,998,610.61	291	411,325.08	1,998,621.35
96	411,365.39	1,998,387.81	194	411,305.71	1,998,610.80	292	411,325.69	1,998,619.31
97	411,364.42	1,998,386.81	195	411,308.51	1,998,611.38			
98	411,364.16	1,998,386.91	196	411,307.65	1,998,610.99			

Coordenadas Área de corte y relleno polígono 21

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,816.53	1,998,550.98	303	411,336.85	1,998,588.83	605	411,680.85	1,998,477.63
2	411,702.87	1,998,551.86	304	411,333.86	1,998,585.96	606	411,680.70	1,998,477.75
3	411,686.19	1,998,501.85	305	411,330.48	1,998,583.32	607	411,680.54	1,998,477.88
4	411,685.07	1,998,497.57	306	411,326.71	1,998,580.96	608	411,680.39	1,998,478.01
5	411,684.54	1,998,493.17	307	411,322.57	1,998,578.84	609	411,680.25	1,998,478.14
6	411,684.60	1,998,488.75	308	411,320.69	1,998,578.09	610	411,680.10	1,998,478.27
7	411,685.25	1,998,484.37	309	411,318.05	1,998,577.07	611	411,680.06	1,998,478.32
8	411,686.48	1,998,480.12	310	411,313.31	1,998,575.61	612	411,679.56	1,998,478.86
9	411,688.27	1,998,476.07	311	411,308.43	1,998,574.35	613	411,679.36	1,998,479.04
10	411,689.25	1,998,473.77	312	411,303.41	1,998,573.28	614	411,677.99	1,998,480.70

11	411,689.82	1,998,471.33	313	411,298.77	1,998,572.48	615	411,677.18	1,998,481.57
12	411,689.99	1,998,468.83	314	411,298.29	1,998,572.41	616	411,676.88	1,998,481.95
13	411,689.73	1,998,466.34	315	411,293.11	1,998,571.68	617	411,676.73	1,998,482.13
14	411,689.06	1,998,463.92	316	411,287.94	1,998,571.00	618	411,676.59	1,998,482.32
15	411,688.01	1,998,461.65	317	411,282.84	1,998,570.29	619	411,676.45	1,998,482.51
16	411,685.19	1,998,456.29	318	411,278.30	1,998,569.98	620	411,676.32	1,998,482.67
17	411,682.78	1,998,450.74	319	411,277.78	1,998,569.94	621	411,676.19	1,998,482.84
18	411,680.79	1,998,445.02	320	411,272.87	1,998,569.11	622	411,676.06	1,998,483.00
19	411,675.63	1,998,426.09	321	411,268.05	1,998,568.26	623	411,675.88	1,998,483.25
20	411,669.75	1,998,430.71	322	411,263.32	1,998,567.53	624	411,675.16	1,998,484.25
21	411,669.38	1,998,430.23	323	411,258.71	1,998,566.82	625	411,674.67	1,998,484.94
22	411,669.01	1,998,429.76	324	411,258.25	1,998,566.77	626	411,673.85	1,998,486.23
23	411,675.29	1,998,424.83	325	411,254.23	1,998,566.27	627	411,673.32	1,998,487.07
24	411,652.38	1,998,340.74	326	411,249.90	1,998,565.85	628	411,673.20	1,998,487.27
25	411,645.54	1,998,343.61	327	411,245.74	1,998,565.63	629	411,673.08	1,998,487.48
26	411,645.31	1,998,343.06	328	411,241.77	1,998,565.43	630	411,672.96	1,998,487.69
27	411,645.08	1,998,342.51	329	411,238.04	1,998,565.30	631	411,672.84	1,998,487.92
28	411,652.06	1,998,339.57	330	411,237.72	1,998,565.30	632	411,672.72	1,998,488.16
29	411,644.74	1,998,312.68	331	411,234.55	1,998,565.20	633	411,672.61	1,998,488.39
30	411,643.87	1,998,310.30	332	411,231.28	1,998,565.12	634	411,672.52	1,998,488.59
31	411,642.61	1,998,308.11	333	411,228.24	1,998,565.01	635	411,672.26	1,998,489.16
32	411,641.01	1,998,306.15	334	411,225.40	1,998,564.96	636	411,671.57	1,998,490.85
33	411,639.10	1,998,304.50	335	411,222.76	1,998,564.92	637	411,671.55	1,998,490.89
34	411,636.94	1,998,303.19	336	411,220.29	1,998,564.85	638	411,670.71	1,998,492.99
35	411,634.59	1,998,302.26	337	411,219.52	1,998,564.78	639	411,670.62	1,998,493.20
36	411,632.11	1,998,301.73	338	411,217.98	1,998,564.68	640	411,670.54	1,998,493.41
37	411,629.59	1,998,301.63	339	411,215.91	1,998,564.02	641	411,670.48	1,998,493.58
38	411,627.08	1,998,301.96	340	411,214.05	1,998,563.17	642	411,670.44	1,998,493.68
39	411,624.66	1,998,302.70	341	411,212.51	1,998,561.97	643	411,670.36	1,998,493.89
40	411,619.55	1,998,304.50	342	411,211.21	1,998,560.83	644	411,670.24	1,998,494.24
41	411,614.29	1,998,305.83	343	411,210.15	1,998,559.78	645	411,670.12	1,998,494.59
42	411,608.93	1,998,306.67	344	411,209.39	1,998,558.80	646	411,670.02	1,998,494.93
43	411,595.32	1,998,308.20	345	411,208.92	1,998,557.94	647	411,669.91	1,998,495.31
44	411,580.66	1,998,308.59	346	411,209.74	1,998,558.95	648	411,669.76	1,998,495.88
45	411,568.19	1,998,308.89	347	411,208.74	1,998,557.30	649	411,669.36	1,998,497.36
46	411,557.68	1,998,309.12	348	411,208.70	1,998,556.80	650	411,669.05	1,998,498.34
47	411,548.89	1,998,309.29	349	411,208.71	1,998,556.37	651	411,668.67	1,998,499.56
48	411,541.57	1,998,309.43	350	411,208.75	1,998,555.96	652	411,668.60	1,998,499.78
49	411,535.50	1,998,309.55	351	411,208.81	1,998,555.51	653	411,668.54	1,998,500.00
50	411,530.43	1,998,309.68	352	411,208.88	1,998,554.96	654	411,668.45	1,998,500.34
51	411,526.12	1,998,309.83	353	411,208.95	1,998,554.31	655	411,668.36	1,998,500.67
52	411,522.37	1,998,310.02	354	411,209.04	1,998,553.51	656	411,668.27	1,998,501.02
53	411,519.09	1,998,310.25	355	411,209.19	1,998,552.61	657	411,668.19	1,998,501.37
54	411,516.23	1,998,310.53	356	411,209.33	1,998,552.42	658	411,668.12	1,998,501.72
55	411,513.74	1,998,310.86	357	411,209.42	1,998,551.94	659	411,668.07	1,998,502.00
56	411,511.56	1,998,311.24	358	411,209.73	1,998,551.48	660	411,667.90	1,998,503.04

57	411,509.63	1,998,311.68	359	411,210.13	1,998,551.09	661	411,667.79	1,998,503.73
58	411,507.91	1,998,312.16	360	411,210.66	1,998,550.58	662	411,667.60	1,998,504.61
59	411,506.33	1,998,312.71	361	411,211.44	1,998,549.80	663	411,667.52	1,998,504.99
60	411,504.85	1,998,313.32	362	411,212.56	1,998,548.69	664	411,667.45	1,998,505.27
61	411,503.44	1,998,314.00	363	411,214.13	1,998,547.19	665	411,667.37	1,998,505.66
62	411,502.05	1,998,314.80	364	411,215.25	1,998,546.17	666	411,667.16	1,998,506.81
63	411,500.66	1,998,315.71	365	411,216.15	1,998,545.26	667	411,667.09	1,998,507.19
64	411,499.24	1,998,316.78	366	411,218.57	1,998,542.79	668	411,667.03	1,998,507.57
65	411,497.75	1,998,318.01	367	411,221.38	1,998,539.87	669	411,666.97	1,998,507.92
66	411,496.17	1,998,319.44	368	411,224.54	1,998,536.57	670	411,666.91	1,998,508.28
67	411,494.45	1,998,321.07	369	411,227.44	1,998,533.12	671	411,666.80	1,998,509.07
68	411,492.59	1,998,322.94	370	411,227.77	1,998,532.70	672	411,666.68	1,998,509.73
69	411,490.61	1,998,324.99	371	411,231.50	1,998,528.80	673	411,666.52	1,998,510.89
70	411,488.54	1,998,327.18	372	411,236.70	1,998,526.14	674	411,666.37	1,998,511.95
71	411,486.42	1,998,329.46	373	411,241.73	1,998,522.93	675	411,666.32	1,998,512.32
72	411,484.30	1,998,331.78	374	411,243.19	1,998,521.88	676	411,666.04	1,998,514.13
73	411,482.20	1,998,334.09	375	411,246.71	1,998,519.32	677	411,665.93	1,998,515.29
74	411,480.17	1,998,336.35	376	411,251.74	1,998,515.52	678	411,665.79	1,998,516.55
75	411,478.24	1,998,338.51	377	411,256.77	1,998,511.54	679	411,665.69	1,998,518.49
76	411,476.43	1,998,340.54	378	411,258.94	1,998,509.87	680	411,665.62	1,998,519.19
77	411,474.72	1,998,342.44	379	411,261.88	1,998,507.51	681	411,665.56	1,998,519.69
78	411,473.07	1,998,344.28	380	411,266.98	1,998,503.40	682	411,665.43	1,998,521.76
79	411,471.41	1,998,346.07	381	411,272.06	1,998,499.25	683	411,665.32	1,998,522.92
80	411,469.71	1,998,347.86	382	411,274.49	1,998,497.34	684	411,665.19	1,998,524.22
81	411,467.93	1,998,349.69	383	411,277.14	1,998,495.15	685	411,665.15	1,998,525.86
82	411,466.01	1,998,351.59	384	411,282.06	1,998,490.97	686	411,665.08	1,998,527.04
83	411,463.91	1,998,353.61	385	411,286.85	1,998,486.75	687	411,664.98	1,998,529.00
84	411,461.59	1,998,355.76	386	411,289.61	1,998,484.21	688	411,664.97	1,998,529.87
85	411,459.04	1,998,358.04	387	411,291.44	1,998,482.39	689	411,664.99	1,998,530.25
86	411,456.25	1,998,360.44	388	411,295.90	1,998,477.78	690	411,665.39	1,998,533.63
87	411,453.22	1,998,362.94	389	411,300.16	1,998,472.60	691	411,665.47	1,998,534.36
88	411,449.94	1,998,365.53	390	411,302.78	1,998,469.58	692	411,665.48	1,998,534.43
89	411,446.39	1,998,368.19	391	411,305.29	1,998,467.99	693	411,665.50	1,998,534.52
90	411,442.58	1,998,370.90	392	411,312.30	1,998,465.17	694	411,665.53	1,998,534.71
91	411,438.50	1,998,373.65	393	411,319.27	1,998,461.37	695	411,665.93	1,998,537.31
92	411,434.11	1,998,376.44	394	411,320.03	1,998,460.96	696	411,665.97	1,998,537.56
93	411,429.31	1,998,379.37	395	411,326.62	1,998,456.91	697	411,666.19	1,998,538.66
94	411,423.94	1,998,382.54	396	411,334.56	1,998,451.91	698	411,666.29	1,998,539.16
95	411,417.87	1,998,386.07	397	411,336.52	1,998,450.67	699	411,667.28	1,998,542.93
96	411,410.95	1,998,390.06	398	411,343.04	1,998,446.61	700	411,667.35	1,998,543.20
97	411,403.05	1,998,394.62	399	411,351.93	1,998,441.39	701	411,667.36	1,998,543.27
98	411,394.02	1,998,399.88	400	411,353.40	1,998,440.56	702	411,667.37	1,998,543.31
99	411,383.73	1,998,405.93	401	411,360.82	1,998,436.20	703	411,667.45	1,998,543.64
100	411,383.72	1,998,405.93	402	411,369.42	1,998,431.14	704	411,668.50	1,998,548.30
101	411,377.45	1,998,409.59	403	411,370.48	1,998,430.54	705	411,668.68	1,998,548.92
102	411,370.12	1,998,413.88	404	411,377.53	1,998,426.45	706	411,669.22	1,998,550.32

103	411,362.00	1,998,418.67
104	411,353.35	1,998,423.82
105	411,344.44	1,998,429.20
106	411,335.54	1,998,434.66
107	411,326.90	1,998,440.07
108	411,318.81	1,998,445.29
109	411,311.45	1,998,450.21
110	411,304.78	1,998,454.86
111	411,298.69	1,998,459.27
112	411,293.05	1,998,463.51
113	411,287.77	1,998,467.61
114	411,282.72	1,998,471.63
115	411,277.79	1,998,475.61
116	411,272.88	1,998,479.61
117	411,267.88	1,998,483.67
118	411,262.80	1,998,487.76
119	411,257.69	1,998,491.89
120	411,252.58	1,998,496.02
121	411,247.49	1,998,500.14
122	411,242.47	1,998,504.22
123	411,237.55	1,998,508.26
124	411,232.75	1,998,512.23
125	411,228.12	1,998,516.11
126	411,223.70	1,998,519.89
127	411,219.51	1,998,523.53
128	411,215.61	1,998,527.04
129	411,212.02	1,998,530.37
130	411,208.80	1,998,533.53
131	411,205.97	1,998,536.48
132	411,203.58	1,998,539.21
133	411,201.65	1,998,541.70
134	411,200.14	1,998,543.98
135	411,199.02	1,998,546.08
136	411,198.22	1,998,548.01
137	411,197.71	1,998,549.83
138	411,197.43	1,998,551.54
139	411,197.34	1,998,553.18
140	411,197.39	1,998,554.78
141	411,197.54	1,998,556.36
142	411,197.80	1,998,557.92
143	411,198.17	1,998,559.45
144	411,198.69	1,998,560.94
145	411,199.37	1,998,562.38
146	411,200.21	1,998,563.77
147	411,201.24	1,998,565.10
148	411,202.48	1,998,566.35
405	411,384.57	1,998,421.76
406	411,387.30	1,998,419.87
407	411,390.43	1,998,417.49
408	411,400.02	1,998,410.08
409	411,403.22	1,998,407.50
410	411,407.95	1,998,403.04
411	411,414.18	1,998,395.66
412	411,418.35	1,998,393.81
413	411,421.66	1,998,392.67
414	411,428.42	1,998,390.31
415	411,434.33	1,998,387.95
416	411,437.70	1,998,386.59
417	411,439.70	1,998,385.73
418	411,444.54	1,998,383.27
419	411,449.07	1,998,380.66
420	411,453.26	1,998,377.97
421	411,456.35	1,998,375.70
422	411,457.07	1,998,375.16
423	411,460.56	1,998,372.37
424	411,463.73	1,998,369.60
425	411,466.63	1,998,366.94
426	411,469.21	1,998,364.34
427	411,471.57	1,998,361.93
428	411,472.60	1,998,360.85
429	411,473.70	1,998,359.69
430	411,475.70	1,998,357.61
431	411,477.68	1,998,355.71
432	411,479.63	1,998,353.92
433	411,481.47	1,998,352.08
434	411,483.29	1,998,350.23
435	411,485.16	1,998,348.36
436	411,487.11	1,998,346.43
437	411,487.69	1,998,345.85
438	411,489.16	1,998,344.40
439	411,491.28	1,998,342.25
440	411,493.39	1,998,340.00
441	411,495.51	1,998,337.76
442	411,497.60	1,998,335.56
443	411,499.60	1,998,333.46
444	411,501.07	1,998,331.91
445	411,501.47	1,998,331.48
446	411,503.18	1,998,329.72
447	411,504.67	1,998,328.22
448	411,505.95	1,998,326.99
449	411,507.07	1,998,326.04
450	411,508.03	1,998,325.33
707	411,669.90	1,998,553.39
708	411,670.15	1,998,554.34
709	411,670.17	1,998,554.40
710	411,670.46	1,998,555.83
711	411,670.52	1,998,556.07
712	411,670.72	1,998,556.76
713	411,671.48	1,998,558.87
714	411,671.85	1,998,559.89
715	411,671.87	1,998,559.97
716	411,672.17	1,998,560.88
717	411,672.17	1,998,560.90
718	411,672.18	1,998,560.92
719	411,672.29	1,998,561.30
720	411,672.49	1,998,562.00
721	411,672.62	1,998,562.41
722	411,672.75	1,998,562.82
723	411,672.89	1,998,563.23
724	411,673.04	1,998,563.64
725	411,673.20	1,998,564.04
726	411,673.36	1,998,564.45
727	411,673.53	1,998,564.85
728	411,673.70	1,998,565.24
729	411,673.89	1,998,565.64
730	411,673.96	1,998,565.77
731	411,674.13	1,998,566.11
732	411,674.32	1,998,566.44
733	411,674.50	1,998,566.77
734	411,674.69	1,998,567.10
735	411,674.89	1,998,567.42
736	411,675.09	1,998,567.74
737	411,675.26	1,998,568.00
738	411,675.43	1,998,568.26
739	411,675.47	1,998,568.32
740	411,675.73	1,998,568.68
741	411,675.99	1,998,569.04
742	411,676.27	1,998,569.39
743	411,676.55	1,998,569.74
744	411,676.83	1,998,570.09
745	411,677.04	1,998,570.37
746	411,677.26	1,998,570.64
747	411,677.47	1,998,570.91
748	411,677.69	1,998,571.18
749	411,677.98	1,998,571.48
750	411,678.26	1,998,571.77
751	411,678.56	1,998,572.07
752	411,678.86	1,998,572.35

149	411,203.92	1,998,567.53	451	411,508.84	1,998,324.81	753	411,679.16	1,998,572.64
150	411,205.58	1,998,568.62	452	411,509.56	1,998,324.42	754	411,679.46	1,998,572.92
151	411,207.42	1,998,569.62	453	411,510.25	1,998,324.09	755	411,679.74	1,998,573.15
152	411,209.44	1,998,570.54	454	411,510.99	1,998,323.78	756	411,680.02	1,998,573.39
153	411,211.63	1,998,571.37	455	411,511.01	1,998,323.76	757	411,680.31	1,998,573.62
154	411,213.96	1,998,572.11	456	411,511.93	1,998,323.39	758	411,680.59	1,998,573.84
155	411,216.43	1,998,572.75	457	411,512.97	1,998,323.01	759	411,680.72	1,998,573.92
156	411,219.01	1,998,573.29	458	411,514.22	1,998,322.59	760	411,681.05	1,998,574.13
157	411,221.71	1,998,573.73	459	411,515.79	1,998,322.07	761	411,681.39	1,998,574.33
158	411,224.53	1,998,574.10	460	411,517.76	1,998,321.49	762	411,681.73	1,998,574.53
159	411,227.48	1,998,574.40	461	411,520.18	1,998,320.80	763	411,682.14	1,998,574.75
160	411,230.58	1,998,574.67	462	411,523.11	1,998,319.80	764	411,682.55	1,998,574.95
161	411,233.85	1,998,574.92	463	411,524.92	1,998,319.10	765	411,682.95	1,998,575.17
162	411,237.29	1,998,575.18	464	411,526.58	1,998,318.46	766	411,683.34	1,998,575.38
163	411,240.92	1,998,575.45	465	411,530.70	1,998,317.04	767	411,683.74	1,998,575.58
164	411,244.75	1,998,575.78	466	411,535.68	1,998,316.97	768	411,684.05	1,998,575.75
165	411,248.81	1,998,576.16	467	411,541.73	1,998,317.41	769	411,684.37	1,998,575.91
166	411,253.05	1,998,576.61	468	411,544.44	1,998,317.76	770	411,684.75	1,998,576.09
167	411,257.48	1,998,577.11	469	411,549.05	1,998,318.22	771	411,685.14	1,998,576.27
168	411,262.06	1,998,577.65	470	411,550.32	1,998,312.30	772	411,685.52	1,998,576.44
169	411,266.78	1,998,578.24	471	411,550.39	1,998,312.42	773	411,685.91	1,998,576.60
170	411,271.60	1,998,578.85	472	411,550.50	1,998,312.57	774	411,686.34	1,998,576.78
171	411,276.52	1,998,579.49	473	411,550.61	1,998,312.73	775	411,686.77	1,998,576.95
172	411,281.51	1,998,580.15	474	411,550.74	1,998,312.88	776	411,687.20	1,998,577.12
173	411,286.54	1,998,580.83	475	411,550.90	1,998,313.06	777	411,687.63	1,998,577.27
174	411,291.57	1,998,581.54	476	411,551.07	1,998,313.24	778	411,688.07	1,998,577.42
175	411,296.52	1,998,582.31	477	411,551.24	1,998,313.41	779	411,688.49	1,998,577.56
176	411,301.35	1,998,583.15	478	411,551.42	1,998,313.58	780	411,688.90	1,998,577.68
177	411,305.99	1,998,584.09	479	411,551.60	1,998,313.75	781	411,689.32	1,998,577.81
178	411,310.39	1,998,585.16	480	411,551.79	1,998,313.91	782	411,689.75	1,998,577.92
179	411,314.49	1,998,586.36	481	411,551.98	1,998,314.06	783	411,690.17	1,998,578.03
180	411,318.22	1,998,587.73	482	411,552.17	1,998,314.21	784	411,690.59	1,998,578.13
181	411,321.56	1,998,589.28	483	411,552.38	1,998,314.36	785	411,691.04	1,998,578.19
182	411,324.50	1,998,591.00	484	411,552.60	1,998,314.50	786	411,691.49	1,998,578.23
183	411,327.05	1,998,592.89	485	411,552.82	1,998,314.64	787	411,691.94	1,998,578.28
184	411,329.26	1,998,594.93	486	411,553.04	1,998,314.77	788	411,692.39	1,998,578.31
185	411,331.12	1,998,597.12	487	411,553.26	1,998,314.90	789	411,692.84	1,998,578.34
186	411,332.66	1,998,599.44	488	411,553.43	1,998,314.99	790	411,693.29	1,998,578.39
187	411,333.91	1,998,601.88	489	411,553.59	1,998,315.07	791	411,693.74	1,998,578.44
188	411,334.88	1,998,604.44	490	411,553.76	1,998,315.16	792	411,694.20	1,998,578.48
189	411,335.59	1,998,607.10	491	411,553.99	1,998,315.27	793	411,694.66	1,998,578.52
190	411,336.04	1,998,609.85	492	411,554.23	1,998,315.38	794	411,695.12	1,998,578.55
191	411,336.24	1,998,612.65	493	411,554.48	1,998,315.48	795	411,695.58	1,998,578.57
192	411,336.20	1,998,615.49	494	411,554.72	1,998,315.57	796	411,696.04	1,998,578.59
193	411,335.90	1,998,618.35	495	411,554.97	1,998,315.65	797	411,696.51	1,998,578.60
194	411,335.36	1,998,621.20	496	411,555.22	1,998,315.73	798	411,696.97	1,998,578.60

195	411,334.57	1,998,624.02
196	411,333.55	1,998,626.79
197	411,332.29	1,998,629.49
198	411,330.81	1,998,632.11
199	411,329.13	1,998,634.65
200	411,327.25	1,998,637.10
201	411,325.21	1,998,639.46
202	411,323.00	1,998,641.73
203	411,320.65	1,998,643.89
204	411,318.17	1,998,645.95
205	411,315.57	1,998,647.90
206	411,312.84	1,998,649.78
207	411,309.97	1,998,651.60
208	411,306.94	1,998,653.41
209	411,303.72	1,998,655.23
210	411,300.32	1,998,657.09
211	411,296.69	1,998,659.02
212	411,292.84	1,998,661.06
213	411,288.76	1,998,663.22
214	411,284.46	1,998,665.51
215	411,280.00	1,998,667.90
216	411,275.42	1,998,670.40
217	411,270.75	1,998,672.98
218	411,266.03	1,998,675.64
219	411,261.31	1,998,678.35
220	411,256.63	1,998,681.12
221	411,252.01	1,998,683.93
222	411,247.45	1,998,686.79
223	411,242.93	1,998,689.68
224	411,238.44	1,998,692.63
225	411,233.97	1,998,695.63
226	411,229.49	1,998,698.69
227	411,224.99	1,998,701.81
228	411,220.45	1,998,704.99
229	411,215.87	1,998,708.23
230	411,211.21	1,998,711.45
231	411,206.46	1,998,714.57
232	411,201.60	1,998,717.52
233	411,196.61	1,998,720.21
234	411,191.46	1,998,722.56
235	411,186.13	1,998,724.48
236	411,180.60	1,998,725.91
237	411,180.60	1,998,725.92
238	411,180.89	1,998,727.07
239	411,181.04	1,998,727.65
240	411,181.34	1,998,728.82
497	411,555.47	1,998,315.80
498	411,555.73	1,998,315.87
499	411,555.78	1,998,315.88
500	411,555.99	1,998,315.93
501	411,556.21	1,998,315.97
502	411,556.42	1,998,316.01
503	411,556.63	1,998,316.04
504	411,556.83	1,998,316.07
505	411,557.03	1,998,316.09
506	411,557.23	1,998,316.10
507	411,557.43	1,998,316.12
508	411,557.64	1,998,316.12
509	411,557.85	1,998,316.13
510	411,558.64	1,998,316.12
511	411,558.81	1,998,316.13
512	411,558.86	1,998,316.13
513	411,560.46	1,998,316.05
514	411,561.78	1,998,316.00
515	411,561.81	1,998,316.00
516	411,562.00	1,998,315.99
517	411,563.05	1,998,315.99
518	411,565.94	1,998,315.99
519	411,566.83	1,998,315.98
520	411,567.39	1,998,315.94
521	411,571.04	1,998,315.81
522	411,571.07	1,998,315.80
523	411,571.29	1,998,315.79
524	411,574.14	1,998,315.59
525	411,575.85	1,998,315.48
526	411,577.21	1,998,315.41
527	411,577.56	1,998,315.38
528	411,579.14	1,998,315.25
529	411,580.22	1,998,315.14
530	411,581.02	1,998,315.05
531	411,583.58	1,998,314.79
532	411,584.74	1,998,314.66
533	411,585.03	1,998,314.64
534	411,587.79	1,998,314.43
535	411,588.01	1,998,314.41
536	411,588.45	1,998,314.37
537	411,589.22	1,998,314.29
538	411,595.45	1,998,313.71
539	411,595.58	1,998,313.69
540	411,595.75	1,998,313.66
541	411,595.92	1,998,313.62
542	411,596.55	1,998,313.48
799	411,697.39	1,998,578.59
800	411,697.81	1,998,578.57
801	411,698.23	1,998,578.55
802	411,698.64	1,998,578.53
803	411,699.05	1,998,578.50
804	411,699.54	1,998,578.43
805	411,700.04	1,998,578.35
806	411,700.54	1,998,578.27
807	411,701.03	1,998,578.18
808	411,701.53	1,998,578.08
809	411,702.02	1,998,577.97
810	411,702.51	1,998,577.86
811	411,702.79	1,998,577.79
812	411,703.07	1,998,577.72
813	411,703.23	1,998,577.68
814	411,706.22	1,998,576.84
815	411,706.83	1,998,576.67
816	411,706.95	1,998,576.63
817	411,707.78	1,998,576.45
818	411,708.01	1,998,576.40
819	411,710.19	1,998,575.80
820	411,711.51	1,998,575.43
821	411,711.64	1,998,575.39
822	411,712.65	1,998,575.11
823	411,713.53	1,998,574.88
824	411,713.94	1,998,574.78
825	411,717.49	1,998,573.93
826	411,717.64	1,998,573.89
827	411,718.24	1,998,573.74
828	411,722.56	1,998,572.77
829	411,722.83	1,998,572.71
830	411,722.89	1,998,572.69
831	411,722.90	1,998,572.69
832	411,722.91	1,998,572.69
833	411,724.21	1,998,572.39
834	411,724.83	1,998,572.23
835	411,727.27	1,998,571.67
836	411,731.73	1,998,570.78
837	411,732.18	1,998,570.70
838	411,732.51	1,998,570.63
839	411,733.89	1,998,570.36
840	411,737.75	1,998,569.59
841	411,739.69	1,998,569.15
842	411,741.21	1,998,568.84
843	411,742.30	1,998,568.56
844	411,745.56	1,998,567.84

241	411,184.64	1,998,741.57
242	411,190.04	1,998,740.61
243	411,196.92	1,998,738.28
244	411,203.36	1,998,735.43
245	411,207.99	1,998,732.58
246	411,209.15	1,998,731.83
247	411,214.48	1,998,727.99
248	411,219.38	1,998,723.97
249	411,224.05	1,998,720.12
250	411,225.78	1,998,718.70
251	411,228.56	1,998,716.48
252	411,232.93	1,998,713.12
253	411,237.26	1,998,709.90
254	411,241.50	1,998,706.78
255	411,241.56	1,998,706.73
256	411,245.84	1,998,703.64
257	411,250.11	1,998,700.58
258	411,254.42	1,998,697.61
259	411,257.27	1,998,695.68
260	411,258.77	1,998,694.70
261	411,263.13	1,998,691.77
262	411,267.55	1,998,688.87
263	411,272.08	1,998,686.10
264	411,273.45	1,998,685.33
265	411,276.73	1,998,683.58
266	411,281.35	1,998,681.12
267	411,285.73	1,998,678.41
268	411,289.90	1,998,675.62
269	411,290.34	1,998,675.35
270	411,293.99	1,998,673.06
271	411,297.97	1,998,670.77
272	411,301.77	1,998,668.65
273	411,305.34	1,998,666.55
274	411,307.71	1,998,665.08
275	411,308.71	1,998,664.46
276	411,311.96	1,998,662.42
277	411,315.09	1,998,660.35
278	411,318.10	1,998,658.24
279	411,320.98	1,998,655.97
280	411,323.82	1,998,653.67
281	411,326.21	1,998,651.63
282	411,326.61	1,998,651.29
283	411,329.28	1,998,648.77
284	411,331.84	1,998,646.14
285	411,334.29	1,998,643.42
286	411,336.61	1,998,640.58
543	411,602.97	1,998,312.37
544	411,606.14	1,998,311.81
545	411,609.44	1,998,311.21
546	411,609.64	1,998,311.17
547	411,610.33	1,998,311.02
548	411,610.45	1,998,310.99
549	411,610.50	1,998,310.98
550	411,614.94	1,998,309.94
551	411,615.12	1,998,309.90
552	411,615.30	1,998,309.84
553	411,615.45	1,998,309.80
554	411,616.66	1,998,309.46
555	411,618.88	1,998,308.79
556	411,619.88	1,998,308.49
557	411,620.50	1,998,308.29
558	411,620.64	1,998,308.24
559	411,620.79	1,998,308.18
560	411,621.59	1,998,307.87
561	411,622.39	1,998,307.55
562	411,623.29	1,998,307.17
563	411,625.79	1,998,306.19
564	411,627.29	1,998,305.58
565	411,628.18	1,998,305.22
566	411,628.31	1,998,305.17
567	411,628.44	1,998,305.11
568	411,628.56	1,998,305.05
569	411,630.39	1,998,304.09
570	411,631.96	1,998,303.23
571	411,641.28	1,998,315.44
572	411,637.09	1,998,337.31
573	411,637.35	1,998,342.20
574	411,650.41	1,998,354.41
575	411,657.96	1,998,373.08
576	411,659.53	1,998,380.46
577	411,661.81	1,998,392.76
578	411,663.24	1,998,413.10
579	411,662.86	1,998,424.52
580	411,661.32	1,998,434.35
581	411,672.28	1,998,448.39
582	411,675.42	1,998,452.27
583	411,678.12	1,998,455.87
584	411,688.00	1,998,468.95
585	411,687.39	1,998,469.52
586	411,686.70	1,998,470.15
587	411,686.18	1,998,470.61
588	411,686.03	1,998,470.77
845	411,746.84	1,998,567.52
846	411,748.13	1,998,567.22
847	411,749.46	1,998,566.91
848	411,750.22	1,998,566.72
849	411,750.39	1,998,566.68
850	411,751.16	1,998,566.49
851	411,752.53	1,998,566.17
852	411,755.42	1,998,565.45
853	411,757.34	1,998,565.01
854	411,759.50	1,998,564.54
855	411,760.01	1,998,564.42
856	411,761.90	1,998,563.83
857	411,762.86	1,998,563.53
858	411,763.34	1,998,563.39
859	411,764.09	1,998,563.19
860	411,767.33	1,998,562.36
861	411,767.88	1,998,562.19
862	411,770.96	1,998,561.33
863	411,773.97	1,998,560.39
864	411,774.24	1,998,560.31
865	411,774.55	1,998,560.20
866	411,774.75	1,998,560.13
867	411,774.95	1,998,560.07
868	411,777.72	1,998,559.28
869	411,777.78	1,998,559.27
870	411,777.81	1,998,559.26
871	411,778.04	1,998,559.19
872	411,780.57	1,998,558.44
873	411,781.52	1,998,558.27
874	411,781.53	1,998,558.27
875	411,781.63	1,998,558.25
876	411,782.71	1,998,558.11
877	411,782.91	1,998,558.07
878	411,783.08	1,998,558.04
879	411,783.59	1,998,557.92
880	411,784.34	1,998,557.78
881	411,784.86	1,998,557.70
882	411,785.11	1,998,557.66
883	411,787.28	1,998,557.21
884	411,790.48	1,998,556.46
885	411,791.74	1,998,556.17
886	411,793.05	1,998,555.92
887	411,795.47	1,998,555.60
888	411,796.39	1,998,555.46
889	411,798.12	1,998,555.12
890	411,798.15	1,998,555.11

287	411,338.69	1,998,637.56	589	411,685.95	1,998,470.84	891	411,798.18	1,998,555.11
288	411,340.56	1,998,634.38	590	411,685.82	1,998,470.99	892	411,798.20	1,998,555.10
289	411,342.21	1,998,631.06	591	411,685.69	1,998,471.15	893	411,800.73	1,998,554.51
290	411,342.72	1,998,629.80	592	411,685.56	1,998,471.30	894	411,801.74	1,998,554.31
291	411,343.67	1,998,627.61	593	411,685.43	1,998,471.47	895	411,802.68	1,998,554.09
292	411,344.88	1,998,624.06	594	411,685.30	1,998,471.64	896	411,804.48	1,998,553.76
293	411,345.76	1,998,620.44	595	411,685.18	1,998,471.82	897	411,805.99	1,998,553.48
294	411,346.29	1,998,616.76	596	411,685.06	1,998,472.00	898	411,806.43	1,998,553.39
295	411,346.41	1,998,613.05	597	411,683.74	1,998,474.12	899	411,808.14	1,998,553.05
296	411,346.15	1,998,609.36	598	411,683.52	1,998,474.46	900	411,810.46	1,998,552.55
297	411,345.59	1,998,605.69	599	411,683.34	1,998,474.74	901	411,811.56	1,998,552.30
298	411,344.79	1,998,602.07	600	411,682.78	1,998,475.54	902	411,812.83	1,998,552.01
299	411,343.89	1,998,599.85	601	411,681.96	1,998,476.63	903	411,813.46	1,998,551.85
300	411,343.38	1,998,598.59	602	411,681.85	1,998,476.75	904	411,814.69	1,998,551.49
301	411,341.65	1,998,595.18	603	411,681.72	1,998,476.89	905	411,815.80	1,998,551.21
302	411,339.47	1,998,591.91	604	411,681.11	1,998,477.44			

Coordenadas Área de corte y relleno polígono 22								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,358.80	1,997,827.36	3	411,348.82	1,997,826.21	4	411,358.67	1,997,827.91
2	411,348.99	1,997,825.39						

49. Obras de drenaje

Tabla 72. Vértices de las obras de drenaje.

Coordenadas Obras de drenaje polígono 1								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	412,036.12	1,998,097.30	3	411,998.63	1,998,104.43	5	411,998.87	1,998,105.60
2	412,036.00	1,998,096.71	4	411,998.75	1,998,105.01	6	412,036.24	1,998,097.89
Coordenadas Obras de drenaje polígono 2								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,670.69	1,998,332.39	3	411,645.08	1,998,342.51	5	411,645.54	1,998,343.61
2	411,670.45	1,998,331.84	4	411,645.31	1,998,343.06	6	411,670.92	1,998,332.95
Coordenadas Obras de drenaje polígono 3								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,692.69	1,998,411.95	3	411,669.01	1,998,429.76	5	411,669.75	1,998,430.71
2	411,692.32	1,998,411.48	4	411,669.38	1,998,430.23	6	411,693.06	1,998,412.42
Coordenadas Obras de drenaje polígono 4								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,416.28	1,997,858.14	8	411,414.31	1,997,757.68	15	411,407.37	1,997,782.37
2	411,417.93	1,997,782.29	9	411,405.93	1,997,757.53	16	411,406.23	1,997,858.78
3	411,422.71	1,997,782.26	10	411,403.37	1,997,757.48	17	411,405.47	1,997,916.32
4	411,429.38	1,997,778.78	11	411,402.80	1,997,757.47	18	411,403.98	1,997,922.18
5	411,429.79	1,997,778.56	12	411,394.94	1,997,779.30	19	411,419.24	1,997,918.99
6	411,417.40	1,997,757.73	13	411,395.41	1,997,779.49	20	411,415.31	1,997,914.51
7	411,416.85	1,997,757.72	14	411,402.64	1,997,782.41			

50. Caminos

Tabla 73. Vértices de caminos.

Coordenadas Caminos polígono 1								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	410,385.27	1,998,136.47	57	410,613.10	1,997,829.62	113	410,301.55	1,998,034.85
2	410,390.68	1,998,132.79	58	410,612.57	1,997,830.77	114	410,302.08	1,998,034.42
3	410,395.68	1,998,128.56	59	410,610.28	1,997,835.76	115	410,305.89	1,998,031.34
4	410,450.45	1,998,077.04	60	410,592.19	1,997,875.22	116	410,309.29	1,998,027.87
5	410,454.45	1,998,072.91	61	410,590.88	1,997,877.77	117	410,309.81	1,998,027.35
6	410,458.06	1,998,068.42	62	410,588.33	1,997,882.78	118	410,313.24	1,998,022.94
7	410,461.24	1,998,063.62	63	410,587.95	1,997,883.52	119	410,316.14	1,998,018.16
8	410,463.96	1,998,058.55	64	410,583.01	1,997,891.44	120	410,318.47	1,998,013.08
9	410,466.20	1,998,053.25	65	410,577.42	1,997,898.90	121	410,320.20	1,998,007.77
10	410,483.29	1,998,007.01	66	410,571.21	1,997,905.87	122	410,321.31	1,998,002.29
11	410,486.83	1,997,998.54	67	410,564.44	1,997,912.28	123	410,321.78	1,997,996.72
12	410,491.07	1,997,990.39	68	410,557.14	1,997,918.09	124	410,321.79	1,997,996.59
13	410,495.97	1,997,982.63	69	410,515.61	1,997,948.38	125	410,321.79	1,997,973.67
14	410,501.51	1,997,975.30	70	410,508.72	1,997,953.80	126	410,318.46	1,997,973.67
15	410,507.64	1,997,968.47	71	410,502.25	1,997,959.71	127	410,311.70	1,997,973.67
16	410,514.32	1,997,962.17	72	410,496.23	1,997,966.08	128	410,311.70	1,997,996.50
17	410,521.50	1,997,956.46	73	410,490.69	1,997,972.88	129	410,311.24	1,998,001.45
18	410,563.03	1,997,926.17	74	410,485.66	1,997,980.06	130	410,310.57	1,998,004.39
19	410,569.89	1,997,920.78	75	410,481.17	1,997,987.59	131	410,309.29	1,998,004.38
20	410,576.34	1,997,914.90	76	410,477.25	1,997,995.43	132	410,309.29	1,998,008.61
21	410,582.34	1,997,908.56	77	410,473.91	1,998,003.54	133	410,308.43	1,998,010.97
22	410,587.86	1,997,901.80	78	410,456.82	1,998,049.78	134	410,306.12	1,998,015.38
23	410,592.88	1,997,894.66	79	410,454.41	1,998,055.32	135	410,303.27	1,998,019.45
24	410,597.36	1,997,887.18	80	410,451.37	1,998,060.54	136	410,299.91	1,998,023.12
25	410,599.19	1,997,883.54	81	410,447.75	1,998,065.37	137	410,296.11	1,998,026.33
26	410,601.28	1,997,879.38	82	410,443.60	1,998,069.76	138	410,291.93	1,998,029.02
27	410,601.67	1,997,878.54	83	410,388.83	1,998,121.28	139	410,277.27	1,998,037.30
28	410,621.28	1,997,835.77	84	410,384.01	1,998,125.30	140	410,257.24	1,998,048.61
29	410,622.19	1,997,833.79	85	410,378.74	1,998,128.71	141	410,252.34	1,998,051.83
30	410,623.72	1,997,830.78	86	410,373.09	1,998,131.47	142	410,247.92	1,998,055.68
31	410,626.25	1,997,825.80	87	410,367.16	1,998,133.53	143	410,244.06	1,998,060.10
32	410,630.96	1,997,818.18	88	410,361.03	1,998,134.87	144	410,240.83	1,998,064.99
33	410,636.27	1,997,810.96	89	410,354.78	1,998,135.46	145	410,238.30	1,998,070.28
34	410,642.15	1,997,804.20	90	410,348.50	1,998,135.30	146	410,236.50	1,998,075.86
35	410,648.57	1,997,797.95	91	410,277.24	1,998,129.17	147	410,235.48	1,998,081.64
36	410,698.65	1,997,752.96	92	410,272.43	1,998,128.40	148	410,235.25	1,998,087.50
37	410,703.00	1,997,748.79	93	410,267.79	1,998,126.93	149	410,235.82	1,998,093.34
38	410,707.73	1,997,745.07	94	410,263.40	1,998,124.80	150	410,237.44	1,998,103.14
39	410,712.82	1,997,741.85	95	410,259.38	1,998,122.06	151	410,238.75	1,998,108.70
40	410,718.19	1,997,739.14	96	410,255.81	1,998,118.75	152	410,240.77	1,998,114.03
41	410,723.81	1,997,736.98	97	410,252.75	1,998,114.96	153	410,243.48	1,998,119.05

42	410,729.62	1,997,735.39	98	410,250.28	1,998,110.76	154	410,246.82	1,998,123.67
43	410,752.81	1,997,727.16	99	410,248.46	1,998,106.24	155	410,250.75	1,998,127.81
44	410,737.82	1,997,721.87	100	410,247.31	1,998,101.51	156	410,255.18	1,998,131.40
45	410,726.83	1,997,725.76	101	410,245.68	1,998,091.70	157	410,260.05	1,998,134.37
46	410,720.26	1,997,727.62	102	410,245.24	1,998,086.65	158	410,265.27	1,998,136.68
47	410,713.89	1,997,730.11	103	410,245.57	1,998,081.59	159	410,270.74	1,998,138.27
48	410,707.79	1,997,733.20	104	410,246.66	1,998,076.64	160	410,276.38	1,998,139.14
49	410,702.02	1,997,736.87	105	410,248.49	1,998,071.91	161	410,347.64	1,998,145.26
50	410,696.63	1,997,741.07	106	410,251.03	1,998,067.52	162	410,354.18	1,998,145.48
51	410,691.67	1,997,745.78	107	410,254.20	1,998,063.57	163	410,360.71	1,998,145.01
52	410,641.88	1,997,790.51	108	410,257.93	1,998,060.14	164	410,367.16	1,998,143.85
53	410,634.88	1,997,797.33	109	410,262.15	1,998,057.32	165	410,373.44	1,998,142.03
54	410,628.46	1,997,804.71	110	410,281.04	1,998,046.70	166	410,379.50	1,998,139.56
55	410,622.67	1,997,812.58	111	410,296.82	1,998,037.84			
56	410,617.54	1,997,820.90	112	410,298.70	1,998,036.65			

Coordenadas Caminos polígono 2

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	412,010.11	1,998,003.53	14	411,985.88	1,997,995.06	27	412,002.24	1,998,011.34
2	412,007.89	1,997,999.30	15	411,981.35	1,998,001.59	28	412,002.73	1,998,014.03
3	412,005.07	1,997,995.44	16	411,983.11	1,998,000.69	29	412,009.55	1,998,062.96
4	412,001.74	1,997,992.02	17	411,984.99	1,998,000.10	30	412,014.86	1,998,101.08
5	411,997.94	1,997,989.11	18	411,986.94	1,997,999.82	31	412,015.02	1,998,102.27
6	411,995.94	1,997,987.54	19	411,988.91	1,997,999.87	32	412,017.94	1,998,123.18
7	411,994.24	1,997,985.65	20	411,990.85	1,998,000.25	33	412,018.03	1,998,124.77
8	411,992.88	1,997,983.50	21	411,992.69	1,998,000.95	34	412,028.14	1,998,123.41
9	411,991.90	1,997,981.16	22	411,994.40	1,998,001.94	35	412,027.94	1,998,122.51
10	411,991.33	1,997,978.68	23	411,995.92	1,998,003.20	36	412,024.84	1,998,100.24
11	411,991.19	1,997,976.14	24	411,998.21	1,998,004.82	37	412,024.67	1,998,099.05
12	411,990.51	1,997,981.70	25	411,999.89	1,998,006.46	38	412,012.64	1,998,012.72
13	411,988.79	1,997,988.45	26	412,001.43	1,998,008.72	39	412,011.71	1,998,008.04

Coordenadas Caminos polígono 3

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,705.61	1,998,459.62	20	411,652.43	1,998,294.34	39	411,652.06	1,998,339.57
2	411,711.30	1,998,457.11	21	411,653.35	1,998,291.06	40	411,652.38	1,998,340.74
3	411,708.88	1,998,457.70	22	411,654.79	1,998,287.96	41	411,675.29	1,998,424.83
4	411,706.39	1,998,457.88	23	411,656.69	1,998,285.13	42	411,675.63	1,998,426.09
5	411,703.92	1,998,457.64	24	411,657.95	1,998,283.79	43	411,680.79	1,998,445.02
6	411,701.51	1,998,457.00	25	411,654.70	1,998,285.97	44	411,682.78	1,998,450.74
7	411,699.24	1,998,455.97	26	411,650.04	1,998,289.46	45	411,685.19	1,998,456.29
8	411,697.18	1,998,454.57	27	411,642.31	1,998,294.33	46	411,688.01	1,998,461.65
9	411,695.37	1,998,452.86	28	411,635.01	1,998,298.46	47	411,689.06	1,998,463.92
10	411,693.88	1,998,450.87	29	411,627.08	1,998,301.96	48	411,689.73	1,998,466.34
11	411,692.73	1,998,448.66	30	411,629.59	1,998,301.63	49	411,689.99	1,998,468.83
12	411,690.35	1,998,442.08	31	411,632.11	1,998,301.73	50	411,689.82	1,998,471.33
13	411,684.17	1,998,419.40	32	411,634.59	1,998,302.26	51	411,689.25	1,998,473.77
14	411,683.83	1,998,418.14	33	411,636.94	1,998,303.19	52	411,690.59	1,998,472.25

15	411,661.68	1,998,336.83	34	411,639.10	1,998,304.50	53	411,691.78	1,998,470.80
16	411,661.36	1,998,335.66	35	411,641.01	1,998,306.15	54	411,694.82	1,998,467.16
17	411,652.87	1,998,304.48	36	411,642.61	1,998,308.11	55	411,699.78	1,998,462.99
18	411,652.18	1,998,301.14	37	411,643.87	1,998,310.30			
19	411,652.03	1,998,297.73	38	411,644.74	1,998,312.68			

Coordenadas Caminos polígono 4

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,557.68	1,998,309.12	134	411,207.10	1,998,580.26	267	411,314.49	1,998,586.36
2	411,557.51	1,998,294.89	135	411,210.03	1,998,581.25	268	411,310.39	1,998,585.16
3	411,557.34	1,998,295.66	136	411,213.05	1,998,582.11	269	411,305.99	1,998,584.09
4	411,557.06	1,998,296.39	137	411,216.13	1,998,582.83	270	411,301.35	1,998,583.15
5	411,556.66	1,998,297.07	138	411,219.26	1,998,583.41	271	411,296.52	1,998,582.31
6	411,556.16	1,998,297.69	139	411,222.43	1,998,583.88	272	411,291.57	1,998,581.54
7	411,555.58	1,998,298.21	140	411,225.68	1,998,584.26	273	411,286.54	1,998,580.83
8	411,554.91	1,998,298.64	141	411,229.01	1,998,584.58	274	411,281.51	1,998,580.15
9	411,554.19	1,998,298.95	142	411,232.46	1,998,584.86	275	411,276.52	1,998,579.49
10	411,553.43	1,998,299.15	143	411,236.04	1,998,585.13	276	411,271.60	1,998,578.85
11	411,552.65	1,998,299.23	144	411,239.77	1,998,585.42	277	411,266.78	1,998,578.24
12	411,547.64	1,998,299.33	145	411,243.67	1,998,585.74	278	411,262.06	1,998,577.65
13	411,540.66	1,998,299.46	146	411,247.75	1,998,586.13	279	411,257.48	1,998,577.11
14	411,534.65	1,998,299.60	147	411,252.00	1,998,586.57	280	411,253.05	1,998,576.61
15	411,529.45	1,998,299.74	148	411,256.39	1,998,587.06	281	411,248.81	1,998,576.16
16	411,524.91	1,998,299.92	149	411,260.90	1,998,587.59	282	411,244.75	1,998,575.78
17	411,520.89	1,998,300.15	150	411,265.51	1,998,588.15	283	411,240.92	1,998,575.45
18	411,517.31	1,998,300.43	151	411,270.18	1,998,588.75	284	411,237.29	1,998,575.18
19	411,514.13	1,998,300.77	152	411,274.90	1,998,589.36	285	411,233.85	1,998,574.92
20	411,511.29	1,998,301.18	153	411,279.65	1,998,589.99	286	411,230.58	1,998,574.67
21	411,508.76	1,998,301.65	154	411,284.38	1,998,590.62	287	411,227.48	1,998,574.40
22	411,506.47	1,998,302.18	155	411,289.06	1,998,591.28	288	411,224.53	1,998,574.10
23	411,504.38	1,998,302.80	156	411,293.62	1,998,591.96	289	411,221.71	1,998,573.73
24	411,502.44	1,998,303.49	157	411,298.02	1,998,592.68	290	411,219.01	1,998,573.29
25	411,500.60	1,998,304.26	158	411,302.20	1,998,593.45	291	411,216.43	1,998,572.75
26	411,498.83	1,998,305.13	159	411,306.10	1,998,594.29	292	411,213.96	1,998,572.11
27	411,497.10	1,998,306.11	160	411,309.68	1,998,595.20	293	411,211.63	1,998,571.37
28	411,495.39	1,998,307.23	161	411,312.87	1,998,596.21	294	411,209.44	1,998,570.54
29	411,493.66	1,998,308.50	162	411,315.64	1,998,597.30	295	411,207.42	1,998,569.62
30	411,491.89	1,998,309.94	163	411,318.00	1,998,598.50	296	411,205.58	1,998,568.62
31	411,490.04	1,998,311.56	164	411,320.00	1,998,599.79	297	411,203.92	1,998,567.53
32	411,488.09	1,998,313.38	165	411,321.65	1,998,601.18	298	411,202.48	1,998,566.35
33	411,486.03	1,998,315.41	166	411,323.01	1,998,602.66	299	411,201.24	1,998,565.10
34	411,483.87	1,998,317.61	167	411,324.09	1,998,604.22	300	411,200.21	1,998,563.77
35	411,481.65	1,998,319.93	168	411,324.93	1,998,605.87	301	411,199.37	1,998,562.38
36	411,479.41	1,998,322.32	169	411,325.57	1,998,607.61	302	411,198.69	1,998,560.94
37	411,477.19	1,998,324.74	170	411,326.03	1,998,609.43	303	411,198.17	1,998,559.45
38	411,475.01	1,998,327.13	171	411,326.32	1,998,611.32	304	411,197.80	1,998,557.92
39	411,472.93	1,998,329.45	172	411,326.44	1,998,613.26	305	411,197.54	1,998,556.36

40	411,470.96	1,998,331.65	173	411,326.37	1,998,615.25	306	411,197.39	1,998,554.78
41	411,469.14	1,998,333.68	174	411,326.12	1,998,617.27	307	411,197.34	1,998,553.18
42	411,467.44	1,998,335.59	175	411,325.69	1,998,619.31	308	411,197.43	1,998,551.54
43	411,465.80	1,998,337.39	176	411,325.08	1,998,621.35	309	411,197.71	1,998,549.83
44	411,464.19	1,998,339.15	177	411,324.28	1,998,623.38	310	411,198.22	1,998,548.01
45	411,462.55	1,998,340.88	178	411,323.28	1,998,625.40	311	411,199.02	1,998,546.08
46	411,460.83	1,998,342.64	179	411,322.11	1,998,627.39	312	411,200.14	1,998,543.98
47	411,459.00	1,998,344.45	180	411,320.75	1,998,629.35	313	411,201.65	1,998,541.70
48	411,457.01	1,998,346.37	181	411,319.22	1,998,631.27	314	411,203.58	1,998,539.21
49	411,454.81	1,998,348.41	182	411,317.53	1,998,633.15	315	411,205.97	1,998,536.48
50	411,452.39	1,998,350.58	183	411,315.68	1,998,634.99	316	411,208.80	1,998,533.53
51	411,449.75	1,998,352.86	184	411,313.68	1,998,636.77	317	411,212.02	1,998,530.37
52	411,446.86	1,998,355.23	185	411,311.53	1,998,638.50	318	411,215.61	1,998,527.04
53	411,443.73	1,998,357.69	186	411,309.24	1,998,640.18	319	411,219.51	1,998,523.53
54	411,440.35	1,998,360.22	187	411,306.79	1,998,641.81	320	411,223.70	1,998,519.89
55	411,436.70	1,998,362.81	188	411,304.17	1,998,643.44	321	411,228.12	1,998,516.11
56	411,432.78	1,998,365.44	189	411,301.35	1,998,645.09	322	411,232.75	1,998,512.23
57	411,428.58	1,998,368.11	190	411,298.32	1,998,646.79	323	411,237.55	1,998,508.26
58	411,424.12	1,998,370.82	191	411,295.07	1,998,648.55	324	411,242.47	1,998,504.22
59	411,419.44	1,998,373.57	192	411,291.57	1,998,650.41	325	411,247.49	1,998,500.14
60	411,414.56	1,998,376.39	193	411,287.81	1,998,652.40	326	411,252.58	1,998,496.02
61	411,409.51	1,998,379.27	194	411,283.78	1,998,654.54	327	411,257.69	1,998,491.89
62	411,404.31	1,998,382.22	195	411,279.47	1,998,656.84	328	411,262.80	1,998,487.76
63	411,399.00	1,998,385.26	196	411,274.91	1,998,659.31	329	411,267.88	1,998,483.67
64	411,393.59	1,998,388.39	197	411,270.09	1,998,661.96	330	411,272.88	1,998,479.61
65	411,392.61	1,998,388.90	198	411,265.03	1,998,664.80	331	411,277.79	1,998,475.61
66	411,391.56	1,998,389.23	199	411,259.74	1,998,667.84	332	411,282.72	1,998,471.63
67	411,390.47	1,998,389.39	200	411,254.22	1,998,671.09	333	411,287.77	1,998,467.61
68	411,389.37	1,998,389.37	201	411,248.50	1,998,674.56	334	411,293.05	1,998,463.51
69	411,388.28	1,998,389.16	202	411,242.55	1,998,678.22	335	411,298.69	1,998,459.27
70	411,387.25	1,998,388.77	203	411,236.33	1,998,681.91	336	411,304.78	1,998,454.86
71	411,386.29	1,998,388.22	204	411,229.76	1,998,685.43	337	411,311.45	1,998,450.21
72	411,385.45	1,998,387.52	205	411,222.77	1,998,688.57	338	411,318.81	1,998,445.29
73	411,384.72	1,998,386.68	206	411,215.28	1,998,691.14	339	411,326.90	1,998,440.07
74	411,384.15	1,998,385.74	207	411,207.22	1,998,692.93	340	411,335.54	1,998,434.66
75	411,383.74	1,998,384.72	208	411,198.52	1,998,693.75	341	411,344.44	1,998,429.20
76	411,383.51	1,998,383.64	209	411,189.11	1,998,693.39	342	411,353.35	1,998,423.82
77	411,383.47	1,998,382.67	210	411,180.60	1,998,725.91	343	411,362.00	1,998,418.67
78	411,383.46	1,998,382.80	211	411,186.13	1,998,724.48	344	411,370.12	1,998,413.88
79	411,365.39	1,998,387.81	212	411,191.46	1,998,722.56	345	411,377.45	1,998,409.59
80	411,366.45	1,998,390.09	213	411,196.61	1,998,720.21	346	411,383.72	1,998,405.93
81	411,367.11	1,998,392.50	214	411,201.60	1,998,717.52	347	411,383.73	1,998,405.93
82	411,367.36	1,998,395.00	215	411,206.46	1,998,714.57	348	411,394.02	1,998,399.88
83	411,367.19	1,998,397.50	216	411,211.21	1,998,711.45	349	411,403.05	1,998,394.62
84	411,366.61	1,998,399.93	217	411,215.87	1,998,708.23	350	411,410.95	1,998,390.06
85	411,365.63	1,998,402.24	218	411,220.45	1,998,704.99	351	411,417.87	1,998,386.07

86	411,364.28	1,998,404.35	219	411,224.99	1,998,701.81	352	411,423.94	1,998,382.54
87	411,362.59	1,998,406.21	220	411,229.49	1,998,698.69	353	411,429.31	1,998,379.37
88	411,360.62	1,998,407.76	221	411,233.97	1,998,695.63	354	411,434.11	1,998,376.44
89	411,359.89	1,998,408.24	222	411,238.44	1,998,692.63	355	411,438.50	1,998,373.65
90	411,340.78	1,998,419.59	223	411,242.93	1,998,689.68	356	411,442.58	1,998,370.90
91	411,324.73	1,998,429.53	224	411,247.45	1,998,686.79	357	411,446.39	1,998,368.19
92	411,311.33	1,998,438.22	225	411,252.01	1,998,683.93	358	411,449.94	1,998,365.53
93	411,300.17	1,998,445.85	226	411,256.63	1,998,681.12	359	411,453.22	1,998,362.94
94	411,290.83	1,998,452.59	227	411,261.31	1,998,678.35	360	411,456.25	1,998,360.44
95	411,282.92	1,998,458.61	228	411,266.03	1,998,675.64	361	411,459.04	1,998,358.04
96	411,276.01	1,998,464.11	229	411,270.75	1,998,672.98	362	411,461.59	1,998,355.76
97	411,269.70	1,998,469.24	230	411,275.42	1,998,670.40	363	411,463.91	1,998,353.61
98	411,263.65	1,998,474.17	231	411,280.00	1,998,667.90	364	411,466.01	1,998,351.59
99	411,257.78	1,998,478.93	232	411,284.46	1,998,665.51	365	411,467.93	1,998,349.69
100	411,252.08	1,998,483.55	233	411,288.76	1,998,663.22	366	411,469.71	1,998,347.86
101	411,246.55	1,998,488.03	234	411,292.84	1,998,661.06	367	411,471.41	1,998,346.07
102	411,241.17	1,998,492.40	235	411,296.69	1,998,659.02	368	411,473.07	1,998,344.28
103	411,235.93	1,998,496.66	236	411,300.32	1,998,657.09	369	411,474.72	1,998,342.44
104	411,230.83	1,998,500.85	237	411,303.72	1,998,655.23	370	411,476.43	1,998,340.54
105	411,225.87	1,998,504.97	238	411,306.94	1,998,653.41	371	411,478.24	1,998,338.51
106	411,221.03	1,998,509.04	239	411,309.97	1,998,651.60	372	411,480.17	1,998,336.35
107	411,216.36	1,998,513.03	240	411,312.84	1,998,649.78	373	411,482.20	1,998,334.09
108	411,211.91	1,998,516.95	241	411,315.57	1,998,647.90	374	411,484.30	1,998,331.78
109	411,207.73	1,998,520.76	242	411,318.17	1,998,645.95	375	411,486.42	1,998,329.46
110	411,203.85	1,998,524.45	243	411,320.65	1,998,643.89	376	411,488.54	1,998,327.18
111	411,200.34	1,998,528.00	244	411,323.00	1,998,641.73	377	411,490.61	1,998,324.99
112	411,197.24	1,998,531.40	245	411,325.21	1,998,639.46	378	411,492.59	1,998,322.94
113	411,194.60	1,998,534.63	246	411,327.25	1,998,637.10	379	411,494.45	1,998,321.07
114	411,192.44	1,998,537.67	247	411,329.13	1,998,634.65	380	411,496.17	1,998,319.44
115	411,190.75	1,998,540.54	248	411,330.81	1,998,632.11	381	411,497.75	1,998,318.01
116	411,189.46	1,998,543.28	249	411,332.29	1,998,629.49	382	411,499.24	1,998,316.78
117	411,188.55	1,998,545.89	250	411,333.55	1,998,626.79	383	411,500.66	1,998,315.71
118	411,187.96	1,998,548.41	251	411,334.57	1,998,624.02	384	411,502.05	1,998,314.80
119	411,187.64	1,998,550.86	252	411,335.36	1,998,621.20	385	411,503.44	1,998,314.00
120	411,187.55	1,998,553.26	253	411,335.90	1,998,618.35	386	411,504.85	1,998,313.32
121	411,187.65	1,998,555.64	254	411,336.20	1,998,615.49	387	411,506.33	1,998,312.71
122	411,187.89	1,998,558.01	255	411,336.24	1,998,612.65	388	411,507.91	1,998,312.16
123	411,188.29	1,998,560.37	256	411,336.04	1,998,609.85	389	411,509.63	1,998,311.68
124	411,188.86	1,998,562.69	257	411,335.59	1,998,607.10	390	411,511.56	1,998,311.24
125	411,189.63	1,998,564.96	258	411,334.88	1,998,604.44	391	411,513.74	1,998,310.86
126	411,190.60	1,998,567.15	259	411,333.91	1,998,601.88	392	411,516.23	1,998,310.53
127	411,191.81	1,998,569.26	260	411,332.66	1,998,599.44	393	411,519.09	1,998,310.25
128	411,193.25	1,998,571.25	261	411,331.12	1,998,597.12	394	411,522.37	1,998,310.02
129	411,194.97	1,998,573.11	262	411,329.26	1,998,594.93	395	411,526.12	1,998,309.83
130	411,196.95	1,998,574.83	263	411,327.05	1,998,592.89	396	411,530.43	1,998,309.68
131	411,199.19	1,998,576.41	264	411,324.50	1,998,591.00	397	411,535.50	1,998,309.55

132	411,201.65	1,998,577.83	265	411,321.56	1,998,589.28	398	411,541.57	1,998,309.43
133	411,204.30	1,998,579.12	266	411,318.22	1,998,587.73	399	411,548.89	1,998,309.29
Coordenadas Caminos polígono 5								
Vértice	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**	**Vértice**	**X**	**Y**
1	411,662.25	1,998,201.80	102	411,354.38	1,998,044.21	203	411,256.48	1,997,918.98
2	411,661.41	1,998,200.24	103	411,337.48	1,998,044.89	204	411,252.65	1,997,921.27
3	411,660.84	1,998,198.55	104	411,318.24	1,998,043.20	205	411,249.83	1,997,923.00
4	411,660.56	1,998,196.80	105	411,296.39	1,998,038.46	206	411,249.41	1,997,923.65
5	411,660.40	1,998,196.09	106	411,271.19	1,998,029.83	207	411,201.29	1,997,954.66
6	411,656.49	1,998,180.71	107	411,268.37	1,998,028.65	208	411,192.38	1,997,960.63
7	411,621.70	1,998,124.44	108	411,266.08	1,998,028.04	209	411,183.81	1,997,967.08
8	411,599.82	1,998,088.94	109	411,263.83	1,998,027.50	210	411,175.60	1,997,973.99
9	411,583.72	1,998,062.81	110	411,261.64	1,998,027.03	211	411,167.79	1,997,981.35
10	411,572.44	1,998,044.51	111	411,259.51	1,998,026.63	212	411,160.40	1,997,989.13
11	411,572.43	1,998,044.50	112	411,257.44	1,998,026.28	213	411,158.03	1,997,992.24
12	411,565.00	1,998,032.51	113	411,255.40	1,998,025.99	214	411,156.21	1,997,995.72
13	411,564.97	1,998,032.45	114	411,253.40	1,998,025.75	215	411,155.01	1,997,999.44
14	411,560.43	1,998,025.23	115	411,251.41	1,998,025.57	216	411,154.44	1,998,003.32
15	411,560.32	1,998,025.06	116	411,250.36	1,998,025.43	217	411,154.54	1,998,007.24
16	411,557.69	1,998,021.06	117	411,248.63	1,998,025.31	218	411,155.29	1,998,011.08
17	411,557.42	1,998,020.67	118	411,247.23	1,998,025.36	219	411,156.68	1,998,014.75
18	411,555.74	1,998,018.36	119	411,229.63	1,998,026.23	220	411,158.67	1,998,018.13
19	411,555.42	1,998,017.94	120	411,212.00	1,998,026.57	221	411,163.44	1,998,022.75
20	411,553.88	1,998,016.05	121	411,194.38	1,998,026.39	222	411,168.72	1,998,026.79
21	411,553.53	1,998,015.65	122	411,189.55	1,998,025.71	223	411,174.44	1,998,030.18
22	411,551.95	1,998,013.91	123	411,184.89	1,998,024.28	224	411,180.51	1,998,032.89
23	411,551.53	1,998,013.46	124	411,180.51	1,998,022.14	225	411,186.85	1,998,034.88
24	411,549.90	1,998,011.87	125	411,176.52	1,998,019.33	226	411,193.38	1,998,036.12
25	411,549.38	1,998,011.40	126	411,173.03	1,998,015.93	227	411,200.01	1,998,036.59
26	411,547.68	1,998,009.96	127	411,170.11	1,998,012.02	228	411,216.03	1,998,036.55
27	411,547.08	1,998,009.49	128	411,169.14	1,998,009.54	229	411,232.04	1,998,036.15
28	411,545.29	1,998,008.20	129	411,168.56	1,998,006.95	230	411,248.03	1,998,035.37
29	411,544.62	1,998,007.75	130	411,168.37	1,998,004.30	231	411,249.64	1,998,035.38
30	411,542.74	1,998,006.60	131	411,168.58	1,998,001.65	232	411,251.22	1,998,035.42
31	411,542.02	1,998,006.21	132	411,169.18	1,997,999.06	233	411,252.99	1,998,035.63
32	411,540.01	1,998,005.20	133	411,170.17	1,997,996.59	234	411,254.80	1,998,035.92
33	411,539.27	1,998,004.87	134	411,171.52	1,997,994.29	235	411,255.89	1,998,036.14
34	411,537.12	1,998,004.00	135	411,177.50	1,997,986.97	236	411,257.70	1,998,036.43
35	411,536.41	1,998,003.75	136	411,184.05	1,997,980.15	237	411,259.55	1,998,036.78
36	411,534.11	1,998,003.02	137	411,191.12	1,997,973.87	238	411,261.44	1,998,037.18
37	411,533.47	1,998,002.84	138	411,198.67	1,997,968.18	239	411,263.37	1,998,037.64
38	411,531.03	1,998,002.24	139	411,206.66	1,997,963.11	240	411,265.33	1,998,038.29
39	411,530.48	1,998,002.12	140	411,254.83	1,997,932.06	241	411,267.11	1,998,038.96
40	411,527.89	1,998,001.64	141	411,255.54	1,997,930.77	242	411,267.94	1,998,039.29
41	411,527.42	1,998,001.56	142	411,258.11	1,997,927.18	243	411,293.70	1,998,048.11
42	411,524.69	1,998,001.18	143	411,260.36	1,997,924.31	244	411,316.74	1,998,053.10

43	411,524.30	1,998,001.14	144	411,262.35	1,997,922.08	245	411,337.24	1,998,054.91
44	411,521.43	1,998,000.86	145	411,264.09	1,997,920.37	246	411,355.40	1,998,054.18
45	411,521.11	1,998,000.83	146	411,265.64	1,997,919.11	247	411,371.39	1,998,051.55
46	411,518.11	1,998,000.64	147	411,267.02	1,997,918.18	248	411,385.42	1,998,047.67
47	411,517.85	1,998,000.62	148	411,268.28	1,997,917.50	249	411,397.66	1,998,043.18
48	411,514.72	1,998,000.50	149	411,269.46	1,997,916.95	250	411,408.31	1,998,038.73
49	411,514.51	1,998,000.50	150	411,270.58	1,997,916.48	251	411,417.54	1,998,034.85
50	411,511.26	1,998,000.44	151	411,271.67	1,997,916.05	252	411,425.53	1,998,031.58
51	411,511.09	1,998,000.44	152	411,272.73	1,997,915.67	253	411,432.42	1,998,028.83
52	411,507.72	1,998,000.44	153	411,273.78	1,997,915.34	254	411,438.38	1,998,026.53
53	411,507.55	1,998,000.44	154	411,274.84	1,997,915.06	255	411,443.55	1,998,024.59
54	411,504.09	1,998,000.50	155	411,275.91	1,997,914.83	256	411,448.10	1,998,022.95
55	411,503.91	1,998,000.50	156	411,277.01	1,997,914.66	257	411,452.19	1,998,021.52
56	411,500.38	1,998,000.63	157	411,278.16	1,997,914.54	258	411,455.96	1,998,020.23
57	411,500.18	1,998,000.63	158	411,279.36	1,997,914.48	259	411,459.57	1,998,019.00
58	411,496.62	1,998,000.83	159	411,280.59	1,997,914.47	260	411,463.04	1,998,017.83
59	411,496.40	1,998,000.85	160	411,281.86	1,997,914.52	261	411,466.43	1,998,016.73
60	411,492.82	1,998,001.13	161	411,283.14	1,997,914.63	262	411,469.75	1,998,015.71
61	411,492.58	1,998,001.15	162	411,284.43	1,997,914.81	263	411,473.04	1,998,014.76
62	411,489.01	1,998,001.51	163	411,285.70	1,997,915.05	264	411,476.33	1,998,013.91
63	411,488.74	1,998,001.54	164	411,286.95	1,997,915.36	265	411,479.66	1,998,013.14
64	411,485.21	1,998,002.00	165	411,288.16	1,997,915.74	266	411,483.04	1,998,012.48
65	411,484.91	1,998,002.05	166	411,289.32	1,997,916.19	267	411,486.50	1,998,011.92
66	411,481.44	1,998,002.61	167	411,290.44	1,997,916.72	268	411,490.03	1,998,011.46
67	411,481.11	1,998,002.67	168	411,291.53	1,997,917.30	269	411,493.59	1,998,011.10
68	411,477.73	1,998,003.33	169	411,292.59	1,997,917.95	270	411,497.17	1,998,010.82
69	411,477.41	1,998,003.40	170	411,293.63	1,997,918.66	271	411,500.74	1,998,010.62
70	411,474.09	1,998,004.16	171	411,294.67	1,997,919.42	272	411,504.26	1,998,010.49
71	411,473.81	1,998,004.23	172	411,295.71	1,997,920.23	273	411,507.72	1,998,010.44
72	411,470.52	1,998,005.09	173	411,296.09	1,997,920.53	274	411,511.08	1,998,010.44
73	411,470.28	1,998,005.15	174	411,298.22	1,997,915.84	275	411,514.33	1,998,010.49
74	411,466.99	1,998,006.10	175	411,297.33	1,997,915.16	276	411,517.46	1,998,010.62
75	411,466.80	1,998,006.15	176	411,296.19	1,997,914.34	277	411,520.46	1,998,010.81
76	411,463.48	1,998,007.18	177	411,295.01	1,997,913.56	278	411,523.32	1,998,011.09
77	411,463.34	1,998,007.22	178	411,293.78	1,997,912.83	279	411,526.05	1,998,011.47
78	411,459.95	1,998,008.32	179	411,292.51	1,997,912.15	280	411,528.64	1,998,011.95
79	411,459.86	1,998,008.35	180	411,291.19	1,997,911.54	281	411,531.09	1,998,012.55
80	411,456.38	1,998,009.52	181	411,289.80	1,997,911.01	282	411,533.38	1,998,013.28
81	411,456.34	1,998,009.54	182	411,288.35	1,997,910.56	283	411,535.53	1,998,014.14
82	411,452.74	1,998,010.76	183	411,286.85	1,997,910.19	284	411,537.54	1,998,015.15
83	411,452.72	1,998,010.77	184	411,285.31	1,997,909.91	285	411,539.43	1,998,016.30
84	411,448.94	1,998,012.07	185	411,283.76	1,997,909.70	286	411,541.22	1,998,017.59
85	411,448.89	1,998,012.09	186	411,282.21	1,997,909.56	287	411,542.91	1,998,019.03
86	411,444.80	1,998,013.51	187	411,280.68	1,997,909.50	288	411,544.54	1,998,020.62
87	411,444.71	1,998,013.55	188	411,279.19	1,997,909.50	289	411,546.12	1,998,022.36
88	411,440.16	1,998,015.19	189	411,277.75	1,997,909.58	290	411,547.66	1,998,024.25

89	411,440.06	1,998,015.23	190	411,276.38	1,997,909.72	291	411,549.34	1,998,026.55
90	411,434.88	1,998,017.16	191	411,275.07	1,997,909.92	292	411,551.96	1,998,030.55
91	411,434.77	1,998,017.20	192	411,273.79	1,997,910.19	293	411,556.50	1,998,037.77
92	411,428.82	1,998,019.50	193	411,272.54	1,997,910.51	294	411,563.93	1,998,049.76
93	411,428.71	1,998,019.54	194	411,271.30	1,997,910.89	295	411,575.20	1,998,068.05
94	411,421.82	1,998,022.29	195	411,270.06	1,997,911.34	296	411,591.30	1,998,094.19
95	411,421.73	1,998,022.32	196	411,268.79	1,997,911.83	297	411,613.19	1,998,129.70
96	411,413.75	1,998,025.60	197	411,267.49	1,997,912.38	298	411,641.83	1,998,176.12
97	411,413.67	1,998,025.63	198	411,266.13	1,997,913.00	299	411,643.77	1,998,180.97
98	411,404.44	1,998,029.51	199	411,264.67	1,997,913.74	300	411,646.84	1,998,191.03
99	411,394.01	1,998,033.87	200	411,263.05	1,997,914.69	301	411,651.45	1,998,206.45
100	411,382.36	1,998,038.14	201	411,261.21	1,997,915.91			
101	411,369.24	1,998,041.77	202	411,259.10	1,997,917.48			

Coordenadas Caminos polígono 6

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	411,989.60	1,997,919.87	49	412,341.86	1,997,793.26	97	412,328.58	1,997,797.49
2	412,002.15	1,997,928.15	50	412,346.56	1,997,785.54	98	412,325.02	1,997,806.43
3	412,005.57	1,997,920.34	51	412,351.89	1,997,778.24	99	412,298.06	1,997,884.11
4	412,009.64	1,997,912.85	52	412,357.80	1,997,771.40	100	412,294.23	1,997,891.55
5	412,014.33	1,997,905.74	53	412,364.27	1,997,765.09	101	412,289.80	1,997,898.64
6	412,015.80	1,997,903.71	54	412,371.24	1,997,759.33	102	412,284.78	1,997,905.33
7	412,022.71	1,997,895.32	55	412,378.66	1,997,754.18	103	412,279.21	1,997,911.58
8	412,030.09	1,997,887.35	56	412,386.49	1,997,749.66	104	412,273.13	1,997,917.33
9	412,037.93	1,997,879.83	57	412,394.66	1,997,745.80	105	412,266.59	1,997,922.55
10	412,046.19	1,997,872.77	58	412,447.99	1,997,727.86	106	412,259.63	1,997,927.19
11	412,050.86	1,997,870.29	59	412,454.23	1,997,725.14	107	412,252.30	1,997,931.23
12	412,055.80	1,997,868.42	60	412,460.16	1,997,721.79	108	412,244.66	1,997,934.64
13	412,060.94	1,997,867.19	61	412,465.48	1,997,718.01	109	412,236.76	1,997,937.38
14	412,066.19	1,997,866.61	62	412,462.75	1,997,707.11	110	412,228.65	1,997,939.45
15	412,071.47	1,997,866.69	63	412,461.70	1,997,708.15	111	412,220.40	1,997,940.83
16	412,076.70	1,997,867.44	64	412,456.42	1,997,712.25	112	412,212.06	1,997,941.51
17	412,081.79	1,997,868.84	65	412,450.70	1,997,715.69	113	412,204.31	1,997,941.17
18	412,086.67	1,997,870.86	66	412,444.61	1,997,718.45	114	412,196.60	1,997,940.22
19	412,091.26	1,997,873.49	67	412,415.95	1,997,728.09	115	412,189.00	1,997,938.68
20	412,095.48	1,997,876.67	68	412,414.29	1,997,728.50	116	412,181.54	1,997,936.55
21	412,099.26	1,997,880.35	69	412,412.57	1,997,728.61	117	412,174.26	1,997,933.85
22	412,132.30	1,997,915.86	70	412,410.86	1,997,728.43	118	412,167.22	1,997,930.59
23	412,139.67	1,997,922.52	71	412,409.21	1,997,727.96	119	412,160.45	1,997,926.79
24	412,147.42	1,997,928.72	72	412,407.66	1,997,727.21	120	412,154.64	1,997,922.44
25	412,155.54	1,997,934.43	73	412,406.27	1,997,726.21	121	412,149.11	1,997,917.73
26	412,162.89	1,997,938.63	74	412,405.06	1,997,724.99	122	412,143.91	1,997,912.67
27	412,170.56	1,997,942.21	75	412,404.08	1,997,723.57	123	412,106.52	1,997,874.04
28	412,178.51	1,997,945.12	76	412,403.36	1,997,722.01	124	412,102.08	1,997,869.43
29	412,186.67	1,997,947.37	77	412,401.21	1,997,716.06	125	412,097.11	1,997,865.40
30	412,194.99	1,997,948.92	78	412,391.86	1,997,719.60	126	412,091.67	1,997,862.03
31	412,203.41	1,997,949.77	79	412,393.83	1,997,725.05	127	412,085.86	1,997,859.35

32	412,211.88	1,997,949.91	80	412,394.26	1,997,726.65	128	412,079.76	1,997,857.42
33	412,220.53	1,997,949.57	81	412,394.42	1,997,728.31	129	412,073.46	1,997,856.26
34	412,229.13	1,997,948.51	82	412,394.31	1,997,729.97	130	412,067.07	1,997,855.89
35	412,237.60	1,997,946.74	83	412,393.92	1,997,731.58	131	412,060.69	1,997,856.32
36	412,245.90	1,997,944.27	84	412,393.27	1,997,733.11	132	412,054.40	1,997,857.53
37	412,253.97	1,997,941.12	85	412,392.37	1,997,734.51	133	412,048.32	1,997,859.52
38	412,261.74	1,997,937.31	86	412,391.26	1,997,735.75	134	412,042.53	1,997,862.25
39	412,269.18	1,997,932.86	87	412,389.95	1,997,736.78	135	412,037.13	1,997,865.67
40	412,276.21	1,997,927.81	88	412,388.50	1,997,737.58	136	412,028.92	1,997,872.48
41	412,282.80	1,997,922.20	89	412,379.87	1,997,741.86	137	412,021.21	1,997,879.84
42	412,288.90	1,997,916.05	90	412,371.63	1,997,746.82	138	412,014.02	1,997,887.72
43	412,294.47	1,997,909.42	91	412,363.81	1,997,752.43	139	412,007.41	1,997,896.09
44	412,299.47	1,997,902.34	92	412,356.47	1,997,758.66	140	412,001.39	1,997,904.89
45	412,303.86	1,997,894.88	93	412,349.67	1,997,765.47	141	411,998.52	1,997,909.74
46	412,307.61	1,997,887.08	94	412,343.44	1,997,772.80	142	411,995.17	1,997,914.27
47	412,334.46	1,997,809.73	95	412,337.82	1,997,780.62	143	411,991.40	1,997,918.46
48	412,337.81	1,997,801.34	96	412,332.86	1,997,788.87			

En el anexo 03_AP_Shp_kmz_coordenadas se incluyen los archivos en formato shapefile, kmz, kml, coordenadas en Excel y csv del área del Proyecto.

Criterios de diseño de procesos

La planta de procesamiento diseñada para el Proyecto tendrá una capacidad nominal de 2,000 t/d. El plan de mina actual, desarrollado para el Proyecto, se basa en una producción anual de 365 días, con un total de 6.57 millones de toneladas de material mineral durante 11 años. La producción aumentará gradualmente hasta 730,000 toneladas de material mineral al año para el segundo año, y continúa a ese ritmo hasta el onceavo año.

Para el diseño, se utiliza una disponibilidad general del molino del 92 %, y para la trituradora primaria y secundaria, la disponibilidad es del 75%. Estas disponibilidades de diseño son comunes para proyectos actuales y recientes, y se ajustan a las especificaciones generales de los proveedores. Para simplificar, la «disponibilidad» se define como el tiempo de funcionamiento real estimado del equipo. La nomenclatura y los parámetros de seguimiento pueden variar de una operación a otra.

La planta de procesamiento se diseñó con base en la ley de oro, el contenido de sulfuro-azufre, el contenido de arsénico y la extracción de masa, como se muestra en la siguiente tabla. Según el programa de la mina, la recuperación másica promedio por flotación sería del 12.7 %. Se espera que la recuperación másica promedio anual más alta se produzca en el tercer año, con un 15.5 %. Estas cifras no estaban disponibles durante el diseño de la planta, por lo que la recuperación másica de diseño se fijó en un 20 %, que fue el promedio de los dos compuestos analizados para este estudio. Sin embargo, es posible que las extracciones de masa instantáneas o incluso diarias superen el 15.5 %, por lo que la planta debería ser capaz de absorber estos aumentos repentinos.

Tabla 74. Leyes de cabeza promedio de la vida de la mina y recuperaciones.

Parámetro	Cabeza	Recuperación por Flotación, %	Recuperación general, %
Oro, g/t	5.4	95	90
Azufre Sulfurado, %	2.59	96	—

Arsénico, %	1.74	97	—
Recuperación Másica Promedio, %	—	12.7	—

En la siguiente figura se muestra el diagrama de flujo general de procesos.

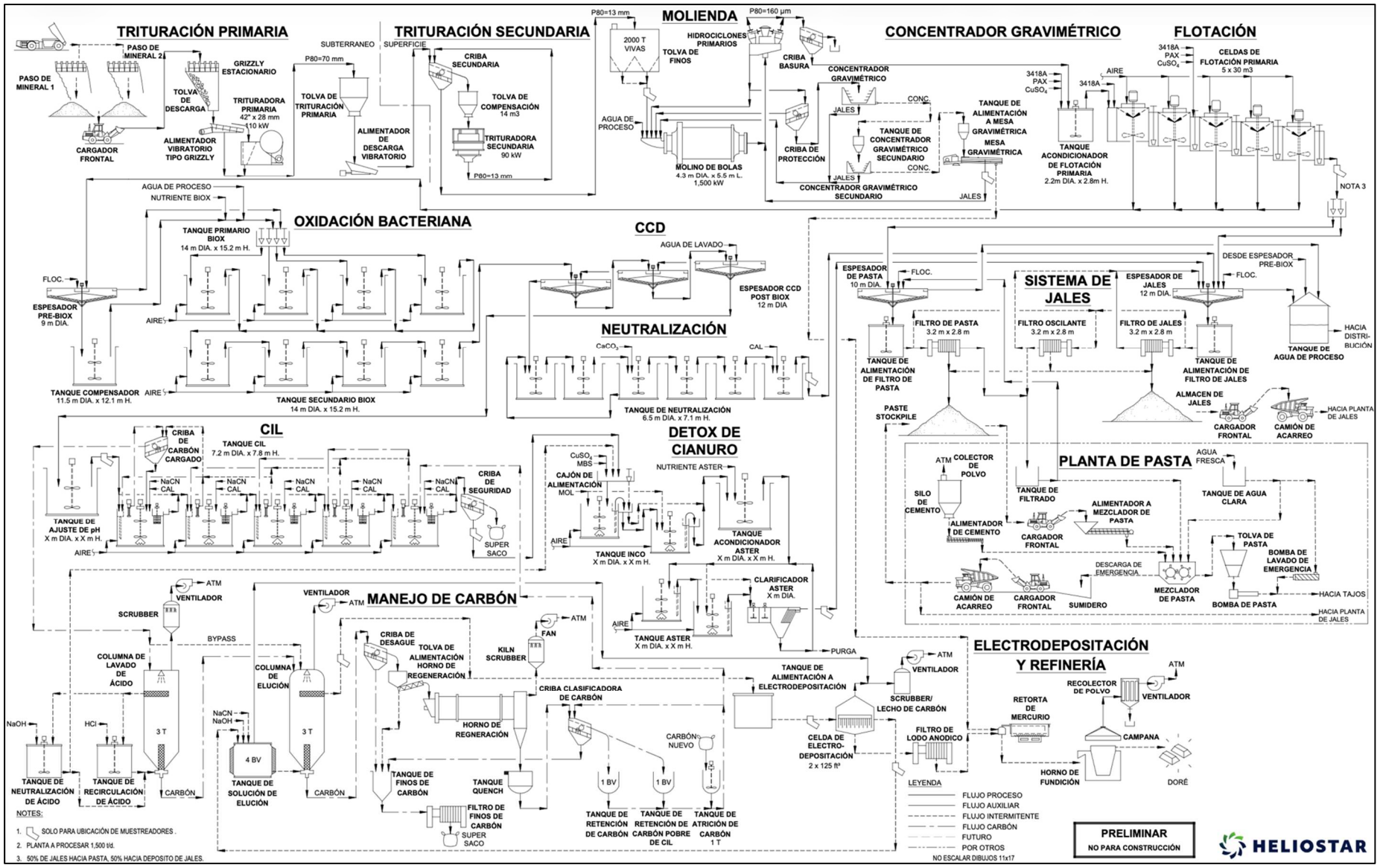


Figura 14. Diagrama de flujo general de procesos.

En la siguiente tabla se muestran los criterios generales de diseño de procesos.

Tabla 75. Criterios de diseño de procesos.

Descripción	Diseño
Capacidad	
Toneladas por día, nominal	2,000
Toneladas por año	730,000
Mineral SG	2.7
Disponibilidad	
General	92%
Trituración primaria	75%
Trituración secundaria	75%
Trituración primaria	
Alimentación F80, mm	300
Producto P80, mm	80
Índice de trabajo por trituración Bond, kWh/t	13
Trituración secundaria	
Alimentación F80, mm	68
Producto P80, mm	13
Índice de trabajo de trituración por impacto Bond, kWh/t, promedio (percentil 80)	15.0 (17.3)
Molienda con molino de bolas	
Alimentación F80, mm	13
Producto P80, micras	160
Índice de trabajo de molienda Bond, kWh/t, percentil 80	22.1
Índice de abrasión de enlaces, g, promedio	0.397
Flotación	
Tiempo mínimo de flotación de laboratorio, min	22
Factor de retención de aire	1.15
Factor de escalamiento	2.5
Tiempo mínimo de flotación de la planta, min	55
Extracción másica de diseño	20%
Oxidación biológica (BIOX®)	
Densidad de la pulpa, % de sólidos	15
Temperatura, mínima, °C (°F)	42 (107.6)
Tiempo de oxidación, d	6 - 8
Oxidación sulfuro-azufre, %	≥ 90
Cianuración (Carbon-en-lixiviación)	
Tiempo de Lixiviación, h	24
% de sólidos	40 - 45

I.6.5.4 Operación y/o mantenimiento

Operación

En los siguientes apartados se describe la forma en la cual operará el Proyecto.

Trituración Primaria y Secundaria

El mineral directamente de la mina (ROM), sin procesar ni clasificar se depositará en superficie en una pila de mineral (ROM). El material será transferido por un cargador frontal desde la pila de mineral hasta la trituradora primaria a través de un grizzly estacionario. La trituración primaria se realizará mediante

una trituradora de quijada Metso C106 o equivalente, con una abertura de 1,067 mm por 711 mm y accionada por un motor de 75 kW. El material triturado se transportará entonces al almacén de mineral de la trituradora primaria, que tendrá una capacidad viva de 2,000 toneladas, equivalente a un día de alimentación del molino a capacidad nominal.

El material triturado por la trituradora primaria se reclamará mediante un túnel de recuperación bajo el almacén de mineral, con dos alimentadores de reclamo hacia la banda transportadora de alimentación de trituración secundaria, que luego alimentará el material a una criba secundaria. El sobre tamaño de las cribas secundarias fluirán por gravedad hacia una tolva, que alimentará la trituradora secundaria – una trituradora de cono Metso HP200e o equivalente. El producto de la trituradora secundaria volverá a la criba secundaria y completará el circuito. El fino de la criba secundaria se trasportará mediante bandas a un depósito de materiales finos (capacidad de 2,000 toneladas en carga viva).

La supresión del polvo se realizará mediante rociado de agua en la tolva de descarga de la trituradora, la trituradora de quijada y en los puntos de descarga de los alimentadores. Una báscula de banda se incluirá en la banda transportadora de alimentación del molino de bolas tras los alimentadores.

Molienda

El circuito de molienda del Proyecto consistirá en un molino de bolas en circuito cerrado con un conjunto de hidrociclones. El material triturado se alimentará desde la tolva de finos mediante una banda transportadora hasta el molino de bolas; las dimensiones del molino de bolas serán de 5.0 metros de diámetro por 7.9 metros de longitud efectiva de molienda (EGL), accionado por un motor de velocidad fija de 3,356 kW (4,500 hp). El molino de bolas también recibirá el bajoflujo del hidrociclón, que proporciona la mayor parte, si no toda, del agua necesaria para la molienda.

El molino de bolas descargará por gravedad a un sumidero, que funcionará como la caja de la bomba de alimentación a ciclones. La pulpa se bombeará desde el sumidero a un conjunto de tres hidrociclones de 20 pulgadas (2 funcionando y 1 en espera) mediante una de dos bombas de pulpa de 75 kW (100 hp) (1 en funcionamiento, 1 en espera). Ambos motores serán controlados por variadores de frecuencia variable de media tensión.

El bajo flujo del grupo de ciclones fluirá por gravedad al molino de bolas. El rebose del ciclón constituye el producto final del circuito de molienda y se alimentará al circuito de flotación. El tamaño objetivo de distribución es un 80 % pasando 160 micrómetros.

Concentración gravimétrica

Una fracción del bajo flujo del hidrociclón se procesará para recuperar oro mediante concentradores centrífugos gravimétricos de dos etapas. El concentrado gravimétrico se enriquece aún más en la refinería mediante una mesa vibratoria. El concentrado de gravimétrico final se mezclará con los lodos de electrodeposición antes de la fundición.

Según los resultados de las pruebas, aproximadamente el 40 % del oro será recuperable por concentración gravimétrica. En el diseño, el 36 % de la carga circulante se tratará en la sección de concentración gravimétrica de la planta. Esto corresponde a aproximadamente el 20 % del oro recuperado por el circuito de gravimétrico.

Los concentradores gravimétricos serán concentradores gravimétricos centrífugos, alimentados desde el bajo flujo de una criba vibratoria. La máquina funcionará en modo semicontinuo, en un ciclo establecido, para concentrar y luego descargar los materiales pesados a la siguiente etapa de

tratamiento. Los jales de la operación de gravimétrica se devuelven al chute de alimentación del molino de bolas con el bajo flujo del ciclón.

Flotación

Los sulfuros presentes en el material extraído se flotarán a su pH natural utilizando amil-xantato de potasio (PAX) como colector, sulfato de cobre como activador y F131A o similar como espumante.

El tiempo promedio de flotación rougher en laboratorio, determinado durante varias pruebas a escala de laboratorio, será de 22 minutos. Con un factor de escalamiento de 2.5, una retención de aire del 15 % y un 30 % de sólidos, esto requerirá 55 minutos de tiempo de residencia en planta. Esto requerirá de 6 celdas de flotación de 70 m³.

La flotación de sulfuros se realizará en una sola etapa de flotación rougher. El rebose del ciclón se enviará primero a un tanque de acondicionamiento de 8 m³ y luego a un banco de seis celdas tanque de flotación de 70 m³. Cada mecanismo de celda de flotación será accionado por un motor de 75 kW (100 hp) mediante un reductor de engranajes. El aire de flotación será suministrado por un soplador de 150 kW (200 hp).

El concentrado de flotación se bombeará al espesador de concentrado para su preparación para la biooxidación.

El concentrado de flotación se bombeará al espesador de concentrado en preparación para la biooxidación.

Espesamiento y filtración de jales

La pulpa de jales de flotación se dividirá en dos flujos, y se bombeará a dos espesadores separados. Un espesador más pequeño (espesador de alta velocidad de 12 m de diámetro) espesará 38 t/h de jales de flotación que alimentarán la planta de pasta, mientras que un espesador más grande (espesador de alta velocidad de 15 m de diámetro) espesará el resto de los jales de flotación combinado con los residuos de lixiviación y los residuos de neutralización de licor BIOX hasta obtener aproximadamente entre un 50 y 55% de sólidos.

Los bajo flujos de los dos espesadores serán tratados mediante filtros prensa de cavidad reprimida. Tres filtros prensa de tamaño idéntico conformarán la planta de filtración, con un filtro prensa dedicado para cada flujo espesado y una tercera filtro prensa en el centro que actúa como repuesto para cualquiera de las dos.

Los jales de flotación filtrados se transferirán al stock de alimentación de la planta de pasta. Los residuos combinados de flotación filtrada y BIOX se enviarán a la instalación de almacenamiento de jales filtrados para su depósito final.

Espesamiento de concentrado

El concentrado del circuito de flotación rougher se deshidratará en el espesador de alta velocidad de 9 m de diámetro hasta alcanzar una densidad de pulpa del 55 % de sólidos. Se añadirá floculante a la alimentación del espesador para facilitar la sedimentación. La velocidad de extracción de sólidos sedimentados se controlará mediante una de las dos bombas de bajoflujo (una en funcionamiento y otra en espera) para mantener la densidad del bajoflujo del espesador o la carga de sólidos. Cada bomba

estará accionada por un motor de 7,5 kW (10 hp) con un controlador de frecuencia variable para suministrar pulpa a un caudal máximo nominal de 37 m³/h.

El sobreflujo del espesador de concentrado se bombeará al tanque de recuperación de la solución mediante dos bombas centrífugas horizontales de velocidad fija, una en funcionamiento y otra en espera, cada una accionada por un motor de 7,5 kW (10 hp) con una capacidad nominal de 35 m³/h.

El espesador de concentrado de alta velocidad está montado sobre estructura de acero sobre cimientos. Un área de contención de hormigón con losa sobre el terreno y muros de concreto contendrán los escurrimientos pluviales y los derrames del proceso. El piso tendrá una pendiente que conduce a sumideros que bombearán los líquidos y sólidos contenidos de vuelta al proceso.

Diagrama de flujo de oxidación biológica (BIOX)

Aproximadamente el 38% del oro en el material del Proyecto es refractario, estando encapsulado en pirita, arsenopirita y pirita arsenical. Sin oxidación, solo alrededor del 62% se recuperará por cianuración directa, incluso tras moler finamente hasta obtener un material 80% pasando 10 micrómetros. La planta utilizará oxidación biológica (biooxidación), empleando la tecnología patentada BIOX® de Metso.

El circuito de biooxidación tendrá un total de ocho reactores BIOX configurados como 4 reactores primarios en paralelo, con el producto oxidado combinado que se desbordará en 4 reactores secundarios que operarán en serie.

El circuito de neutralización tendrá un total de 6 reactores operando en serie. Este circuito tendrá el control de pH configurado a un pH de 5 en el Tanque 3 con un ajuste final a un pH de 7 en los Tanques 5 y 6.

Las pulpas de proceso que emanan del proceso BIOX son ácidas y corrosivas, por lo que la elección del material correcto para la construcción es una consideración importante en el diseño del circuito. Además, las piezas de proceso relacionadas y equipo de apoyo, como bombas, tuberías, válvulas y componentes de instrumentación, deben considerarse cuidadosamente. Para la filosofía de diseño de proceso del circuito BIOX de Ana Paula, se seleccionó un acero inoxidable dúplex. A continuación, se presenta una descripción general del proceso del circuito BIOX.

- **Sección de alimentación BIOX. El bajo flujo del espesador de concentrado de flotación se bombeará al tanque de compensación BIOX. Una criba de basura, instalada antes del circuito de flotación, eliminará todas las astillas de madera y los restos presentes en la pulpa de alimentación de flotación. El tanque de compensación estará equipado con un agitador y tendrá un tiempo de retención total de 60 horas a la tasa de alimentación de concentrado de diseño de 340 t/d. Esto también permite mantener una alimentación constante al circuito en caso de una parada aguas arriba, así como suavizar las variaciones de ley del concentrado antes de la alimentación.**

  El concentrado se alimentará a los reactores primarios de BIOX mediante una bomba de alimentación de velocidad variable. Se instalará una bomba de alimentación de reserva. El concentrado se diluirá automáticamente hasta alcanzar una densidad fija de pulpa inyectando agua de proceso en la línea de succión de la bomba a través de una válvula de control de agua. El caudal másico hacia los reactores primarios se basará en mediciones registradas con un flujometro magnético en combinación con un densitómetro situado en la línea de alimentación. El caudal másico se controlará hasta un punto establecido variando la velocidad de la bomba de

alimentación BIOX. Se instalará una bomba de derrame de la alimentación BIOX con derrames desde la zona de concentrado que reporta de vuelta al tanque de sobretensión BIOX.

- **Sección del reactor BIOX**. La sección de biooxidación de la planta del Proyecto consistirá en cuatro reactores principales que operan en paralelo y cuatro secundarios en serie. La pulpa concentrada diluida será bombeada por la bomba de alimentación BIOX a un muestreador de flujo de pulpa donde se tomará una muestra representativa para fines contables. Las colas del muestreador gravitarán hacia el divisor de alimentación, que estará diseñado para dividir el flujo con precisión en cuatro flujos, con la posibilidad de un quinto flujo que reporte al primer reactor secundario. La solución nutritiva también se introducirá al divisor de alimento desde el tanque dosificador mediante la bomba dosificadora.

  La pulpa combinada fluirá entonces a los cuatro reactores primarios que operan en paralelo. Los reactores primarios se desbordarán a través de tuberías ascendentes hacia canaletas que transportarán el concentrado semioxidado al primer reactor secundario. La pulpa fluirá por gravedad desde el primer reactor secundario hasta el segundo, tercer y cuarto (final) reactor secundarios. Canaletas de derivación permitirán desconectar cualquiera de los reactores para su mantenimiento. La canaleta primaria combinada estará equipada con válvulas de compuerta neumáticas para dirigir el flujo de la pulpa entre el primer y el segundo reactor secundario.

  El cultivo de BIOX se mantendrá activo en los reactores controlando las condiciones de la pulpa dentro de rangos específicos. Los reactores estarán equipados con un serpentín de refrigeración a través de los cuales circulará el agua de refrigeración. La temperatura de la pulpa se controlará automáticamente a 42 °C (107.6 °F) mediante válvulas de control de temperatura en los colectores de entrada a los serpentines de refrigeración de cada reactor. Las reacciones de oxidación son altamente exotérmicas, por lo que será necesario enfriar la pulpa.

  El oxígeno necesario para la oxidación de sulfuros se suministrará mediante aire, y se inyectará aire soplado de baja presión en los reactores mediante anillos de burbujeo instalados debajo de las turbinas agitadoras. Los agitadores del reactor BIOX son agitadores especializados, diseñados para la dispersión eficiente del aire y así lograr altas tasas de transferencia de masa de oxígeno.

  El pH de la pulpa se controlará entre 1.1 y 1.7 mediante adiciones temporizadas de pulpa de piedra caliza desde un anillo principal de piedra caliza. El producto BIOX oxidado del reactor secundario final se depositará por gravedad en el primer tanque de mezcla entre etapas del circuito espesador de decantación a contracorriente (CCD). La naturaleza corrosiva de la pulpa BIOX requiere la instalación de regaderas de emergencia en el área de biooxidación. Estas regaderas deben estar ubicadas tanto sobre el reactor como a nivel del suelo.

  Se instalará un sistema de pulverización de antiespumante para pulverizar reactivos antiespumantes diluidos sobre la superficie de los reactores BIOX. La velocidad de alimentación de la solución antiespumante diluida al sistema se controlará ajustando la tasa de adición de la solución antiespumante concentrada, así como el caudal volumétrico de la solución antiespumante diluida a cada reactor.

- **Sección de decantación de contracorrienete (CCD)**. Durante la biooxidación de concentrados de flotación, se solubilizan hierro, azufre y arsénico. Estas sustancias se lavarán del producto BIOX en una serie de tres espesadores CCD. El producto BIOX fluirá por gravedad hacia el primer tanque de mezcla entre etapas y se mezclará con el sobreflujo del segundo espesador CCD. Los tanques de mezcla entre etapas están equipados con agitadores para ayudar en el lavado concentrado. La solución de floculante también se introducirá a la cámara de alimentación del espesador y/o al tanque de mezcla entre etapas de espesadores CCD. La solución de

sobreflujo del primer espesador fluirá hacia un tanque de sobreflujo y luego será bombeada al primer tanque de neutralización por las bombas de solución ácida. El bajo flujo del primer espesador será bombeado por las bombas de bajo flujo del espesador al tanque de mezcla entre etapas antes del segundo espesador CCD.

El agua de lavado se bombeará al tanque de mezcla entre etapas antes del tercer espesador CCD. El bajo flujo del segundo espesador se mezclará con agua de lavado en el tanque de mezcla entre etapas del último espesador CCD. La pulpa puede volver a flocularse antes de que fluya hacia la cámara de alimentación (o en la propia cámara de alimentación) del tercer espesador. El sobreflujo de este espesador fluirá a través de un lavado hasta el tanque de mezcla entre etapas antes del segundo espesador.

El bajo flujo del tercer espesador será bombeado por las bombas de bajo flujo del espesador hacia el(los) tanque(s) de ajuste de pH para aumentar el pH de la pulpa hasta 11. Se instalarán regaderas de emergencia en la zona de espesadores CCD. El derrame generado en esta zona fluirá hacia el sumidero derrame CCD, desde donde será bombeado a los tanques mezcladores inter-etapas de los espesadores CCD segundo o tercero por la bomba de derrame CCD.

- **Neutralización**. La solución ácida del CCD se bombeará al primer o segundo tanque de neutralización (a través de la caja de alimentación/distribuidor de neutralización) mediante la bomba de solución ácida. La solución fluirá a través de seis tanques de neutralización. La primera adición de piedra caliza se añadirá al segundo y/o tercer tanque de neutralización, y la adición de cal se añadirá al quinto (y sexto) tanque de neutralización, de modo que la pulpa que salga del circuito de neutralización (tanque 6) tenga un pH de 7. Los tanques de neutralización se agitarán y airearán. El efluente fluirá de un tanque al siguiente a través de canaletas. Estas canaletas estarán dispuestas de forma que se pueda desviar cualquier tanque para su mantenimiento.

  Se instalarán dos bombas de reciclaje para extraer el efluente del tercer o cuarto tanque y reciclarlo al primero. Esto permitirá un uso eficiente de la caliza en todo el circuito.

  La experiencia en otras operaciones de BIOX ha demostrado que el reciclaje también permite la formación de un perfil de pH más progresivo y estable en los tanques de neutralización. El efluente neutralizado fluirá desde el último tanque de neutralización hasta la siguiente área de procesamiento. Los derrames generados en el área de neutralización se lavarán al sumidero de neutralización, desde donde se bombearán al primero o al segundo tanque de neutralización mediante una caja de distribución. Se instalarán regaderas de emergencia en la zona.

- **Preparación de reactivos**. Los nutrientes son esenciales para el crecimiento y la reproducción bacteriana. Se añadirá nitrógeno, potasio y fósforo (N, P, K) a la pulpa de alimentación BIOX en el separador de alimento como una solución al 15 % (p/v) de sulfato de amonio, fosfato de potasio y fosfato monoamónico. Estos reactivos también pueden recibirse como fertilizante en polvo premezclado. Los nutrientes se prepararán en el tanque de reposición de nutrientes, equipado con un agitador.

  Se instalará una tolva de alimentación de nutrientes (con un rompedor de bolsas) para alimentar los reactivos en el tanque de reposición de nutrientes. La grúa de nutrientes se utilizará para elevar las bolsas de reactivos. La solución nutritiva se bombeará desde el tanque de reposición de nutrientes hasta el tanque de dosificación de nutrientes mediante la bomba de transferencia de nutrientes. La solución nutritiva se introducirá en el separador de alimento BIOX mediante la bomba dosificadora de nutrientes. Se instalará una regadera de emergencia en el área de

reposición de reactivos. Los derrames generados en la zona se bombearán al tanque de reposición de nutrientes mediante la bomba de derrames de nutrientes.

El floculante para los espesadores CCD se preparará en la unidad de reposición de floculante CCD. La solución floculante se bombeará desde el tanque de reposición hasta el tanque de almacenamiento mediante la bomba de transferencia de floculante. Las bombas dosificadoras de floculante bombearán la solución floculante desde el tanque de almacenamiento hasta las cámaras de alimentación del espesador CCD o los tanques de mezcla entre etapas de los espesadores CCD. Una bomba funcionará como unidad de reserva. Se utilizará una inyección de agua en línea para diluir el floculante concentrado. Los derrames generados en la zona de reposición de floculante se bombearán al primer tanque de rebose del espesador CCD o al tanque de mezcla CCD 1 mediante la bomba de derrames CCD.

La lechada de piedra caliza se bombeará al tanque de almacenamiento de piedra caliza desde la zona de reposición. La lechada de caliza se dosificará a los tanques de BIOX y neutralización mediante un sistema de anillo principal. La lechada de cal se bombeará al tanque de almacenamiento de cal desde el área de reposición. La lechada de cal se dosificará a los tanques de neutralización mediante un sistema de anillo principal. Los derrames generados en el área de almacenamiento de caliza y cal se bombearán al tanque de almacenamiento correspondiente.

- **Servicios**. El aire se suministrará a los reactores BIOX mediante sopladores de paletas variables de alta eficiencia. Uno de los sopladores estará equipado con un variador de velocidad. Los sopladores contarán con enfriadores posteriores para enfriar el aire por debajo de los 60 °C antes de inyectarlo en los reactores a través de los anillos de aspersión. El número y la configuración de los sopladores BIOX se confirmarán tras conversaciones iniciales con los proveedores para encontrar la configuración óptima, considerando las necesidades de energía de reserva. El agua de refrigeración para los sopladores y enfriadores posteriores se suministrará desde la torre de refrigeración de los sopladores mediante las bombas de agua de refrigeración de los sopladores.

  La temperatura de la pulpa en los reactores BIOX se mantendrá entre 38 y 42 °C mediante la circulación de agua de refrigeración por los serpentines. El agua caliente retornará a las torres de refrigeración BIOX. Las bombas de agua de refrigeración BIOX bombearán el refrigerante desde el pozo de la torre de refrigeración hasta los reactores. Este circuito de agua de refrigeración también estará equipado con filtros de corriente lateral.

  El biocida, el inhibidor de corrosión y el antiincrustante se dosificarán en el pozo de la torre de enfriamiento. La purga del agua de enfriamiento se controlará automáticamente según su conductividad. Las mediciones de pH y conductividad deben incluirse en el pozo de la torre de enfriamiento. Las mediciones de conductividad se utilizarán para la gestión de la calidad del agua.

  El aire de planta a alta presión y el aire seco de instrumentación se suministrarán mediante un compresor de aire. El aire comprimido pasará por una etapa de secado y des humectación para el aire de planta a alta presión y una segunda etapa de secado para el aire de instrumentación a alta presión.

Cianuración con carbón en lixiviación (CIL)

La pulpa oxidada del circuito CCD BIOX se enviará a un tanque de ajuste de pH donde se añadirá cal para aumentar el pH a 10.5. La pulpa fluira por gravedad hacia la caja de alimentación de carbón en lixiviación (CIL), donde se combinará el reactivo cianuro de sodio dentro del primer tanque CIL.

La lixiviación de cianuro se logrará en cinco tanques CIL agitados. Los tanques serán construidos con acero dulce recubierto de epoxi. El aire se suministra mediante una tubería bajo un cono invertido situado directamente debajo del agitador.

Según los resultados de las pruebas de lixiviación, un tiempo de residencia de 24 horas será suficiente para alcanzar la recuperación objetivo de oro. Tras la lixiviación, el carbón activado cargado se enviará a la planta de carbón para su desmontaje y electro obtención.

Planta de manejo de carbón – elución de carbón y recuperación de metales por electro obtención

Una vez separado el carbón cargado de la pulpa lixiviada, se transportará a la planta de manejo de carbón. Primero, se lavará con una solución diluida de ácido clorhídrico para eliminar las incrustaciones, se enjuaga y luego se bombeará al tanque de extracción de carbón. Este tanque es un recipiente a presión con capacidad para extraer 3 toneladas de carbón por lotes. El proceso de extracción sigue el procedimiento Zadra a presión, desarrollado por la Oficina de Minas de EE. UU. Consiste en poner en contacto una solución caliente de cianuro y cáustico (0.15 % de cianuro, 1.25 % de cáustico) a una velocidad de 2 volúmenes de lecho por hora. La solución se introduce por el fondo del lecho de carbón y rebosa en la parte superior del tanque a través de una o más mallas cilíndricas Johnson. La solución se precalienta a 135°C mediante intercambiadores de calor. Debido a la elevada temperatura, el tanque de extracción se mantiene a aproximadamente 550 kPa para evitar la ebullición.

Durante la extracción, el oro se desorbe del carbón activado en la solución de extracción. Esta solución cargada, se enviará a las celdas de electrodeposición a través de un intercambiador de calor. En las celdas de electrodeposición, el oro se deposita por electrólisis en un cátodo de acero inoxidable. El ánodo suele ser una malla de alambre de acero inoxidable o una placa perforada. Dependiendo de las condiciones de la electrodeposición, parte del oro se desprende de los cátodos y se acumula en el fondo de las celdas como lodo.

Cuando están completamente cargados, los cátodos se lavan a presión para desalojar el oro y se recogen con el lodo en el fondo de las celdas de electro obtención. El lodo se descargará a un tanque y se filtrará a través de un filtro prensa de placas y marcos.

El residuo filtrado se seca en retortas. El mercurio presente en el lodo se retirará y se recogerá para su correcta eliminación. El lodo seco se funde en un horno basculante para producir oro fundido, que se vierte en moldes para obtener el producto final: lingotes de doré.

Reactivos y consumibles

Los reactivos de proceso y los consumibles del molino serán los siguientes:

Tabla 76. Lista de reactivos y consumibles de proceso.

Reactivo o consumible	Area utilizada
Potasio Amil Xantano (PAX)	Flotación
Sulfato de cobre (CuSO4)	Flotación
Espumante (por ejemplo, Flottec F131a)	Flotación
Medios Nutritivos BIOX (0K y 9K)	BIOX
Melaza + NH4HPO4	ASTER Nutrientes desintoxicantes
Cianuro de sodio (NaCN)	CIL
Floculantes	BIOX CCD, espesamiento de concentrados, espesamiento de jales
Cal	CIL, BIOX, desintoxicación de jales.

Reactivo o consumible	Area utilizada
Piedra caliza	BIOX
Acido clorhídrico (HCl)	Manipulación de carbón
Hidróxido de sodio (NaOH)	Manipulación de carbón
Carbón activado	CIL, Manipulación de Carbón
Antiincrustante	Manipulación de carbón
Metabisulfito de sodio (SMBS)	Desintoxicación de jales de lixiviación
Cemento	Planta de pasta para relleno de mina
Revestimientos para quebradora primaria	Trituración
Revestimientos para quebradora secundaria	Trituración
Revestimientos para molinos de bolas	Molienda
Bolas para molino	Molienda
Tela filtrante	Filtración de jales

Destrucción por cianuro

El cianuro libre y disociable en ácido débil (WAD) residual en los jales de lixiviación se destruirá (desintoxica) mediante oxidación con oxígeno (del aire) y metabisulfito de sodio. Se añadirá lechada de cal para mantener el pH de la pulpa entre 8,0 y 8,5. La reacción es catalizada por cobre (5 ppm), que deberá suministrarse si la alimentación al molino no contiene suficiente cobre soluble en cianuro.

El cianuro se oxida primero a cianato, que finalmente se descompone en dióxido de carbono, amoníaco y nitrógeno gaseoso. Los cianuros de hierro, más estables, se precipitarán de la solución como compuestos de ferrocianuro insolubles. De este modo, los niveles de cianuro en la solución se reducen a un nivel ambientalmente aceptable (<50 ppm de cianuro WAD, según el Código del Cianuro). La pulpa desintoxicada se muestrea antes del espesamiento para garantizar que el contenido de cianuro WAD cumpla con el nivel de vertido objetivo.

Los reactores de desintoxicación consistirán en dos tanques agitados que operan en serie durante un tiempo total de residencia de aproximadamente dos horas.

El tiocianato estará presente en los jales de lixiviación y no será destruido por el proceso de aire-metabisulfito. Dado que el proceso BIOX tiene baja tolerancia al tiocianato, se empleará un proceso biológico (el proceso ASTER de Metso) para descomponerlo y evitar que entre en la corriente de agua de proceso.

La pulpa descargada de los circuitos de desintoxicación rebosará en una caja de descarga, desde donde se bombea al espesador de jales combinado (de 15 m de diámetro) descrito anteriormente.

Una losa de contención de hormigón sobre el suelo y muros contención contendrá el escurrimiento de lluvia y los derrames de proceso. Una bomba de sumidero transferirá la solución y los sólidos de vuelta al proceso.

Mantenimiento

- Áreas subterráneas

En estas se realizarán las siguientes actividades:

- Se realizarán inspecciones periódicas para la revisión de los servicios básicos y el control de la roca
- Se realizarán inspecciones geotécnicas para detectar bloques sueltos, grietas, filtraciones de agua o deformaciones en la roca

- Se retirará el material suelto o inestable antes de que ocurran desprendimientos
- Se comprobará el funcionamiento de la ventilación, cableado eléctrico y tuberías.
- Se realizará la reparación de los barrenos
- Se realizará la sustitución de los barrenos en su caso
- Lavado de equipos
- Ajuste de equipos
- Sustitución de equipos

- Caminos

En estos se realizarán las siguientes actividades:

- Limpieza de la superficie de rodamiento
- Deshierbe
- Rehabilitación que consistirá en la recuperación de la superficie de rodamiento y reconstrucción de terraplenes.

- Obras de drenaje

En estas se realizarán las siguientes actividades:

- Reforzamiento de tuberías o sustitución en su caso.
- Rehabilitación o sustitución de obras de entra y salida.

- Plataformas de concreto y base granular, y cimentaciones

Con respecto a las áreas en donde se construirán plataformas de concreto, en estas se realizarán las siguientes actividades:

- Resanes y reparaciones menores
- Reparación de grietas y fisuras
- En su caso la reconstrucción total

Con respecto a las áreas donde se construirán plataformas de base granular

- Se realizará una constante limpieza la cual consistirá en no permitir el crecimiento principalmente de vegetación arbórea y arbustiva. Con respecto a la herbácea esta se permitirá hasta una altura de 20 a 30 centímetros.

Con respecto a las cimentaciones del puente transportador, en estas se realizarán las siguientes actividades:

- Resanes y reparaciones menores
- Reparación de grietas y fisuras
- En su caso la reconstrucción total

- Vialidades

En estos se realizarán las siguientes actividades:

- Limpieza de la superficie de rodamiento
- Deshierbe
- Rehabilitación que consistirá en la recuperación de la superficie de rodamiento y reconstrucción de terraplenes.

- Subestación eléctrica, instalación eléctrica aérea y generadores de energía

En estas se realizarán las siguientes actividades:

- Se realizará la remoción de polvo en los equipos.
- Se realizarán revisiones en cada elemento de los componentes de los equipos de tal forma que se pueda considerar factores que ocasionen la susceptibilidad de ocasionar fallas.
- Se realizará el mantenimiento mecánico de los equipos.
- En su caso se realizará el cambio total de alguno de los equipos.

- Planta de tratamiento de aguas residuales

En esta se realizarán las siguientes actividades:

- Se realizará la remoción de polvo en la planta.
- Se realizarán revisiones en cada elemento de los componentes de los equipos de tal forma que se pueda considerar factores que ocasionen la susceptibilidad de ocasionar fallas.
- Se realizará el mantenimiento mecánico de los equipos.
- En su caso se realizará el cambio total de alguno de los equipos.

- Sistema primario

En este se realizarán las siguientes actividades:

- Lavado de tanque
- Reparación de tanque
- Sustitución de tanque en su caso

- Estación de combustible de mina

En esta se realizarán las siguientes actividades:

- Se realizará la remoción de polvo en las estructuras metálicas.
- Se aplicará pintura anticorrosiva.
- En su caso se realizará el cambio total de alguna estructura metálica.
- Lavado de tanques
- Reparación de tanques
- Sustitución de tanque en su caso

- Cuarto de control y eléctrico del molino, laboratorio, mantenimiento de molino, almacén y almacén de reactivos

En estos se realizarán las siguientes actividades:

- Se realizará la remoción de polvo en las estructuras metálicas.
- Se aplicará pintura anticorrosiva.
- En su caso se realizará el cambio total de alguna estructura metálica.

- Infraestructura y equipos en las áreas de proceso

En estos se realizarán las siguientes actividades:

- Lavado de unidades de proceso
- Ajuste de equipos de proceso
- Deshierbe en zonas perimetrales de las unidades de proceso
- Pintura en general en unidades que lo requieran
- Reparación de equipos de proceso
- Reparación de tanques de acero
- Reparación de los sistemas de contención
- Reparación de estructuras metálicas
- Sustitución de equipos de proceso
- Sustitución de tanques de acero
- Sustitución de los sistemas de contención
- Sustitución de estructuras metálicas

- Tepetateras

En estas se realizarán las siguientes actividades:

- Deshierbe en zonas perimetrales
- Reparación de canales y drenes
- Sustitución de canales y drenes en su caso

- Presa de jales y pileta de recolección

En estas se realizarán las siguientes actividades:

- Deshierbe en zonas perimetrales
- Reparación de bordos y drenes
- Sustitución de bordos y drenes en su caso

I.6.5.5 Cierre y abandono del sitio

Una vez terminada la vida útil del proyecto, se realizará el cierre y abandono del Proyecto mediante las siguientes actividades:

- Caminos
  - Los caminos durante esta etapa se les dará mantenimiento, posteriormente se quedarán como accesos entre los predios de la comunidad.

- Obras de drenaje

  - Las obras de entrada y salida serán demolidas mediante equipo mecánico o neumático.
  - Se realizarán excavaciones y se retirarán los tubos mediante izajes con apoyo de grúas.

- Plataformas de concreto y base granular, y cimentaciones

Con respecto a las plataformas de concreto se realizarán las siguientes actividades:

- Se realizarán excavaciones con equipo mecánico y se demolerán las plataformas de concreto armado.

Con respecto a las cimentaciones del puente transportador, en estas se realizarán las siguientes actividades:

- Se realizarán excavaciones para demoler el concreto que sirvió de cimentación para el puente transportador.

- Subestación eléctrica, instalación eléctrica aérea y generadores de energía
  - Se desmantelarán y se retirarán los equipos

- Planta de tratamiento de aguas residuales
  - Se desmantelarán y se retirarán los equipos

- Sistema primario

  - Se desmantelará el tanque y se retirarán los equipos

- Estación de combustible de mina
  - Se desmantelarán las estructuras metálicas
  - Se desmantelarán los tanques y se retirarán los equipos

- Cuarto de control y eléctrico del molino, laboratorio, mantenimiento de molino, almacén y almacén de reactivos
  - Se desmantelarán las estructuras metálicas y se retirarán los equipos

- Infraestructura y equipos en las áreas de proceso
  - Se desmantelarán los equipos de proceso
  - Se demolerán los sistemas de contención
  - Se desmantelarán las estructuras metálicas y se retirarán los equipos

Las actividades que se desarrollarán en las áreas subterráneas, tepetateras, presa de jales y pileta de recolección; así como otras, se describen en el programa de cierre progresivo de la mina, el cual se integró en el anexo 15.

I.7. Tabla resumen de características del proyecto

I.7.1. Consumo de energía eléctrica

El suministro eléctrico del Proyecto proviene de la red nacional. Líneas de alta tensión de 115 kV y de 230 kV atraviesan el sitio del Proyecto, y las líneas de 115 kV se sitúan aproximadamente a 2.5 kilómetros al sur del sitio de la planta. La compañía tiene instalada la línea de alimentación hasta el predio. La recepción y la distribución se realizan en la subestación eléctrica principal, que aloja los transformadores de potencia y la sala de control eléctrico.

La instalación cuenta con respaldo mediante cuatro generadores diésel de 1,000 kW cada uno, para una capacidad instalada de respaldo de 4,000 kW, destinada a sostener los servicios críticos ante la pérdida del suministro de la red. El Cuarto de Control Central dispone además de un sistema de energía ininterrumpible de dos unidades de 80 kVA en configuración redundante, con autonomía de cuatro horas a plena carga crítica y de ocho horas para la carga esencial.

Los consumidores principales identificados y su potencia instalada son el molino de bolas, con motor de velocidad fija de 3,356 kW; el molino de remolienda, con 355 kW; el soplador de aire de flotación, con 150 kW; los seis mecanismos de las celdas de flotación, con 75 kW cada uno; las dos bombas de alimentación a hidrociclones, con 75 kW cada una en configuración de una en operación y una en espera; la trituradora primaria, con 75 kW; y las bombas de bajoflujo y de sobreflujo del espesador de concentrado, con 7.5 kW cada una. La potencia instalada de este conjunto de equipos principales asciende a 4,491 kW.

Los parámetros de diseño que gobiernan la demanda energética del circuito de conminución son el índice de trabajo de trituración Bond de 13 kWh/t y el índice de trabajo de molienda Bond de 22.1 kWh/t en su percentil 80, con un índice de abrasión promedio de 0.397 gramos. La estimación del consumo anual de energía eléctrica de la instalación requiere el listado completo de cargas y el factor de operación de cada una, que corresponden a la ingeniería de detalle.

I.7.2. Consumo de agua

El abastecimiento de agua del Proyecto se realiza desde el campo de pozos del sitio, con bombas dedicadas, y la concesión del aprovechamiento se tramita ante la Comisión Nacional del Agua conforme al marco regulatorio aplicable. Existe además un arroyo a unos 500 metros al este del campamento, con punto de acceso para camiones cisterna. El agua potable del campamento la suministra el municipio de Cuetzala del Progreso.

El almacenamiento se resuelve mediante un tanque compartido de agua fresca y agua contra incendios, con capacidad total de 2,300 metros cúbicos, del cual 700 metros cúbicos constituyen la reserva dedicada al sistema contra incendios. Dicha reserva queda protegida por disposición física de las boquillas de extracción, de modo que el consumo operativo no puede agotarla.

El circuito de proceso opera con recirculación: el agua de contacto y el drenaje de las áreas de proceso se recolectan en sumideros con bombeo de retorno al proceso, y el agua de contacto del depósito de jales filtrados se capta en la pileta de recolección y se retorna igualmente al circuito. Las pérdidas del sistema corresponden a la humedad retenida en la pasta de relleno enviada a las labores subterráneas, a la humedad retenida en el jal filtrado dispuesto en la instalación superficial, a la evaporación del circuito de oxidación biológica y al consumo de agua potable.

El consumo específico de diseño del Proyecto es de 0.79 metros cúbicos por tonelada tratada para el proceso y de 0.83 metros cúbicos por tonelada considerando la totalidad de los usos. Aplicados a la capacidad nominal de 2,000 toneladas por día, dichos índices arrojan un consumo de 1,580 metros cúbicos diarios para el proceso y de 1,660 metros cúbicos diarios en total.

I.7.3. Emisiones de gases de efecto invernadero

Las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero identificadas en el Proyecto son la combustión de diésel en el equipo minero, en los generadores de emergencia y en el motor de la bomba contra incendio; la combustión de gas licuado de petróleo en el horno de fundición de la refinería y en el horno de reactivación de carbón; y las emisiones de proceso del circuito de oxidación biológica y del circuito de destrucción de cianuro.

Los consumos de combustible identificados son de 4.5 metros cúbicos diarios de diésel, equivalentes a 3.78 toneladas por día, y de 1.2 toneladas por día de gas licuado de petróleo, almacenado en dos recipientes a presión de 15 metros cúbicos cada uno.

La cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero exige la aplicación de los factores de emisión correspondientes a cada combustible y a cada proceso, y no forma parte del alcance de la información técnica de proceso aquí descrita.

I.7.4. Aprovechamiento de recursos naturales

El aprovechamiento de recursos naturales del Proyecto comprende el agua, el mineral y los materiales pétreos de conformación.

El agua se aprovecha del campo de pozos del sitio bajo concesión, en los volúmenes consignados en el apartado de consumo de agua.

El mineral se aprovecha a razón de 730,000 toneladas por año a partir del segundo año de operación, para un total de 6.57 millones de toneladas a lo largo de nueve años, con una ley de cabeza promedio de diseño de 5.4 gramos de oro por tonelada, 2.59 % de azufre sulfuroso y 1.74 % de arsénico. La recuperación global de oro de diseño es del 90 %.

La roca estéril extraída a lo largo de la vida de la operación asciende a 1,273 miles de toneladas y se dispone en las dos tepetateras del Proyecto. La piedra caliza se aprovecha como insumo del control de pH del circuito de oxidación biológica y de la primera etapa de neutralización.

I.7.5. Generación de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos

I.7.5.1 Clasificación aplicable y criterio de estimación

La generación de residuos del Proyecto se clasifica conforme a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos en tres regímenes: residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos. A ellos se suma la corriente de mayor volumen de la operación, constituida por los jales del proceso de beneficio y por la roca estéril de la mina, cuyo manejo se rige por su propia normatividad y no por el régimen de los residuos sólidos urbanos.

Las cantidades que se consignan a continuación se estiman sobre la capacidad nominal de tratamiento de 2,000 toneladas por día y 365 días de operación anual, equivalentes a 730,000 toneladas de mineral procesado al año. Los consumos unitarios de reactivos e insumos proceden de las bases de diseño del Proyecto, y en cada caso se indica el criterio con el que se derivó la cantidad estimada. Las corrientes para las cuales el Proyecto no dispone todavía de una base cuantitativa se identifican de forma expresa, con la indicación del dato que se requiere para su determinación.

I.7.5.2 Jales del proceso de beneficio

Los jales constituyen la corriente de residuos de mayor volumen del Proyecto. La totalidad del mineral que ingresa a la planta abandona el circuito como jal, con la sola deducción del oro recuperado, cuya masa es despreciable frente al flujo total, y con la adición de los reactivos que se incorporan al sólido, señaladamente la cal, la piedra caliza, el metabisulfito de sodio y el sulfato de cobre. La generación de jales se estima en consecuencia en 2,000 toneladas diarias de sólidos, equivalentes a 730,000 toneladas anuales.

Del total, una corriente de 38 toneladas por hora de jales de flotación, equivalentes a 912 toneladas diarias y a 332,880 toneladas anuales, se espesa en el espesador de 12 metros de diámetro y se destina directamente a la planta de pastas. El resto de los jales de flotación se combina en el espesador de 15 metros con los residuos de la lixiviación por cianuración y con los residuos de la neutralización del licor de oxidación biológica, hasta un contenido de sólidos de 50 a 55 por ciento. De ese flujo combinado, la

mitad se dirige a la planta de pastas y la mitad restante se filtra en los filtros prensa y se transporta a la instalación superficial de almacenamiento de jales filtrados.

La fracción de jales que se emplea como relleno de pasta cementada retorna al interior de la mina y no constituye disposición superficial. Esta condición reduce de forma sustantiva el volumen que se deposita en superficie respecto de una operación que dispusiera la totalidad de sus jales en un depósito externo, y constituye uno de los elementos determinantes del proyecto en materia de residuos.

Los jales que se depositan en superficie alojan cianuro residual disociable en ácido débil, procedente de las colas del circuito de cianuración. Dicho cianuro se destruye en el circuito de destoxificación previo al espesamiento, con un objetivo de descarga inferior a 50 partes por millón, y su concentración se verifica mediante muestreo de la pulpa destoxificada antes de su envío al espesador.

I.7.5.3 Roca estéril

La roca estéril procedente del desarrollo y de la explotación se extrae en camiones y se dispone en las dos tepetateras del Proyecto, previa evaluación geoquímica que distingue el material no generador de acidez del potencialmente generador de acidez. El tonelaje de estéril de la vida de la operación corresponde a la reemisión del plan de mina y no se consigna en este Capítulo.

I.7.5.4 Residuos de manejo especial

El medio de molienda constituye la corriente de residuos de manejo especial de mayor magnitud del Proyecto. Su generación se estima a partir del índice de abrasión de Bond del mineral, de 0.397 gramos, y de la energía específica de molienda. La energía específica se obtiene de la ecuación de Bond para el índice de trabajo de molienda de 22.1 kWh/t en su percentil 80, sobre una alimentación F80 de 13 milímetros y un producto P80 de 160 micrómetros, lo que arroja 15.53 kWh por tonelada tratada y 31,067 kWh diarios. La tasa de desgaste correspondiente a dicho índice de abrasión es de 0.116 kilogramos por kilowatt-hora. La generación estimada de medio de molienda gastado asciende por tanto a 3.6 toneladas diarias, equivalentes a 1,312 toneladas anuales y a 1.80 kilogramos por tonelada de mineral tratado. Esta estimación corresponde a un mineral de abrasividad elevada y debe confirmarse con el proveedor del medio de molienda durante la ingeniería de detalle.

Los blindajes del molino de bolas, del molino de remolienda y de las trituradoras primaria y secundaria constituyen la segunda corriente de chatarra metálica del Proyecto. Su generación se determina por la vida útil del blindaje y por el programa de recambio, datos que corresponden al proveedor y que no forman parte de las bases de diseño disponibles.

La tela filtrante de los tres filtros prensa se repone conforme a la vida útil del medio filtrante. A esta corriente se suman la chatarra metálica de mantenimiento, los residuos de construcción y demolición de las obras de conservación, las llantas del equipo minero y de acarreo, y los residuos de manejo especial procedentes del taller de camiones.

Así como se estima que como resultado de las obras que comprende el proyecto se generarán los siguientes volúmenes de residuos de manejo especial durante las etapas de preparación del sitio y construcción:

- Volúmenes de tierras y vegetación derivado del despalme en donde se estima generar 86,846.00 m^3
- Derivado de la demolición de infraestructura existente se demolerán 149 m3 de concreto reforzado.

I.7.5.5 Residuos peligrosos

Los envases y contenedores de los reactivos peligrosos constituyen la corriente de residuos peligrosos de mayor recurrencia del Proyecto. El consumo de cianuro de sodio sólido es de 3.0 toneladas diarias, suministradas en contenedores de una tonelada, lo que genera tres contenedores vacíos por día y 1,095 contenedores al año. El manejo de estos contenedores se rige por el estándar específico del Código Internacional para el Manejo del Cianuro, que exige su trazabilidad, su descontaminación verificada y su disposición o retorno controlado al proveedor.

El consumo total de reactivos sólidos suministrados en envase asciende a 8.86 toneladas diarias, equivalentes a 3,233 toneladas anuales, y comprende el cianuro de sodio, el metabisulfito de sodio con 4.8 toneladas diarias, los nutrientes de oxidación biológica con 0.50, el sulfato de cobre con 0.30, el xantato amílico de potasio con 0.10, el carbón activado de reposición con 0.10 y el floculante con 0.06. Los envases de estos productos se clasifican conforme a la peligrosidad del reactivo que contuvieron. Los reactivos líquidos —ácido clorhídrico con 1.0 tonelada diaria y sosa cáustica con 1.2— se reciben a granel y generan residuo de envase únicamente en la presentación de menor volumen.

El carbón activado agotado que no admite reactivación térmica constituye una corriente de residuo peligroso por su contenido de cianuro y de metales adsorbidos. La reposición de carbón del circuito es de 0.05 kilogramos por tonelada tratada, equivalentes a 0.10 toneladas diarias y a 36.5 toneladas anuales. Esta cifra constituye la cota superior de la salida total de carbón del circuito, que se reparte entre los finos perdidos por atrición hacia los jales y el carbón efectivamente descartado.

Los residuos de las retortas de recuperación de mercurio constituyen la corriente de mayor peligrosidad específica de la refinería. Su generación se determina por el contenido de mercurio del mineral, dato que no forma parte de las bases de diseño disponibles y que debe incorporarse a partir de la caracterización del yacimiento.

Se identifican asimismo como residuos peligrosos los lodos biológicos purgados del circuito de tratamiento de tiocianato, por su contenido de cianuro y de tiocianato residual; los aceites y lubricantes usados del equipo minero, de los accionamientos de planta y del taller de camiones; los residuos del laboratorio metalúrgico y químico, incluidos los reactivos analíticos caducos y las muestras con contenido de cianuro; los sólidos retenidos en los lavadores de gases del circuito de elución, de los hornos y de la refinería; y los residuos de las trampas de grasas y aceites del taller.

I.7.5.6 Residuos sólidos urbanos

La generación de residuos sólidos urbanos procede de las oficinas administrativas, del comedor, de los vestidores. La plantilla promedio de la operación minera es de 156 personas y la de pico es de 186, conforme a los requisitos de personal del Proyecto. Aplicando la generación per cápita nacional de 1.076 kilogramos por habitante y por día que reporta el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, la generación estimada asciende a 168 kilogramos diarios y 61.3 toneladas anuales en condición promedio, y a 200 kilogramos diarios y 73.0 toneladas anuales en condición de pico.

Esta estimación considera exclusivamente la plantilla de la operación minera. La plantilla de la planta de beneficio y del personal de servicios se incorporará a la estimación una vez que se determine el censo final de personal, que es el mismo dato que gobierna el dimensionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales del Proyecto.

I.7.5.7 Estimación consolidada de la generación de residuos

Tabla 77. Estimación de la generación de residuos del Proyecto.

Corriente de residuo	Régimen	Generación diaria	Generación anual	Base de la estimación
Jales del proceso de beneficio	Residuo minero	2,000 t/d de sólidos	730,000 t/año	Alimentación nominal de la planta; la masa que ingresa abandona el circuito como jal
Jales de flotación a planta de pastas	Residuo minero	912 t/d	332,880 t/año	Corriente de 38 t/h al espesador de 12 m de diámetro
Roca estéril	Residuo minero	Conforme al plan de mina	Conforme al plan de mina	Corresponde a la reemisión del plan de mina
Medio de molienda gastado	Manejo especial	3.6 t/d	1,312 t/año	Índice de abrasión de 0.397 g y energía específica de molienda de 15.53 kWh/t
Blindajes de molienda y trituración	Manejo especial	Pendiente	Pendiente	Vida útil y programa de recambio del proveedor
Tela filtrante y chatarra de mantenimiento	Manejo especial	Pendiente	Pendiente	Vida útil del medio filtrante y programa de mantenimiento
Contenedores de cianuro de sodio	Peligroso	3 contenedores de 1 t por día	1,095 contenedores al año	Consumo de 3.0 t/d en contenedores de una tonelada
Envases de reactivos sólidos	Peligroso	8.86 t/d de producto envasado	3,233 t/año de producto envasado	Suma de los consumos unitarios de reactivos sólidos
Carbón activado agotado	Peligroso	0.10 t/d	36.5 t/año	Reposición de carbón de 0.05 kg por tonelada tratada
Residuos de retortas con mercurio	Peligroso	Pendiente	Pendiente	Requiere el contenido de mercurio del mineral
Lodos biológicos del circuito de tiocianato	Peligroso	Pendiente	Pendiente	Requiere la tasa de purga del reactor y del clarificador
Aceites y lubricantes usados	Peligroso	Pendiente	Pendiente	Requiere el programa de cambio del equipo minero y de planta
Residuos sólidos urbanos	Urbano	168 kg/d promedio; 200 kg/d en pico	61.3 t/año promedio; 73.0 t/año en pico	Plantilla de 156 y 186 personas y generación per cápita de 1.076 kg/persona/día

Las corrientes señaladas como pendientes en la estimación consolidada no admiten cuantificación con las bases de diseño disponibles y requieren, en cada caso, el dato que se indica en la propia tabla. Su determinación corresponde a la ingeniería de detalle y al estudio específico de manejo de residuos, y ninguna de ellas modifica el orden de magnitud de la generación total, gobernada por la corriente de jales.

El manejo de la totalidad de las corrientes se sujeta a los criterios de segregación en la fuente, almacenamiento temporal en área confinada con contención secundaria para los residuos peligrosos, registro de generación y bitácora, y disposición mediante prestador autorizado. Los envases de reactivos

peligrosos no se reutilizan para ningún otro fin dentro de la instalación, y los contenedores de cianuro de sodio se manejan bajo el régimen específico de trazabilidad y descontaminación verificada que impone el Código Internacional para el Manejo del Cianuro.

I.7.6. Descargas de agua residual y/o de proceso, indicando el cuerpo receptor y la ubicación del sitio especifico de descarga, georreferenciado en UTM, Datum WGS84

El Proyecto no contempla descarga de agua de proceso a cuerpo receptor natural alguno. El circuito opera en recirculación: la mayor parte del agua empleada en la planta se recicla de los desbordamientos del espesador de concentrado, del espesador de prelixiviación y del espesador de jales, y del filtrado de los jales, y se bombea al tanque de la solución de recuperación, al que se añade agua de reposición desde el depósito de agua fresca y de control de incendios conforme resulte necesario.

El agua que entra en contacto con la planta se considera agua de contacto y se conduce mediante una serie de canales, sumideros y desagües hasta una pileta de eventos ubicada al sur de la planta de procesamiento, dimensionada para el volumen de la totalidad de las cuencas del área de planta. Una vez sedimentados los finos, el agua de contacto se bombea al tanque de solución de proceso. El agua de contacto y de percolación de la instalación de almacenamiento de jales filtrados se conduce por trayectorias segregadas respecto del agua de no contacto y se capta en la pileta de recolección, desde la cual retorna igualmente al proceso.

El tratamiento de las aguas residuales se resuelve mediante dos plantas de tratamiento centralizadas. La primera se ubica inmediatamente al sur de las instalaciones de procesamiento y recibe la descarga de aguas residuales de la planta de procesamiento y de las instalaciones auxiliares; su efluente se descarga a la instalación de almacenamiento de jales. La segunda se ubica inmediatamente al norte del campamento y recibe la descarga de las instalaciones de construcción y del campamento permanente; en las instalaciones de preparación de alimentos se instala además un sistema de tratamiento especializado de menor capacidad para la captación de grasas y aceites y para disminuir los sólidos de origen alimentario que ingresan a la planta de tratamiento.

Ambas plantas de tratamiento se diseñan para satisfacer la demanda del censo final de personal y para cumplir la regulación de las autoridades competentes. En consecuencia, ni el agua de proceso ni el efluente sanitario tratado se descargan a un cuerpo receptor natural.

I.7.7. Superficies generales del Proyecto

I.7.7.1 Superficie del predio o superficie total para el desarrollo del Proyecto

La superficie del área del Proyecto es de 277.723 ha. En la siguiente figura se muestra el área del Proyecto con sus respectivos vértices.

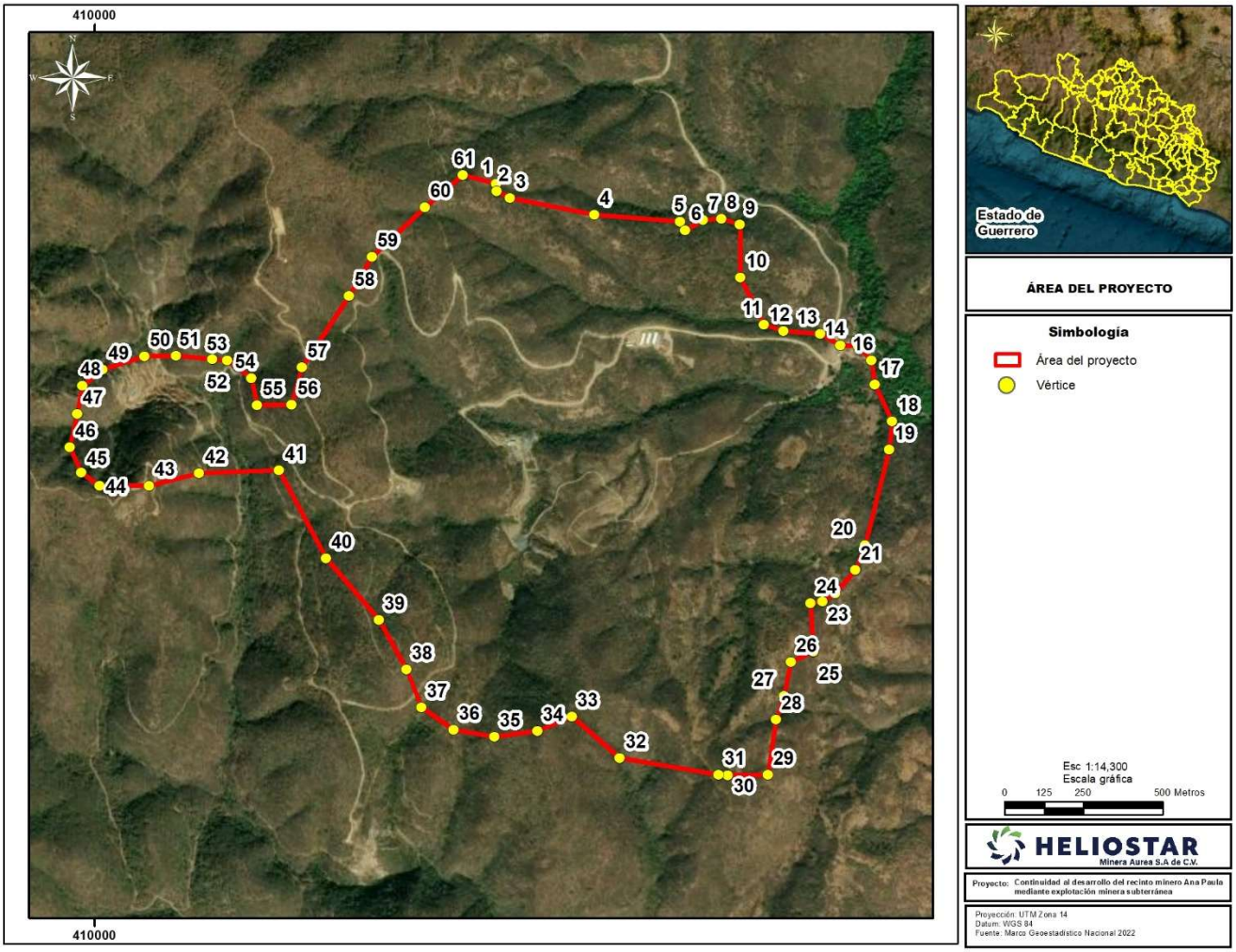


Figura 15. Polígono del área del Proyecto.

En la siguiente tabla se muestran las coordenadas de los vértices que conforman el área del Proyecto.

Tabla 78. Coordenadas del área del Proyecto.

Vértice	X	Y
1	411,267.55	1,998,731.70
2	411,269.47	1,998,708.17
3	411,312.19	1,998,685.95
4	411,578.32	1,998,633.78
5	411,848.51	1,998,611.58
6	411,866.07	1,998,585.47
7	411,922.71	1,998,617.02
8	411,979.09	1,998,622.11
9	412,037.45	1,998,603.34
10	412,040.36	1,998,435.47
11	412,114.34	1,998,286.58
12	412,176.84	1,998,267.71
13	412,292.59	1,998,258.43
14	412,355.85	1,998,221.00

Vértice	X	Y
32	411,658.92	1,996,919.90
33	411,507.42	1,997,050.58
34	411,398.41	1,997,005.36
35	411,262.37	1,996,986.39
36	411,132.91	1,997,007.62
37	411,031.04	1,997,079.77
38	410,984.35	1,997,198.62
39	410,897.34	1,997,355.67
40	410,730.00	1,997,550.00
41	410,582.18	1,997,827.87
42	410,329.11	1,997,818.67
43	410,170.46	1,997,779.06
44	410,015.54	1,997,779.06
45	409,956.11	1,997,819.38

Vértice	X	Y
15	412,412.42	1,998,219.83
16	412,453.17	1,998,175.15
17	412,464.27	1,998,097.29
18	412,519.62	1,997,982.54
19	412,509.56	1,997,893.69
20	412,433.71	1,997,591.40
21	412,402.93	1,997,513.45
22	412,340.26	1,997,438.99
23	412,299.03	1,997,412.78
24	412,262.02	1,997,408.50
25	412,270.27	1,997,255.23
26	412,199.53	1,997,222.21
27	412,178.24	1,997,114.69
28	412,152.01	1,997,040.69
29	412,126.84	1,996,867.49
30	412,000.17	1,996,864.70
31	411,971.00	1,996,867.00

Vértice	X	Y
46	409,920.03	1,997,900.03
47	409,943.38	1,998,006.14
48	409,960.36	1,998,095.28
49	410,024.03	1,998,146.21
50	410,155.63	1,998,186.29
51	410,256.41	1,998,188.66
52	410,371.60	1,998,178.16
53	410,418.42	1,998,174.78
54	410,493.62	1,998,118.31
55	410,511.49	1,998,032.82
56	410,621.38	1,998,035.02
57	410,653.81	1,998,152.54
58	410,802.42	1,998,378.28
59	410,874.78	1,998,501.33
60	411,041.89	1,998,657.98
61	411,162.78	1,998,759.39

El área del Proyecto se compone de 2 zonas: área de desplante y área sin afectación.

1. Área de desplante: incluye todos los componentes del Proyecto, es decir es el área de afectación;

2. Área sin afectación: superficie en donde no se realizará actividad alguna y únicamente se consideró por formar parte de los predios que serán arrendados para el desarrollo del Proyecto.

En la siguiente tabla se muestra la superficie del área de desplante y el área sin afectación del área del Proyecto.

Tabla 79. Superficie del área de desplante y el área sin afectación del área del Proyecto.

Zona	Superficie en ha
Área de desplante	100.795
Área sin afectación	176.928
Suma	**277.723**

En la siguiente figura se muestran el área de desplante y el área sin afectación del área del Proyecto.

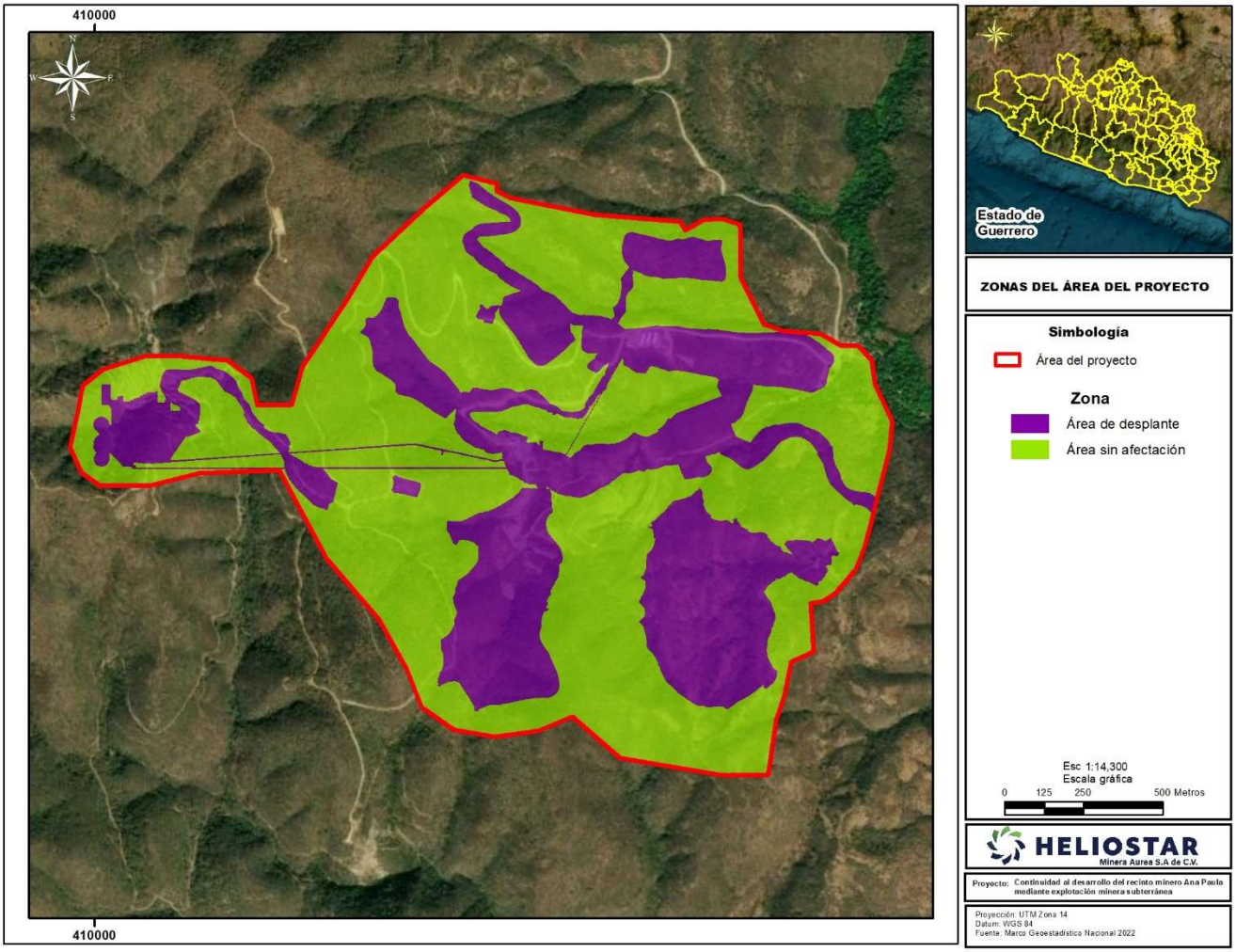


Figura 16. Área de desplante y el área sin afectación del área del Proyecto.

En el anexo 3.2 se incluyen los archivos shapefile, kml y coordenadas del área del Proyecto.

I.7.7.2 Superficie de desplante de construcciones, obras y/o instalaciones

El área de desplante del área del Proyecto es de 100.795 ha. El área de desplante está conformada por 8 polígonos. En la siguiente tabla se muestra la superficie por polígono.

Tabla 80. Superficie de los polígonos del área de desplante del Proyecto.

Polígono	Superficie en ha
1	6.173
2	2.265
3	2.308
4	35.696
5	29.651
6	0.053
7	24.225
8	0.424
Suma	**100.795**

En la siguiente imagen se muestran los polígonos del área de desplante del Proyecto.

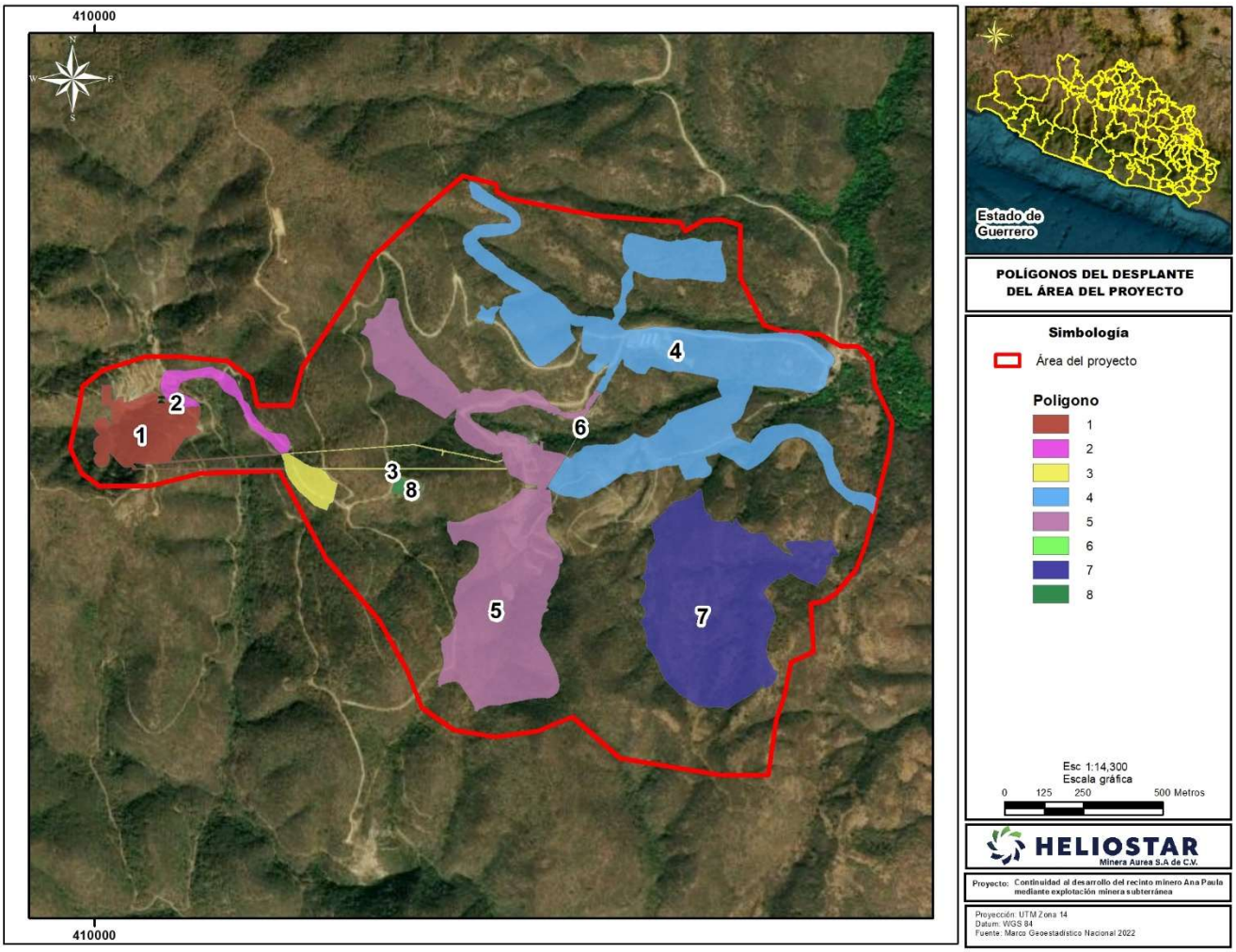


Figura 17. Polígonos del área de desplante del Proyecto.

Como se mencionó anteriormente el Proyecto se clasificó en 2 zonas: área de desplante y área sin afectación. El área de desplante incluye todos los componentes del Proyecto, es decir, es el área de afectación. En la siguiente tabla se muestran las superficies de los componentes del área de desplante del Proyecto, cabe mencionar que algunas áreas se traslapan gráficamente, por lo cual se presentan en 2 columnas como componente, sub componente 1 y sub componente 2, con el objetivo de evitar duplicidad de superficies. En la siguiente tabla se muestran los componentes de la zona del área de desplante.

Tabla 81. Superficies de los componentes de la zona de desplante del área del Proyecto.

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Superficie en ha
1	Mina subterránea			5.454
		Áreas de corte y relleno		0.111
		Rampa de acceso		0.088
2	Trituración primaria			0.017
3	Rampa de acceso			0.563
		Áreas de corte y relleno		0.007
4	Rampa de servicios			0.546

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Superficie en ha
		Áreas de corte y relleno		0.051
5	Portal de entrada			0.479
		Rampa de servicios		0.001
		Transportador aéreo de trituración subterránea		0.000
6	Transportador aéreo de trituración subterránea	Áreas de corte y relleno		0.009
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	0.004
		Obra de drenaje		0.001
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	0.001
		Vialidad		0.008
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	0.002
7	Torre de transferencia			0.027
		Vialidad		0.019
8	Puente transportador			0.049
		Áreas de corte y relleno		0.009
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	0.003
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo		0.020
		Vialidad		0.006
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	0.002
9	Cimentación puente transportador y transportador aéreo			0.013
10	Banda transportadora			0.055
		Vialidad		0.003
11	Cribado secundario, tanque de mineral en bruto y trituradora secundaria			0.036
12	Molino de bolas deposito de alimentación			0.037
13	Mantenimiento de molino			0.053
14	Molino			0.056
15	Cuarto de control y eléctrico del molino			0.049
16	Área de flotación			0.056
17	Área de reactivos			0.032
18	Espezadores			0.108
19	BIOX y torres de enfriamiento			0.400

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Superficie en ha
20	Depósito ASTER			0.069
21	CCD y neutralización			0.233
22	Área CIL			0.077
23	Manipulación del carbón y refinería			0.145
24	Entrega, almacenamiento y procesamiento de piedra caliza			0.111
25	Laboratorio			0.054
26	Corredor de tuberías			0.313
		Obra de drenaje		0.001
27	Edificio de planta de relleno de pasta			0.740
28	Filtros de cola: plataforma de preparación y transferencia			0.104
29	Filtro y tanques de jales de flotación			0.215
30	Generador de emergencia (1) 1,000 kw diesel			0.024
	Generadores de emergencia (3) 1,000 kw diesel			0.087
31	Subestación eléctrica principal, sala de control eléctrico de la zona 700 EL. 785			0.320
32	Sistema de agua primario, deposito principal, agua fresca y contra incendios			0.171
33	Estación de combustible de mina			0.483
34	Área de plataforma de explotación			1.759
35	Vestidores			0.120
36	Zona de apilamiento			1.502
37	Almacén			0.084
38	Almacén de reactivos			0.041
39	Planta de tratamiento de aguas residuales para taller de camiones y vestuarios			0.112
41	Tepetatera 1			5.171
42	Tepetatera 2			19.048
		Obra de drenaje		0.023
43	Presa de jales			22.739
44	Pileta de recolección			1.486
45	Área de explosivos			0.424
46	Vialidad			6.161
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo		0.002
		Obra de drenaje		0.011

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Superficie en ha
47	Área libre			6.070
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo		0.000
48	Áreas de corte y relleno			20.768
49	Obra de drenaje			0.174
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo		0.000
50	Camino			3.504
		Mina subterránea		0.057
		Obra de drenaje		0.004
		Rampa de acceso		0.006
		Rampa de servicios		0.006
			Suma	**100.795**

En el anexo 3.3 se incluyen los archivos shapefile, kml y coordenadas del área de desplante del Proyecto.

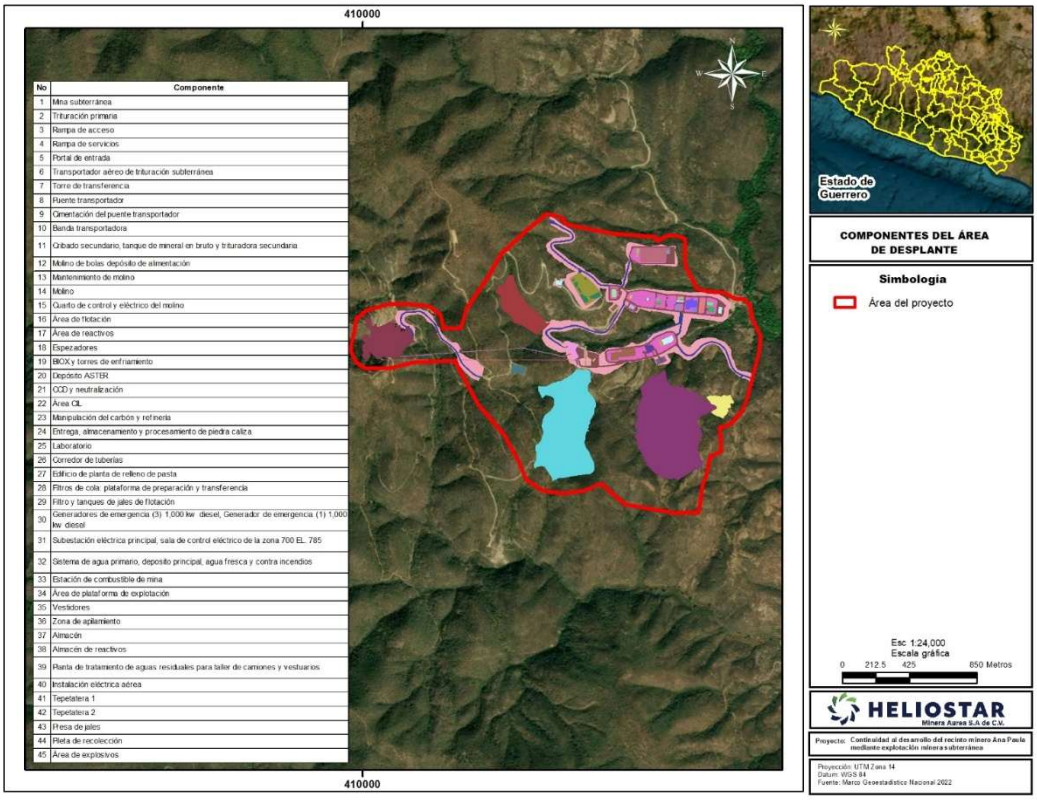


Figura 18. Componentes de la zona de desplante del Proyecto (general).

En las siguientes figuras se muestran los componentes de la zona de desplante a detalle.

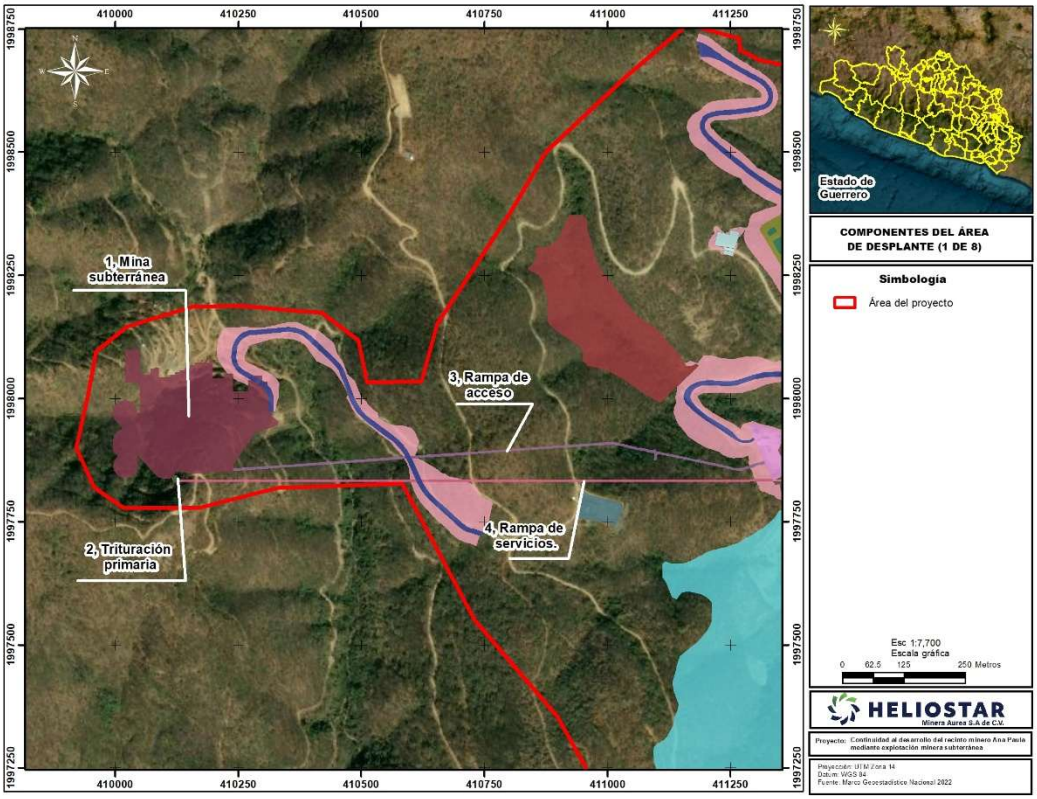


Figura 19. Componentes de la zona de desplante del Proyecto (1 de 8).

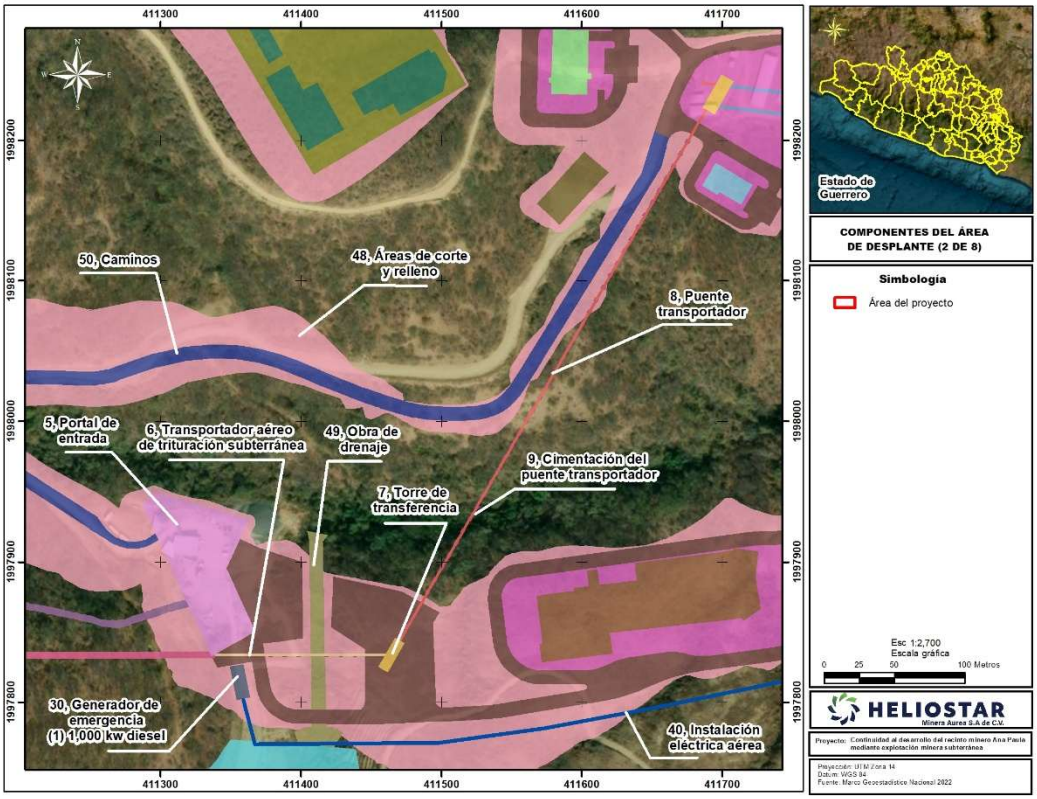


Figura 20. Componentes de la zona de desplante del Proyecto (2 de 8).

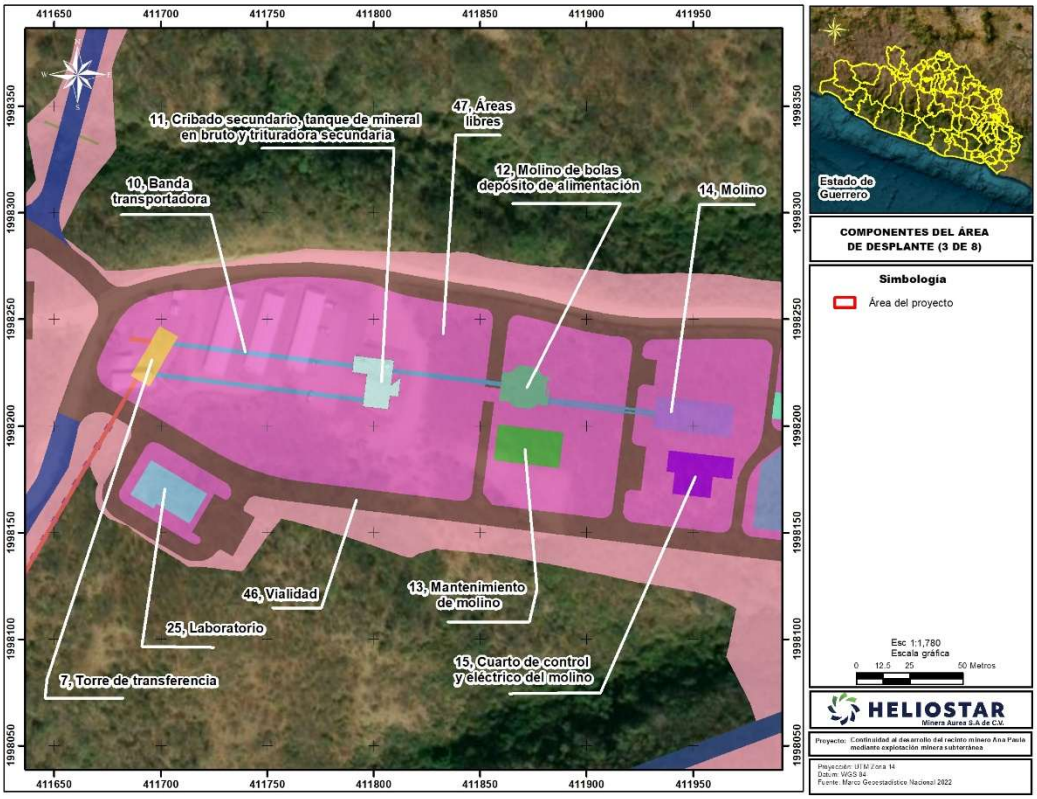


Figura 21. Componentes de la zona de desplante del Proyecto (3 de 8).

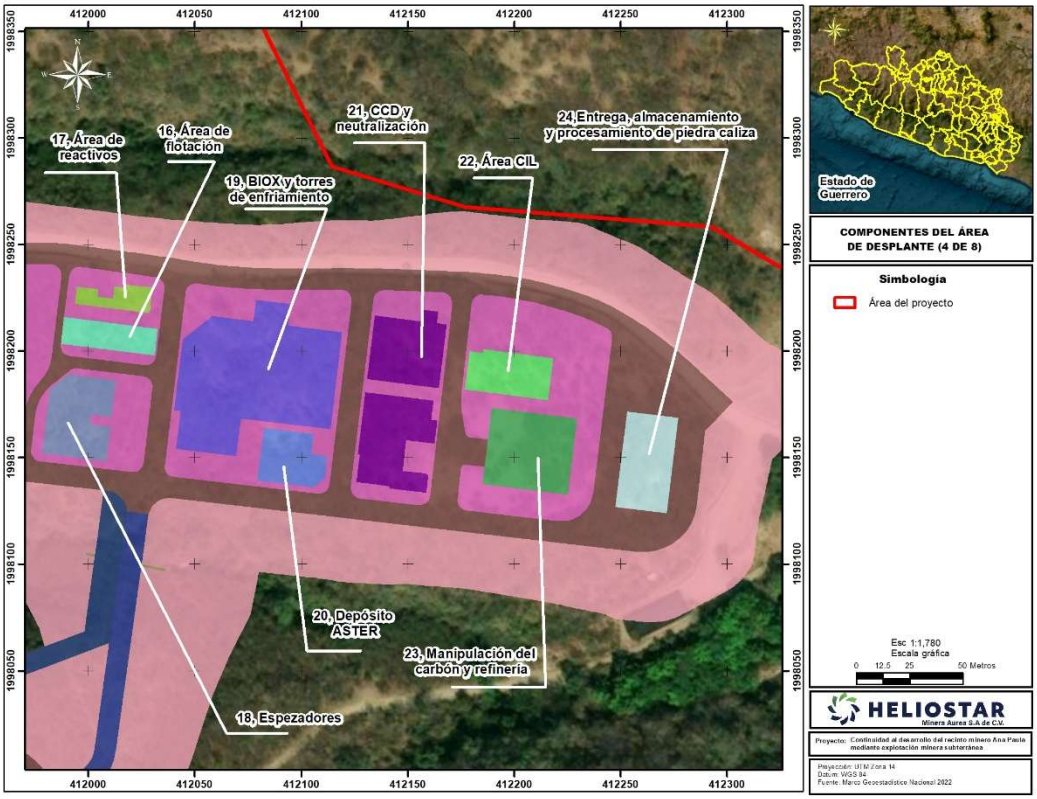


Figura 22. Componentes de la zona de desplante del Proyecto (4 de 8).

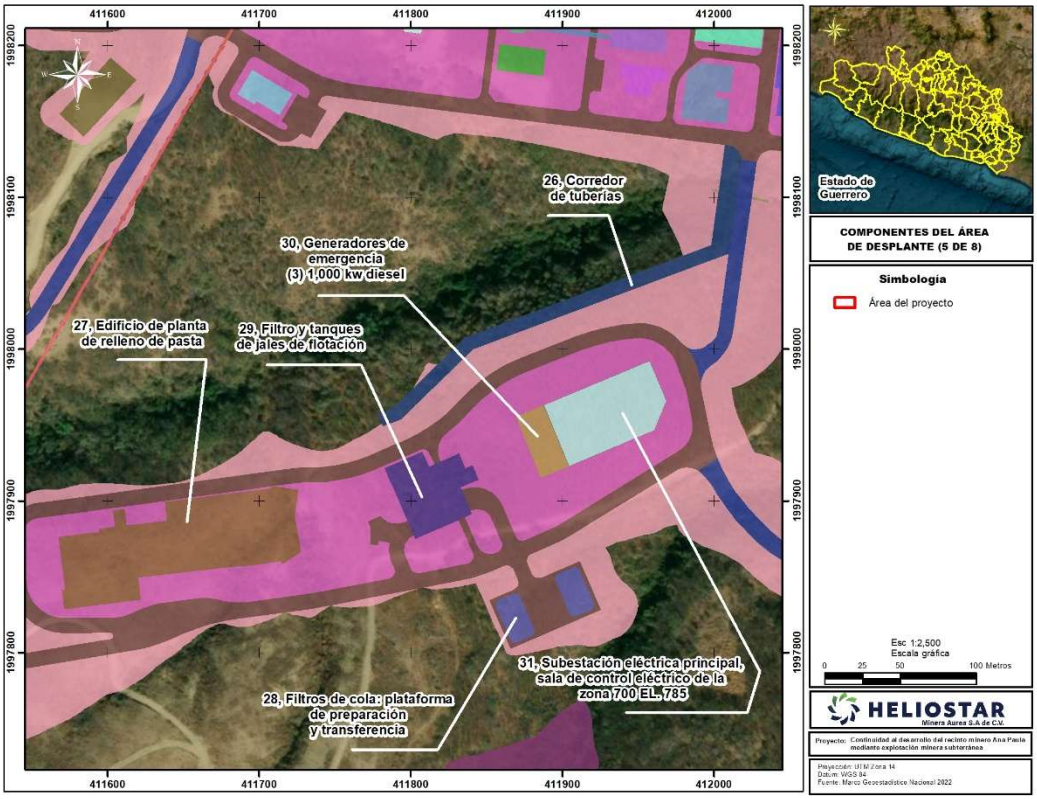


Figura 23. Componentes de la zona de desplante del Proyecto (5 de 8).

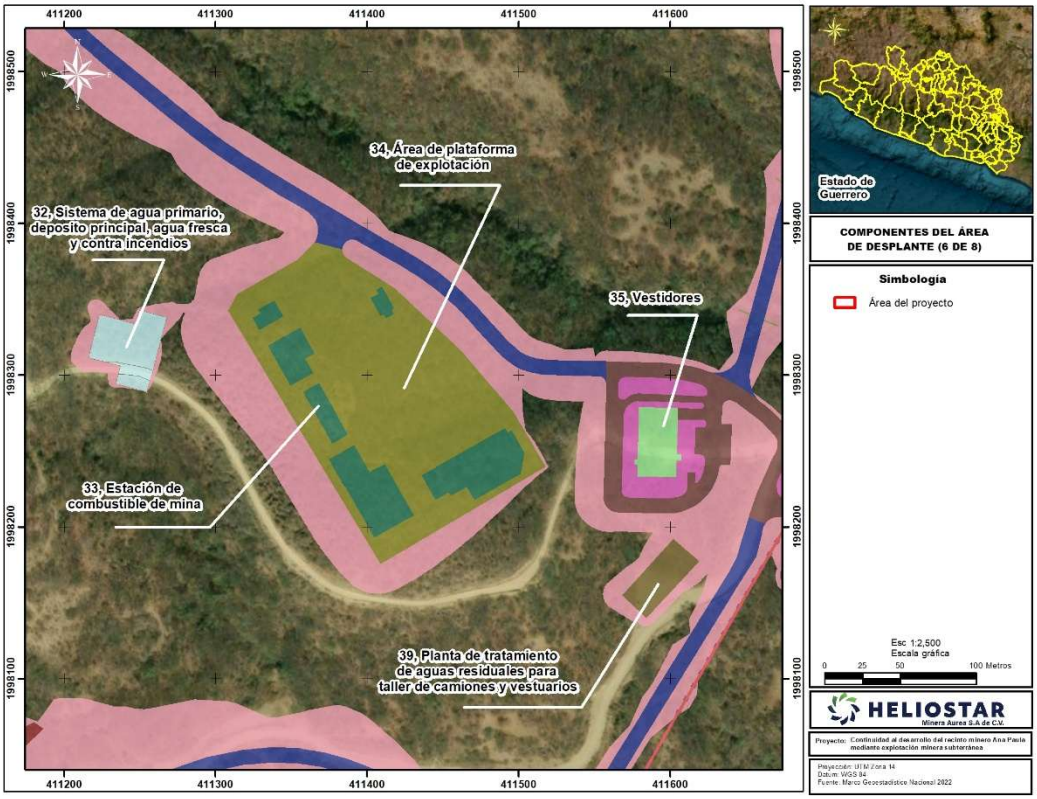


Figura 24. Componentes de la zona de desplante del Proyecto (6 de 8).

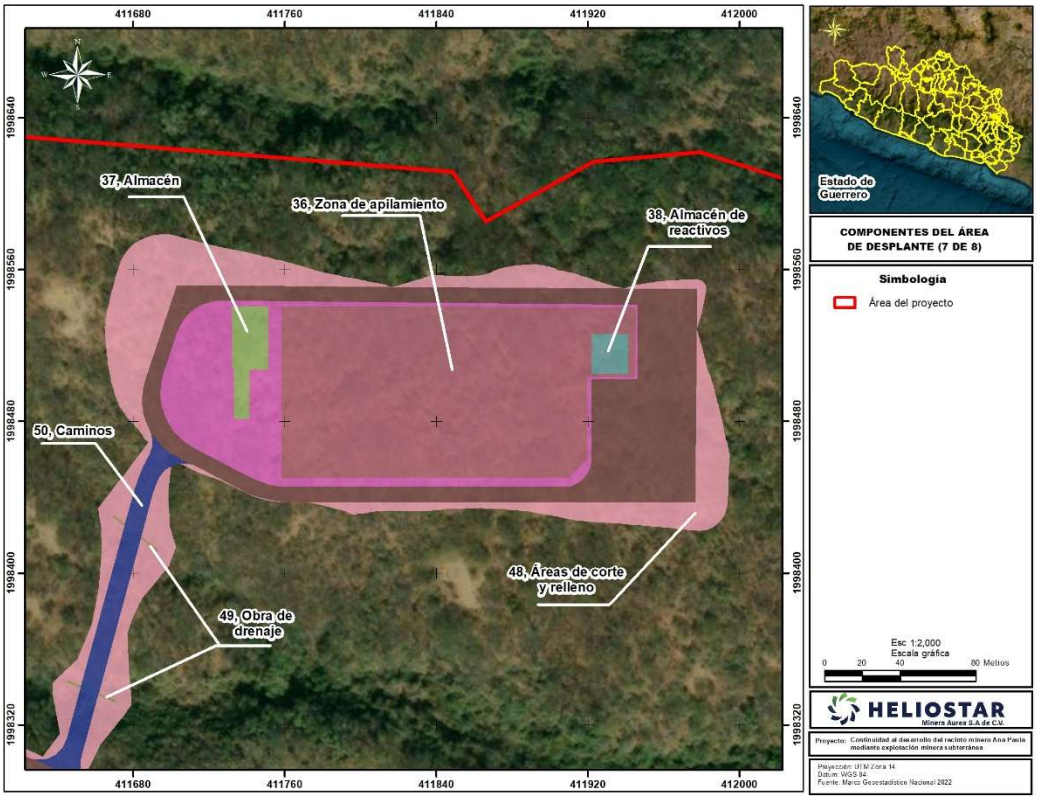


Figura 25. Componentes de la zona de desplante del Proyecto (7 de 8).

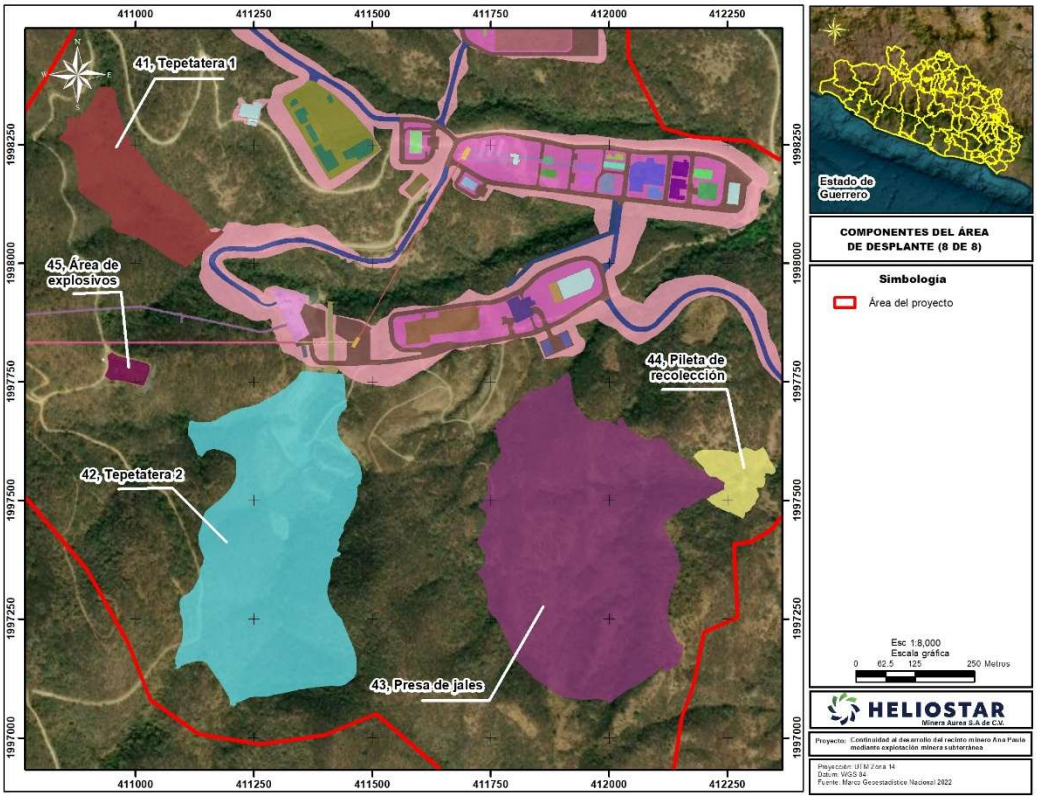


Figura 26. Componentes de la zona de desplante del Proyecto (8 de 8).

I.7.7.3 Superficie a intervenir sin construcciones o instalaciones proyectadas

Superficie permanente y temporal

En la zona del área de desplante se tendrá una afectación permanente de 79.858 ha y 20.937 ha de afectación temporal.

Tabla 82. Superficie de afectación permanente y temporal en el área de desplante del Proyecto.

Afectación	Superficie en ha	Porcentaje %
Permanente	79.858	79.23
Temporal	20.937	20.77
Suma	**100.795**	**100.00**

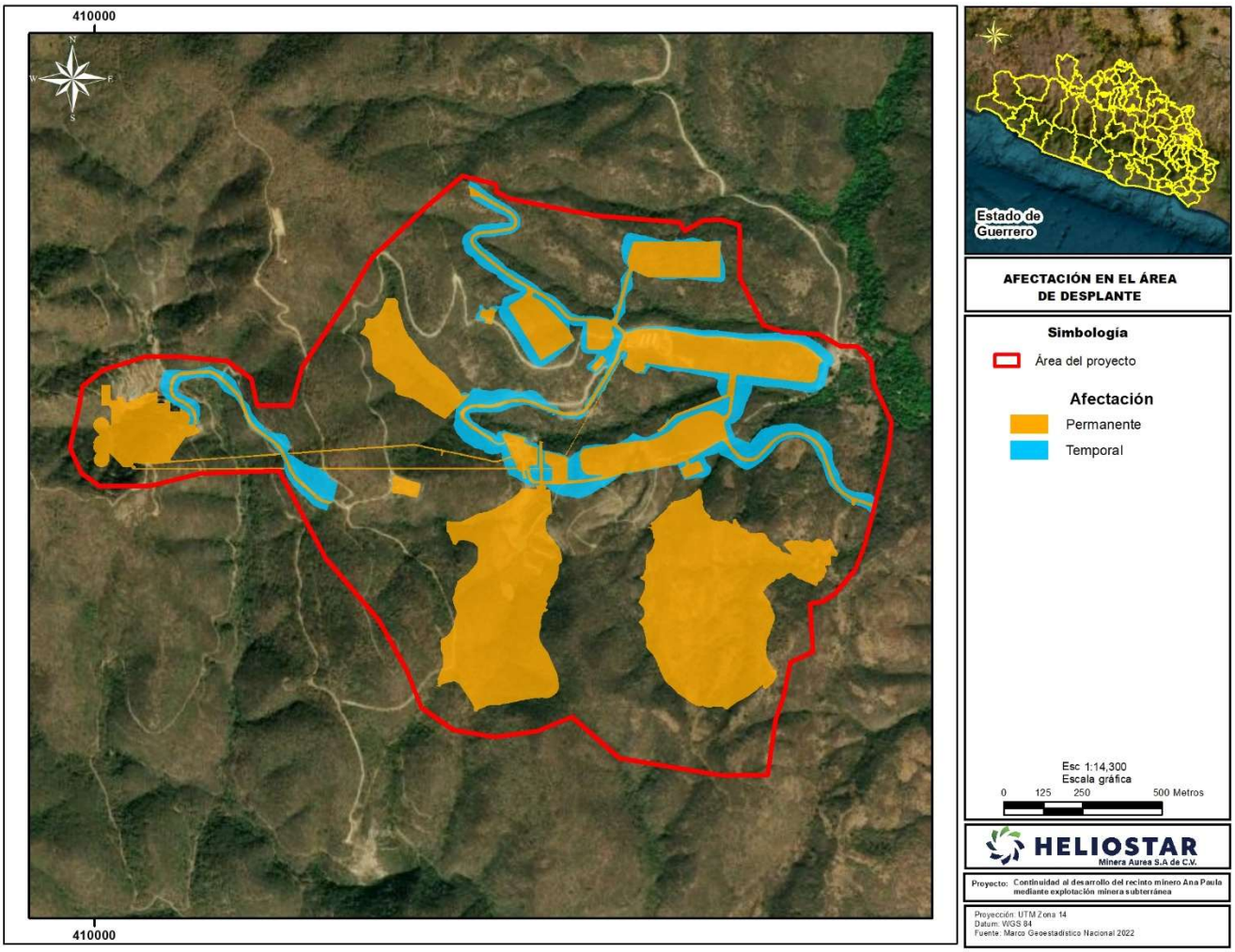


Figura 27. Afectación en la zona de desplante del Proyecto.

En la siguiente tabla de muestran las área permanentes y temporales por componente, sub componente 1 y sub componente 2.

Tabla 83. Superficie de afectación permanente y temporal en el área de desplante del Proyecto por componente y subcomponentes.

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Afectación		Superficie en ha
				Permanente	Temporal	
1	Mina subterránea			5.454		5.454
		Áreas de corte y relleno			0.111	0.111
		Rampa de acceso		0.088		0.088
2	Trituración primaria			0.017		0.017
3	Rampa de acceso			0.563		0.563
		Áreas de corte y relleno			0.007	0.007
4	Rampa de servicios			0.546		0.546
		Áreas de corte y relleno			0.051	0.051
5	Portal de entrada			0.479		0.479
		Rampa de servicios		0.001		0.001
		Transportador aéreo de trituración subterránea		0.000		0.000
6	Transportador aéreo de trituración subterránea	Áreas de corte y relleno		0.009		0.009
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	0.004		0.004
		Obra de drenaje		0.001		0.001
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	0.001		0.001
		Vialidad		0.008		0.008
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	0.002		0.002
7	Torre de transferencia			0.027		0.027
		Vialidad		0.019		0.019
8	Puente transportador			0.049		0.049
		Áreas de corte y relleno		0.009		0.009
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	0.003		0.003
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo		0.020		0.020
		Vialidad		0.006		0.006

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Afectación		Superficie en ha
				Permanente	Temporal	
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	0.002		0.002
9	Cimentación puente transportador y transportador aéreo			0.013		0.013
10	Banda transportadora			0.055		0.055
		Vialidad		0.003		0.003
11	Cribado secundario, tanque de mineral en bruto y trituradora secundaria			0.036		0.036
12	Molino de bolas deposito de alimentación			0.037		0.037
13	Mantenimiento de molino			0.053		0.053
14	Molino			0.056		0.056
15	Cuarto de control y eléctrico del molino			0.049		0.049
16	Área de flotación			0.056		0.056
17	Área de reactivos			0.032		0.032
18	Espezadores			0.108		0.108
19	BIOX y torres de enfriamiento			0.400		0.400
20	Depósito ASTER			0.069		0.069
21	CCD y neutralización			0.233		0.233
22	Área CIL			0.077		0.077
23	Manipulación del carbón y refinería			0.145		0.145
24	Entrega, almacenamiento y procesamiento de piedra caliza			0.111		0.111
25	Laboratorio			0.054		0.054
26	Corredor de tuberías			0.313		0.313
		Obra de drenaje		0.001		0.001
27	Edificio de planta de relleno de pasta			0.740		0.740
28	Filtros de cola: plataforma de preparación y transferencia			0.104		0.104
29	Filtro y tanques de jales de flotación			0.215		0.215
30	Generador de emergencia (1) 1,000 kw diesel			0.024		0.024
	Generadores de emergencia (3) 1,000 kw diesel			0.087		0.087

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Afectación		Superficie en ha
				Permanente	Temporal	
31	Subestación eléctrica principal, sala de control eléctrico de la zona 700 EL. 785			0.320		0.320
32	Sistema de agua primario, deposito principal, agua fresca y contra incendios			0.171		0.171
33	Estación de combustible de mina			0.483		0.483
34	Área de plataforma de explotación			1.759		1.759
35	Vestidores			0.120		0.120
36	Zona de apilamiento			1.502		1.502
37	Almacén			0.084		0.084
38	Almacén de reactivos			0.041		0.041
39	Planta de tratamiento de aguas residuales para taller de camiones y vestuarios			0.112		0.112
41	Tepetatera 1			5.171		5.171
42	Tepetatera 2			19.048		19.048
		Obra de drenaje		0.023		0.023
43	Presa de jales			22.739		22.739
44	Pileta de recolección			1.486		1.486
45	Área de explosivos			0.424		0.424
46	Vialidad			6.161		6.161
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo		0.002		0.002
		Obra de drenaje		0.011		0.011
47	Área libre			6.070		6.070
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo		0.000		0.000
48	Áreas de corte y relleno				20.768	20.768
49	Obra de drenaje			0.174		0.174
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo		0.000		0.000
50	Camino			3.504		3.504
		Mina subterránea		0.057		0.057
		Obra de drenaje		0.004		0.004
		Rampa de acceso		0.006		0.006
		Rampa de servicios		0.006		0.006

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Afectación		Superficie en ha
				Permanente	Temporal	
			Suma	**79.858**	**20.937**	**100.795**

Superficie con sellamiento y sin sellamiento

En al área de desplante se tendrán 4.244ha con sellamiento, 65.659 ha sin sellamiento, 6.667 sin sellamiento y afectación subterránea, y 24.225 sin sellamiento y con geotextil.

Tabla 84. Superficies con sellamiento y sin sellamiento en el área de desplante del Proyecto.

Sellamiento	Superficie en ha	Porcentaje %
Con sellamiento	4.244	4.21
Sin sellamiento	65.659	65.14
Sin sellamiento y afectación subterránea	6.667	6.61
Sin sellamiento y con geotextil	24.225	24.03
Suma	**100.795**	**100.00**

De la tabla anterior las superficies corresponderán con lo siguiente:

- Con sellamiento: superficie impermeable que estará cubierta por concreto, plancha o base de concreto.
- Sin sellamiento: superficie permeable.
- Sin sellamiento y afectación subterránea: área permeable de forma subterránea.
- Sin sellamiento y con geotextil: área que no será sellada con concreto, sin embargo, se colocará un geotextil sobre el terreno.

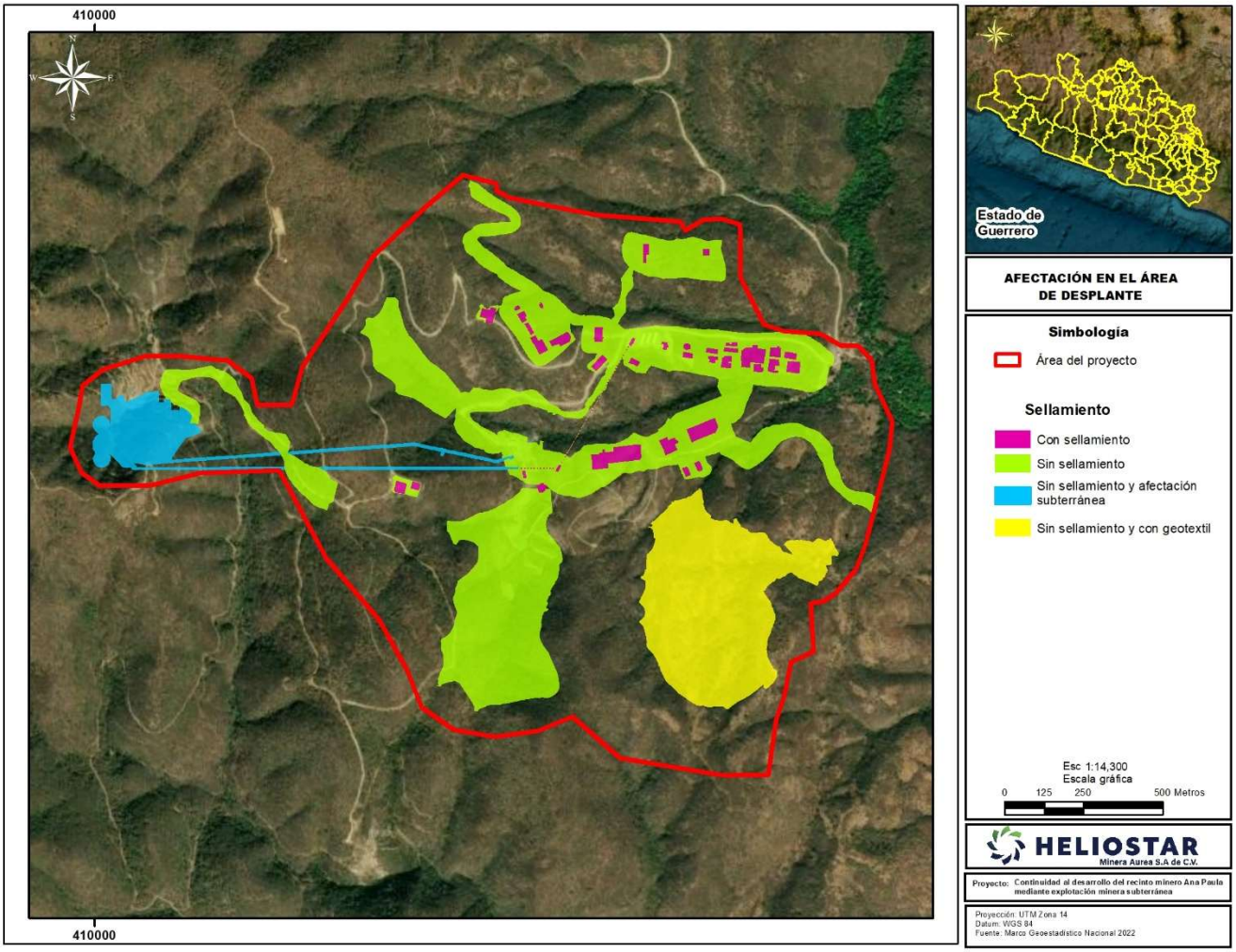


Figura 28. Áreas con sellamiento y sin sellamiento en la zona de desplante del Proyecto.

En la siguiente tabla se muestran los componentes con sellamiento, sin sellamiento, sin sellamiento y afectación subterránea, sin sellamiento y con geotextil en la zona del área de desplante del Proyecto.

Tabla 85. Componentes con sellamiento y sin sellamiento en el área de desplante del Proyecto.

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Sellamiento				Superficie en ha
				Con sellamiento	Sin sellamiento	Sin sellamiento y afectación subterránea	Sin sellamiento y con geotextil	
1	Mina subterránea					5.454		5.454
		Áreas de corte y relleno			0.111			0.111
		Rampa de acceso				0.088		0.088
2	Trituración primaria					0.017		0.017
3	Rampa de acceso					0.563		0.563
		Áreas de corte y relleno			0.007			0.007
4	Rampa de servicios				0.000	0.545		0.546
		Áreas de corte y relleno			0.051			0.051
5	Portal de entrada				0.479			0.479
		Rampa de servicios			0.001			0.001
		Transportador aéreo de trituración subterránea			0.000			0.000
6	Transportador aéreo de trituración subterránea	Áreas de corte y relleno			0.009			0.009
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	0.004				0.004
		Obra de drenaje			0.001			0.001
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	0.001				0.001
		Vialidad			0.008			0.008
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	0.002				0.002

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Sellamiento				Superficie en ha
				Con sellamiento	Sin sellamiento	Sin sellamiento y afectación subterránea	Sin sellamiento y con geotextil	
7	Torre de transferencia			0.027				0.027
		Vialidad		0.019				0.019
8	Puente transportador				0.049			0.049
		Áreas de corte y relleno			0.009			0.009
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	0.003				0.003
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo		0.020				0.020
		Vialidad			0.006			0.006
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	0.002				0.002
9	Cimentación puente transportador y transportador aéreo			0.013				0.013
10	Banda transportadora				0.055			0.055
		Vialidad			0.003			0.003
11	Cribado secundario, tanque de mineral en bruto y trituradora secundaria			0.036				0.036
12	Molino de bolas deposito de alimentación			0.037				0.037

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Sellamiento				Superficie en ha
				Con sellamiento	Sin sellamiento	Sin sellamiento y afectación subterránea	Sin sellamiento y con geotextil	
13	Mantenimiento de molino			0.053				0.053
14	Molino			0.056				0.056
15	Cuarto de control y eléctrico del molino			0.049				0.049
16	Área de flotación			0.056				0.056
17	Área de reactivos			0.032				0.032
18	Espezadores			0.108				0.108
19	BIOX y torres de enfriamiento			0.400				0.400
20	Depósito ASTER			0.069				0.069
21	CCD y neutralización			0.233				0.233
22	Área CIL			0.077				0.077
23	Manipulación del carbón y refinería			0.145				0.145
24	Entrega, almacenamiento y procesamiento de piedra caliza				0.111			0.111
25	Laboratorio			0.054				0.054
26	Corredor de tuberías				0.313			0.313
		Obra de drenaje			0.001			0.001
27	Edificio de planta de relleno de pasta			0.740				0.740
28	Filtros de cola: plataforma de preparación y transferencia			0.104				0.104
29	Filtro y tanques de jales de flotación			0.215				0.215

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Sellamiento				Superficie en ha
				Con sellamiento	Sin sellamiento	Sin sellamiento y afectación subterránea	Sin sellamiento y con geotextil	
30	Generador de emergencia (1) 1,000 kw diesel			0.024				0.024
	Generadores de emergencia (3) 1,000 kw diesel			0.087				0.087
31	Subestación eléctrica principal, sala de control eléctrico de la zona 700 EL. 785			0.320				0.320
32	Sistema de agua primario, deposito principal, agua fresca y contra incendios			0.171				0.171
33	Estación de combustible de mina			0.483				0.483
34	Área de plataforma de explotación				1.759			1.759
35	Vestidores			0.120				0.120
36	Zona de apilamiento				1.502			1.502
37	Almacén			0.084				0.084
38	Almacén de reactivos			0.041				0.041
39	Planta de tratamiento de aguas residuales para taller de camiones y vestuarios			0.112				0.112
41	Tepetatera 1				5.171			5.171
42	Tepetatera 2				19.048			19.048
		Obra de drenaje		0.023				0.023
43	Presa de jales						22.739	22.739

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Sellamiento				Superficie en ha
				Con sellamiento	Sin sellamiento	Sin sellamiento y afectación subterránea	Sin sellamiento y con geotextil	
44	Pileta de recolección						1.486	1.486
45	Área de explosivos			0.176	0.247			0.424
46	Vialidad				6.161			6.161
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo		0.002				0.002
		Obra de drenaje			0.011			0.011
47	Área libre				6.070			6.070
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo		0.000				0.000
48	Áreas de corte y relleno				20.768			20.768
49	Obra de drenaje			0.042	0.132			0.174
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo		0.000				0.000
50	Camino				3.504			3.504
		Mina subterránea			0.057			0.057
		Obra de drenaje			0.004			0.004
		Rampa de acceso			0.006			0.006
		Rampa de servicios			0.006			0.006
			Suma	4.244	65.659	6.667	24.225	100.795

Superficie con afectación, con sellamiento y sin sellamiento

En zona del área de desplante se tendrá una superficie de 4.244 ha de afectación permanente con sellamiento, 44.722 ha de afectación permanente sin sellamiento, 6.667 ha de afectación permanente sin sellamiento y afectación subterránea, 24.225 ha de afectación permanente sin sellamiento y con geotextil y 20.937 ha de afectación temporal sin sellamiento.

Tabla 86. Superficie con afectación permanente, temporal, con sellamiento y sin sellamiento en el área de desplante.

Afectación	Sellamiento	Superficie en ha	Porcentaje %
Permanente	Con sellamiento	4.244	4.21
	Sin sellamiento	44.722	44.37
	Sin sellamiento y afectación subterránea	6.667	6.61
	Sin sellamiento y con geotextil	24.225	24.03
Temporal	Sin sellamiento	20.937	20.77
	Suma	**100.795**	**100.00**

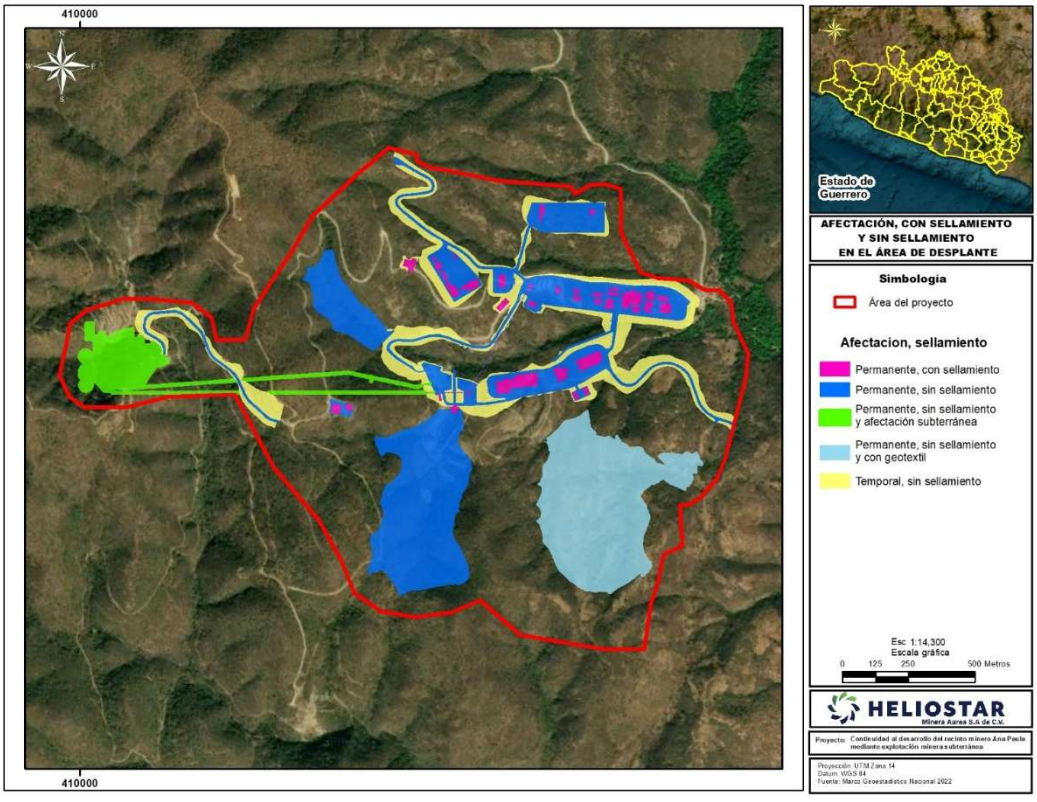


Figura 29. Áreas con afectación, con sellamiento y sin sellamiento en la zona de desplante del Proyecto.

I.7.7.4 Superficie autorizada y por autorizar en materia de impacto ambiental en la zona del área de desplante del Proyecto

Como se mencionó anteriormente se tienen autorizaciones en materia de impacto ambiental. Por lo anterior se realizó una sobreposición de las autorizaciones con el área de desplante del Proyecto. De la

superficie del área de desplante de 100.795 ha, se obtiene que 34.345 ha están autorizadas y 66.449 ha por autorizar.

Tabla 87. Superficies autorizadas y por autorizar.

Estatus	Superficie en ha
Autorizado	34.345
Por autorizar	66.449
Suma	**100.795**

En la siguiente figura se muestran las áreas autorizadas y por autorizar en materia de impacto ambiental en el área de desplante del Proyecto.

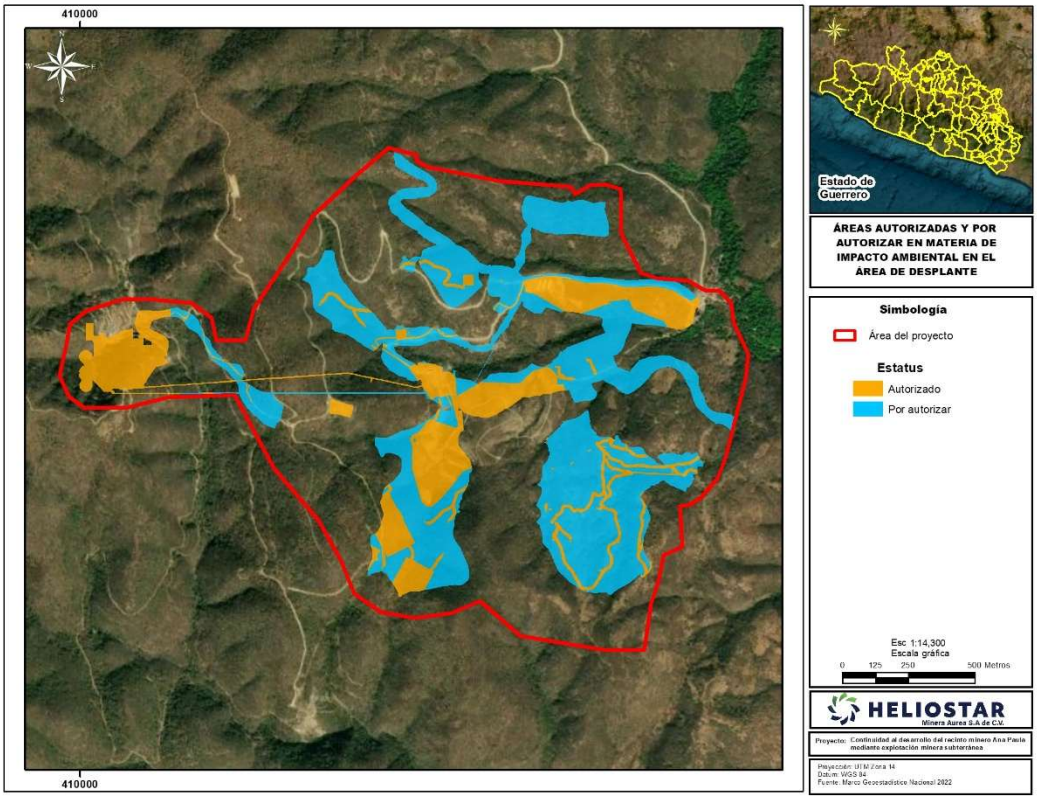


Figura 30. Áreas autorizadas y por autorizar en materia de impacto ambiental en el área de desplante del Proyecto.

Las autorizaciones que se sobrepusieron fueron las que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 88. Autorizaciones de impacto ambiental sobrepuestas en el área de desplante del Proyecto.

Tipo	Número de autorización
Autorización de MIA-R	SG9A/DGIRA/DG/02452 con fecha 3 de abril de 2017, mediante el cual se autorizó la MIA-R para el proyecto denominado “Desarrollo Recinto Minero Ana Paula”.
Modificaciones a proyecto autorizado en materia de	SGPA/DGIRA/DG/05461 de fecha 27 de julio de 2017 mediante el cual se autorizó la Modificación del proyecto “Desarrollo Recinto Minero Ana Paula”, consistente en: construcción de una rampa de 1,480 metros de longitud con un ancho de 5 metros (subterránea).

Tipo	Número de autorización
impacto ambiental	SGPA/DGIRA/DG/00880 de fecha 7 de febrero de 2018 de fecha 27 de julio de 2017 mediante el cual se autorizó la Modificación del proyecto “Desarrollo Recinto Minero Ana Paula”, consistente en: ampliación de superficie de rodamiento, construcción de campamento y construcción de plataformas de servicios.
	SRA/DGIRA/DG-05852-26 de fecha 16 de julio de 2026 mediante el cual se autorizó la Modificación del proyecto “Desarrollo Recinto Minero Ana Paula”, consiste en el cambio de ubicación del área de explosivos (polvorín), un área nueva para depósito de la vegetación producto del desmonte y despalme y la construcción de un helipuerto.
Autorización de MIA-P	ORE-GRO-UGA-00116-206 de fecha 12 de febrero de 2026, mediante el cual se autorizó la MIA-P al proyecto denominado “Exploración Guadalupe
	ORE-GRO-UGA-00210-2026 de fecha 6 de marzo de 2026, mediante el cual se autorizó la MIA-P al proyecto denominado “Exploración del Rodeo”

En la siguiente tabla se muestras las superficies por número de oficio y por autorizar en el área de desplante del Proyecto.

Tabla 89. Superficies por número de oficio y por autorizar en el área de desplante del Proyecto.

Número de oficio	Superficie en ha
ORE-GRO-UGA-00116-206	0.199
ORE-GRO-UGA-00210-2026	5.706
SGPA/DGIRA/DG/00880	8.165
SGPA/DGIRA/DG/00880, ORE-GRO-UGA-00210-2026	0.694
SGPA/DGIRA/DG/00880, SRA/DGIRA/DG-05852-26	0.756
SGPA/DGIRA/DG/00880, SRA/DGIRA/DG-05852-26, ORE-GRO-UGA-00210-2026	0.000
SGPA/DGIRA/DG/02452	8.350
SGPA/DGIRA/DG/02452, ORE-GRO-UGA-00116-206	1.263
SGPA/DGIRA/DG/02452, ORE-GRO-UGA-00210-2026	0.577
SGPA/DGIRA/DG/02452, SGPA/DGIRA/DG/05461	0.163
SGPA/DGIRA/DG/02452, SGPA/DGIRA/DG/05461, ORE-GRO-UGA-00116-206	0.007
SGPA/DGIRA/DG/05461	0.439
SGPA/DGIRA/DG/05461, ORE-GRO-UGA-00116-206	0.005
SGPA/DGIRA/DG/05461, ORE-GRO-UGA-00210-2026	0.031
SGPA/DGIRA/DG/05461, SGPA/DGIRA/DG/00880	0.018
SRA/DGIRA/DG-05852-26	7.411
SRA/DGIRA/DG-05852-26, ORE-GRO-UGA-00210-2026	0.561
Por autorizar	66.449
Suma	**100.795**

Cabe mencionar que en la tabla anterior se tienen números de oficios traslapados debido a que se tienen incidencias entre estos números de oficios gráficamente.

En la siguiente figura se muestran las áreas autorizadas en materia de impacto ambiental por número de oficio y las áreas por autorizar en la zona del área de desplante del Proyecto.

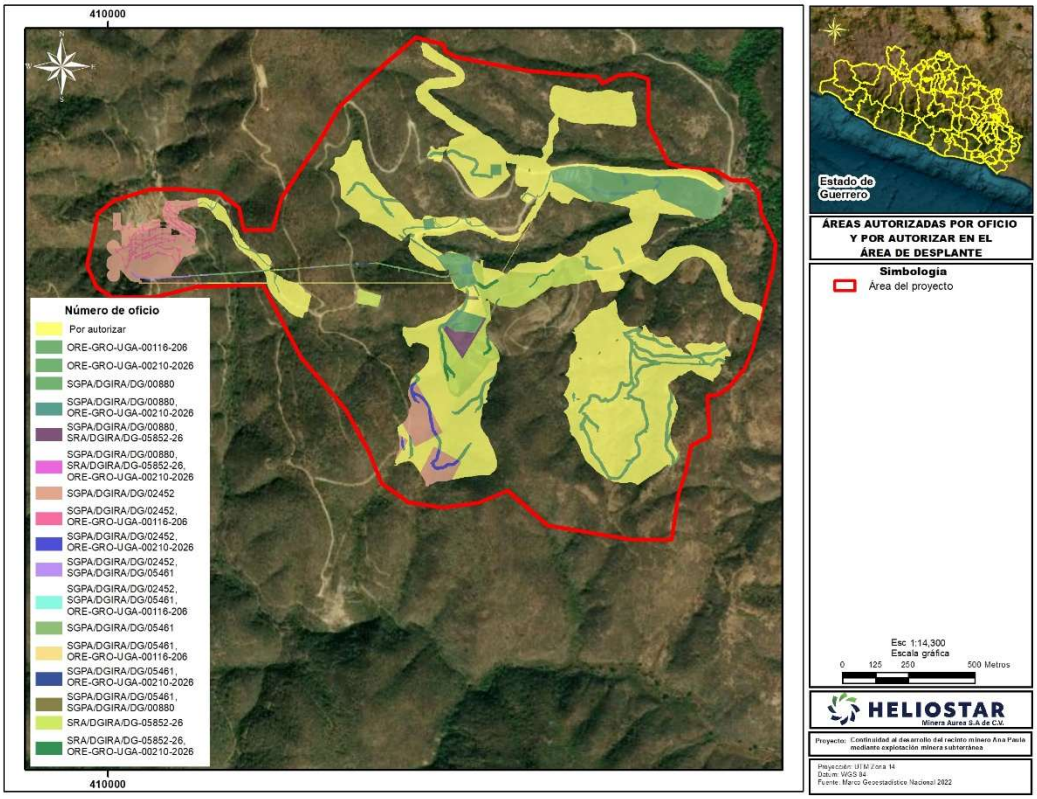


Figura 31. Áreas autorizadas en materia de impacto ambiental por número de oficio y las áreas por autorizar en la zona del área de desplante del Proyecto.

En la siguiente tabla se muestran los componentes que ya están autorizados en superficie en materia de impacto ambiental y por autorizar de acuerdo con las autorizaciones antes mencionadas.

Tabla 90. Superficies autorizadas y por autorizar en los componentes del área de desplante del Proyecto.

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Estatus	Superficie en ha
1	Mina subterránea			Autorizado	5.454
		Áreas de corte y relleno		Autorizado	0.111
		Rampa de acceso		Autorizado	0.088
2	Trituración primaria			Autorizado	0.017
3	Rampa de acceso			Autorizado	0.563
		Áreas de corte y relleno		Autorizado	0.007
4	Rampa de servicios			Autorizado Por autorizar	0.157 0.389
		Áreas de corte y relleno		Autorizado Por autorizar	0.002 0.049
5	Portal de entrada			Autorizado Por autorizar	0.478 0.001
		Rampa de servicios		Autorizado	0.001

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Estatus	Superficie en ha
		Transportador aéreo de trituración subterránea		Autorizado	0.000
6	Transportador aéreo de trituración subterránea	Áreas de corte y relleno		Autorizado Por autorizar	0.006 0.003
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	Autorizado Por autorizar	0.003 0.001
		Obra de drenaje		Autorizado	0.001
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	Autorizado	0.001
		Vialidad		Autorizado	0.008
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	Autorizado	0.002
7	Torre de transferencia			Autorizado	0.027
		Vialidad		Autorizado	0.019
8	Puente transportador			Autorizado Por autorizar	0.003 0.045
		Áreas de corte y relleno		Por autorizar	0.009
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	Por autorizar	0.003
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo		Autorizado Por autorizar	0.001 0.020
		Vialidad		Autorizado Por autorizar	0.002 0.004
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	Autorizado Por autorizar	0.001 0.002
9	Cimentación puente transportador y transportador aéreo			Autorizado Por autorizar	0.001 0.012
10	Banda transportadora			Autorizado	0.055
		Vialidad		Autorizado	0.003

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Estatus	Superficie en ha
11	Cribado secundario, tanque de mineral en bruto y trituradora secundaria			Autorizado	0.036
12	Molino de bolas deposito de alimentación			Autorizado	0.037
13	Mantenimiento de molino			Autorizado	0.053
14	Molino			Autorizado	0.056
15	Cuarto de control y eléctrico del molino			Autorizado	0.049
16	Área de flotación			Autorizado	0.056
17	Área de reactivos			Autorizado	0.032
18	Espezadores			Autorizado Por autorizar	0.042 0.067
19	BIOX y torres de enfriamiento			Autorizado Por autorizar	0.298 0.102
20	Depósito ASTER			Autorizado Por autorizar	0.040 0.030
21	CCD y neutralización			Autorizado	0.233
22	Área CIL			Autorizado	0.077
23	Manipulación del carbón y refinería			Autorizado	0.145
24	Entrega, almacenamiento y procesamiento de piedra caliza			Autorizado	0.111
25	Laboratorio			Por autorizar	0.054
26	Corredor de tuberías			Por autorizar	0.313
		Obra de drenaje		Por autorizar	0.001
27	Edificio de planta de relleno de pasta			Autorizado Por autorizar	0.559 0.181
28	Filtros de cola: plataforma de preparación y transferencia			Por autorizar	0.104
29	Filtro y tanques de jales de flotación			Autorizado Por autorizar	0.104 0.112
30	Generador de emergencia (1) 1,000 kw diesel			Autorizado Por autorizar	0.013 0.011

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Estatus	Superficie en ha
	Generadores de emergencia (3) 1,000 kw diesel			Por autorizar	0.087
31	Subestación eléctrica principal, sala de control eléctrico de la zona 700 EL. 785			Autorizado Por autorizar	0.047 0.273
32	Sistema de agua primario, deposito principal, agua fresca y contra incendios			Autorizado Por autorizar	0.058 0.113
33	Estación de combustible de mina			Autorizado Por autorizar	0.125 0.358
34	Área de plataforma de explotación			Autorizado Por autorizar	0.286 1.473
35	Vestidores			Autorizado Por autorizar	0.007 0.113
36	Zona de apilamiento			Por autorizar	1.502
37	Almacén			Por autorizar	0.084
38	Almacén de reactivos			Por autorizar	0.041
39	Planta de tratamiento de aguas residuales para taller de camiones y vestuarios			Autorizado Por autorizar	0.014 0.099
41	Tepetatera 1			Autorizado Por autorizar	0.435 4.735
42	Tepetatera 2			Autorizado Por autorizar	9.182 9.866
		Obra de drenaje		Autorizado Por autorizar	0.010 0.013
43	Presa de jales			Autorizado Por autorizar	3.174 19.565
44	Pileta de recolección			Autorizado Por autorizar	0.307 1.179
45	Área de explosivos			Autorizado	0.424
46	Vialidad			Autorizado Por autorizar	2.848 3.313

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Estatus	Superficie en ha
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo		Autorizado Por autorizar	0.001 0.001
		Obra de drenaje		Autorizado	0.011
47	Área libre			Autorizado Por autorizar	3.783 2.287
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo		Autorizado	0.000
48	Áreas de corte y relleno			Autorizado Por autorizar	4.071 16.697
49	Obra de drenaje			Autorizado Por autorizar	0.130 0.045
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo		Autorizado	0.000
50	Camino			Autorizado Por autorizar	0.420 3.084
		Mina subterránea		Autorizado	0.057
		Obra de drenaje		Por autorizar	0.004
		Rampa de acceso		Autorizado	0.006
		Rampa de servicios		Por autorizar	0.006
				Suma	**100.795**

I.7.7.5 Superficie total de vegetación existente y por afectar

1. Superficie total de vegetación existente en el área del Proyecto

De la superficie del área del Proyecto de 277.723 ha, de manera resumida se obtiene que en el área de desplante se tienen que 8.490 ha corresponden a área desprovista de vegetación, 0.162 ha a cuerpo de agua, 75.851 ha a selva baja caducifolia y 16.292 ha vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia; así mismo en el área sin afectación se tienen que 7.618 ha corresponden a área desprovista de vegetación, 0.357 ha a cuerpo de agua, 154.481 ha a Selva baja caducifolia y 14.472 ha a Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia.

Tabla 91. Uso de suelo y vegetación en el área del Proyecto.

No	Zona	Uso de suelo y vegetación de campo	Superficie en ha
1	Área de desplante	Área desprovista de vegetación	8.490
		Cuerpo de agua	0.162
		Selva baja caducifolia	75.851
		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	16.292
2	Área sin afectación	Área desprovista de vegetación	7.618
		Cuerpo de agua	0.357
		Selva baja caducifolia	154.481
		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	14.472
		Suma	**277.723**

De la tabla anterior la vegetación por afectar se tendrá en el área de desplante, la cual en los siguientes apartados se describe a mayor detalle.

2. Superficie total de vegetación existente en la zona del área de desplante del Proyecto

De la superficie de la zona del área de desplante del Proyecto de 100.795 ha, de manera resumida se obtiene que 8.490 ha corresponden a área desprovista de vegetación, 0.162 ha a cuerpo de agua, 75.851 ha a selva baja caducifolia y 16.292 ha a vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia.

Tabla 92. Superficies por usos de suelo y vegetación en el área de desplante del Proyecto.

Uso de suelo y vegetación de campo	Superficie en ha	Porcentaje %
Área desprovista de vegetación	8.490	8.423
Cuerpo de agua	0.162	0.160
Selva baja caducifolia	75.851	75.253
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	16.292	16.164
Suma	**100.795**	**100.000**

En la siguiente tabla se muestran las superficies de uso de suelo y vegetación por componente existente en el área de desplante.

Tabla 93. Usos de suelo y vegetación de campo existente en los componentes del área de desplante.

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Superficie en ha
1	Mina subterránea			Área desprovista de vegetación	1.300
				Selva baja caducifolia	4.154
		Áreas de corte y relleno		Área desprovista de vegetación	0.057
				Selva baja caducifolia	0.053
		Rampa de acceso		Área desprovista de vegetación	0.007
				Selva baja caducifolia	0.082
2	Trituración primaria			Selva baja caducifolia	0.017
3	Rampa de acceso			Área desprovista de vegetación	0.032
				Cuerpo de agua	0.001
				Selva baja caducifolia	0.531
		Áreas de corte y relleno		Selva baja caducifolia	0.007
4	Rampa de servicios			Área desprovista de vegetación	0.030
				Cuerpo de agua	0.001
				Selva baja caducifolia	0.515

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Superficie en ha
		Áreas de corte y relleno		Área desprovista de vegetación	0.003
				Selva baja caducifolia	0.048
5	Portal de entrada			Área desprovista de vegetación	0.441
				Selva baja caducifolia	0.036
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.002
		Rampa de servicios		Selva baja caducifolia	0.001
		Transportador aéreo de trituración subterránea		Selva baja caducifolia	0.000
6	Transportador aéreo de trituración subterránea	Áreas de corte y relleno		Área desprovista de vegetación	0.001
				Cuerpo de agua	0.000
				Selva baja caducifolia	0.003
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.004
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	Área desprovista de vegetación	0.000
				Cuerpo de agua	0.000
				Selva baja caducifolia	0.001
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.003
		Obra de drenaje		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.001
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.001
		Vialidad		Área desprovista de vegetación	0.001
				Selva baja caducifolia	0.002
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.005
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	Área desprovista de vegetación	0.000
				Selva baja caducifolia	0.001
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.002

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Superficie en ha
7	Torre de transferencia			Área desprovista de vegetación	0.027
		Vialidad		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.019
8	Puente transportador			Área desprovista de vegetación	0.004
				Selva baja caducifolia	0.040
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.005
		Áreas de corte y relleno		Selva baja caducifolia	0.009
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	Selva baja caducifolia	0.003
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo		Área desprovista de vegetación	0.001
				Cuerpo de agua	0.000
				Selva baja caducifolia	0.017
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.002
		Vialidad		Área desprovista de vegetación	0.000
				Selva baja caducifolia	0.003
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.003
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	Selva baja caducifolia	0.002
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.001
9	Cimentación puente transportador y transportador aéreo			Área desprovista de vegetación	0.000
				Cuerpo de agua	0.000
				Selva baja caducifolia	0.011
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.003
10	Banda transportadora			Área desprovista de vegetación	0.040
				Selva baja caducifolia	0.016

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Superficie en ha
		Vialidad		Selva baja caducifolia	0.003
11	Cribado secundario, tanque de mineral en bruto y trituradora secundaria			Área desprovista de vegetación	0.036
12	Molino de bolas deposito de alimentación			Selva baja caducifolia	0.037
13	Mantenimiento de molino			Área desprovista de vegetación Selva baja caducifolia	0.002 0.050
14	Molino			Selva baja caducifolia	0.056
15	Cuarto de control y eléctrico del molino			Selva baja caducifolia	0.049
16	Área de flotación			Selva baja caducifolia	0.056
17	Área de reactivos			Área desprovista de vegetación Selva baja caducifolia	0.001 0.032
18	Espezadores			Selva baja caducifolia	0.108
19	BIOX y torres de enfriamiento			Selva baja caducifolia	0.400
20	Depósito ASTER			Selva baja caducifolia	0.069
21	CCD y neutralización			Selva baja caducifolia	0.233
22	Área CIL			Selva baja caducifolia	0.077
23	Manipulación del carbón y refinería			Selva baja caducifolia	0.145
24	Entrega, almacenamiento y procesamiento de piedra caliza			Selva baja caducifolia	0.111
25	Laboratorio			Selva baja caducifolia	0.054
26	Corredor de tuberías			Cuerpo de agua Selva baja caducifolia	0.001 0.312
		Obra de drenaje		Selva baja caducifolia	0.001
27	Edificio de planta de relleno de pasta			Selva baja caducifolia Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.203 0.537
28	Filtros de cola: plataforma de preparación y transferencia			Selva baja caducifolia	0.104

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Superficie en ha
29	Filtro y tanques de jales de flotación			Área desprovista de vegetación Selva baja caducifolia Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.035 0.076 0.105
30	Generador de emergencia (1) 1,000 kw diesel			Área desprovista de vegetación Selva baja caducifolia Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.020 0.004 0.000
	Generadores de emergencia (3) 1,000 kw diesel			Selva baja caducifolia	0.087
31	Subestación eléctrica principal, sala de control eléctrico de la zona 700 EL. 785			Selva baja caducifolia	0.320
32	Sistema de agua primario, deposito principal, agua fresca y contra incendios			Área desprovista de vegetación Selva baja caducifolia	0.016 0.155
33	Estación de combustible de mina			Selva baja caducifolia	0.483
34	Área de plataforma de explotación			Selva baja caducifolia	1.759
35	Vestidores			Área desprovista de vegetación Selva baja caducifolia	0.023 0.097
36	Zona de apilamiento			Selva baja caducifolia	1.502
37	Almacén			Selva baja caducifolia	0.084
38	Almacén de reactivos			Selva baja caducifolia	0.041
39	Planta de tratamiento de aguas residuales para taller de camiones y vestuarios			Área desprovista de vegetación Selva baja caducifolia	0.043 0.069
41	Tepetatera 1			Cuerpo de agua	0.032

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Superficie en ha
				Selva baja caducifolia	5.139
42	Tepetatera 2			Área desprovista de vegetación	0.712
				Cuerpo de agua	0.049
				Selva baja caducifolia	13.696
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	4.591
		Obra de drenaje		Cuerpo de agua	0.001
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.022
43	Presa de jales			Área desprovista de vegetación	0.534
				Cuerpo de agua	0.030
				Selva baja caducifolia	15.394
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	6.782
44	Pileta de recolección			Cuerpo de agua	0.008
				Selva baja caducifolia	1.044
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.433
45	Área de explosivos			Área desprovista de vegetación	0.424
46	Vialidad			Área desprovista de vegetación	0.852
				Cuerpo de agua	0.005
				Selva baja caducifolia	4.124
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	1.181
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo		Área desprovista de vegetación	0.000
				Selva baja caducifolia	0.001
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.001
		Obra de drenaje		Cuerpo de agua	0.001
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.010
47	Área libre			Área desprovista de vegetación	0.936
				Selva baja caducifolia	4.249

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Superficie en ha
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.886
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo		Área desprovista de vegetación	0.000
48	Áreas de corte y relleno			Área desprovista de vegetación	2.246
				Cuerpo de agua	0.027
				Selva baja caducifolia	16.994
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	1.501
49	Obra de drenaje			Cuerpo de agua	0.003
				Selva baja caducifolia	0.032
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.139
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.000
50	Camino			Área desprovista de vegetación	0.633
				Cuerpo de agua	0.004
				Selva baja caducifolia	2.812
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.055
		Mina subterránea		Área desprovista de vegetación	0.032
				Selva baja caducifolia	0.025
		Obra de drenaje		Selva baja caducifolia	0.004
		Rampa de acceso		Selva baja caducifolia	0.006
		Rampa de servicios		Selva baja caducifolia	0.006
				Suma	**100.795**

3. Superficie total de vegetación por afectar en la zona del área de desplante del Proyecto

La vegetación en la zona de desplante del área del Proyecto es de 92.144 ha, de las cuales 75.851 ha corresponden a Selva baja caducifolia y 16.292 ha a vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia.

Tabla 94. Vegetación en el área de desplante del Proyecto.

Uso de suelo y vegetación de campo	Superficie en ha	Porcentaje %
Selva baja caducifolia	75.851	82.318
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	16.292	17.682
Suma	**92.144**	**100.000**

Cabe mencionar que algunas de las actividades se desarrollarán de forma subterránea por lo cual no se realizará la remoción de vegetación en estas.

Por lo anterior en 86.846 ha se realizará la remoción de vegetación y en 5.298 ha no se realizará la remoción de vegetación. En la siguiente tabla se muestran las superficies en las cuales se realizará la remoción de vegetación y en cuales no se realizará la remoción de vegetación.

Tabla 95. Superficies de vegetación en la cual se realizará remoción de vegetación y sin remoción de vegetación en el área de desplante.

Uso de suelo y vegetación de campo	Actividad	Superficie en ha	Porcentaje %
Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	70.553	76.57
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia		16.292	17.68
	Subtotal	**86.846**	**94.25**
Selva baja caducifolia	Sin remoción de vegetación	5.298	5.75
	Subtotal	**5.298**	**5.75**
	Suma	**92.144**	**100.00**

En la siguiente tabla se muestran los componentes en los cuales se realizará la remoción de vegetación y en cuales no se realizará la remoción de vegetación.

Tabla 96. Superficies de vegetación en la cual se realizará remoción de vegetación y sin remoción de vegetación por componente en el área de desplante.

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Actividad forestal	Superficie en ha
1	Mina subterránea			Selva baja caducifolia	Sin remoción de vegetación	4.154
		Áreas de corte y relleno		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.053
		Rampa de acceso		Selva baja caducifolia	Sin remoción de vegetación	0.082
2	Trituración primaria			Selva baja caducifolia	Sin remoción de vegetación	0.017
3	Rampa de acceso			Selva baja caducifolia	Sin remoción de vegetación	0.531
		Áreas de corte y relleno		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.007
4	Rampa de servicios			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.000
					Sin remoción de vegetación	0.515
		Áreas de corte y relleno		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.048
5	Portal de entrada			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.036
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.002
		Rampa de servicios		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.001
		Transportador aéreo de trituración subterránea		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.000
6	Transportador aéreo de trituración subterránea	Áreas de corte y relleno		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.003
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.004

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Actividad forestal	Superficie en ha
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.001
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.003
		Obra de drenaje		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.001
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.001
		Vialidad		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.002
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.005
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.001
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.002
7	Torre de transferencia	Vialidad		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.019
8	Puente transportador			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.040
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.005
		Áreas de corte y relleno		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.009

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Actividad forestal	Superficie en ha
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.003
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.017
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.002
		Vialidad		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.003
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.003
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.002
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.001
9	Cimentación puente transportador y transportador aéreo			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.011
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.003
10	Banda transportadora			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.016
		Vialidad		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.003

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Actividad forestal	Superficie en ha
12	Molino de bolas deposito de alimentación			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.037
13	Mantenimiento de molino			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.050
14	Molino			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.056
15	Cuarto de control y eléctrico del molino			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.049
16	Área de flotación			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.056
17	Área de reactivos			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.032
18	Espezadores			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.108
19	BIOX y torres de enfriamiento			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.400
20	Depósito ASTER			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.069
21	CCD y neutralización			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.233
22	Área CIL			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.077
23	Manipulación del carbón y refinería			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.145
24	Entrega, almacenamiento y procesamiento de piedra caliza			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.111
25	Laboratorio			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.054
26	Corredor de tuberías			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.312
		Obra de drenaje		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.001

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Actividad forestal	Superficie en ha
27	Edificio de planta de relleno de pasta			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.203
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.537
28	Filtros de cola: plataforma de preparación y transferencia			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.104
29	Filtro y tanques de jales de flotación			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.076
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.105
30	Generador de emergencia (1) 1,000 kw diesel			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.004
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.000
	Generadores de emergencia (3) 1,000 kw diesel			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.087
31	Subestación eléctrica principal, sala de control eléctrico de la zona 700 EL. 785			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.320

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Actividad forestal	Superficie en ha
32	Sistema de agua primario, deposito principal, agua fresca y contra incendios			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.155
33	Estación de combustible de mina			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.483
34	Área de plataforma de explotación			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	1.759
35	Vestidores			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.097
36	Zona de apilamiento			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	1.502
37	Almacén			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.084
38	Almacén de reactivos			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.041
39	Planta de tratamiento de aguas residuales para taller de camiones y vestuarios			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.069
41	Tepetatera 1			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	5.139
42	Tepetatera 2			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	13.696
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	4.591
		Obra de drenaje		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.022
43	Presa de jales			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	15.394

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Actividad forestal	Superficie en ha
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	6.782
44	Pileta de recolección			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	1.044
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.433
46	Vialidad			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	4.124
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	1.181
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.001
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.001
		Obra de drenaje		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.010
47	Área libre			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	4.249
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.886
48	Áreas de corte y relleno			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	16.994
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	1.501
49	Obra de drenaje			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.032
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.139

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Actividad forestal	Superficie en ha
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.000
50	Camino			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	2.812
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.055
		Mina subterránea		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.025
		Obra de drenaje		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.004
		Rampa de acceso		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.006
		Rampa de servicios		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.006
					Suma	**92.144**

En la siguiente figura se muestra donde se realizará remoción de vegetación, sin remoción de vegetación y donde no aplica.

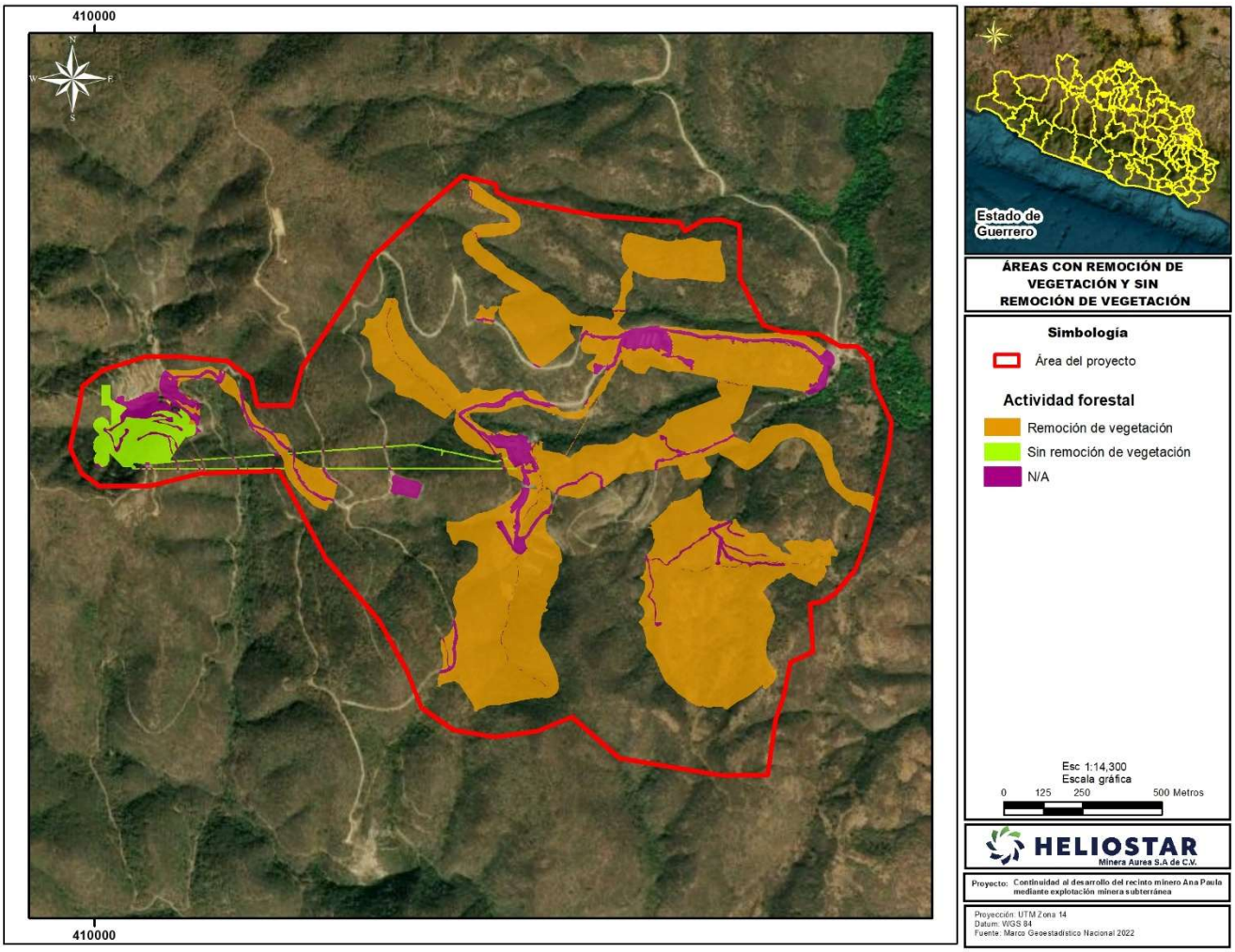


Figura 32. Áreas con remoción de vegetación y sin remoción de vegetación.

I.7.7.6 Superficie de vegetación forestal total existente y por afectar

1. Superficie por cada tipo de vegetación forestal por afectar en el área de desplante

En la zona del área de desplante del Proyecto se realizará la remoción de vegetación forestal en 86.846 ha, de las cuales 70.553 ha corresponden a selva baja caducifolia y 16.292 ha a vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia.

Tabla 97. Superficie forestal por afectar en el área de desplante del Proyecto.

Uso de suelo y vegetación de campo	Superficie en ha	Porcentaje %
Selva baja caducifolia	70.553	81.24
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	16.292	18.76
Suma	**86.846**	**100.00**

En la siguiente tabla se muestran los componentes en los cuales se realizará la remoción de vegetación; así la superficie.

Tabla 98. Componentes en los cuales se realizará la remoción de vegetación; así la superficie.

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Actividad forestal	Superficie en ha
1	Mina subterránea	Áreas de corte y relleno		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.053
3	Rampa de acceso	Áreas de corte y relleno		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.007
4	Rampa de servicios			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.000
		Áreas de corte y relleno		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.048
5	Portal de entrada			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.036
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.002
		Rampa de servicios		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.001
		Transportador aéreo de trituración subterránea		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.000
6	Transportador aéreo de trituración subterránea	Áreas de corte y relleno		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.003
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.004
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.001
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.003

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Actividad forestal	Superficie en ha
		Obra de drenaje		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.001
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.001
		Vialidad		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.002
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.005
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.001
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.002
7	Torre de transferencia	Vialidad		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.019
8	Puente transportador			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.040
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.005
		Áreas de corte y relleno		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.009

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Actividad forestal	Superficie en ha
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.003
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.017
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.002
		Vialidad		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.003
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.003
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.002
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.001
9	Cimentación puente transportador y transportador aéreo			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.011
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.003

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Actividad forestal	Superficie en ha
10	Banda transportadora			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.016
		Vialidad		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.003
12	Molino de bolas deposito de alimentación			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.037
13	Mantenimiento de molino			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.050
14	Molino			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.056
15	Cuarto de control y eléctrico del molino			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.049
16	Área de flotación			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.056
17	Área de reactivos			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.032
18	Espezadores			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.108
19	BIOX y torres de enfriamiento			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.400
20	Depósito ASTER			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.069
21	CCD y neutralización			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.233

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Actividad forestal	Superficie en ha
22	Área CIL			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.077
23	Manipulación del carbón y refinería			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.145
24	Entrega, almacenamiento y procesamiento de piedra caliza			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.111
25	Laboratorio			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.054
26	Corredor de tuberías			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.312
		Obra de drenaje		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.001
27	Edificio de planta de relleno de pasta			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.203
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.537
28	Filtros de cola: plataforma de preparación y transferencia			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.104
29	Filtro y tanques de jales de flotación			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.076
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.105
30	Generador de emergencia (1) 1,000 kw diesel			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.004

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Actividad forestal	Superficie en ha
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.000
	Generadores de emergencia (3) 1,000 kw diesel			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.087
31	Subestación eléctrica principal, sala de control eléctrico de la zona 700 EL. 785			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.320
32	Sistema de agua primario, deposito principal, agua fresca y contra incendios			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.155
33	Estación de combustible de mina			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.483
34	Área de plataforma de explotación			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	1.759
35	Vestidores			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.097
36	Zona de apilamiento			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	1.502

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Actividad forestal	Superficie en ha
37	Almacén			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.084
38	Almacén de reactivos			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.041
39	Planta de tratamiento de aguas residuales para taller de camiones y vestuarios			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.069
41	Tepetatera 1			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	5.139
42	Tepetatera 2			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	13.696
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	4.591
		Obra de drenaje		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.022
43	Presa de jales			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	15.394
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	6.782

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Actividad forestal	Superficie en ha
44	Pileta de recolección			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	1.044
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.433
46	Vialidad			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	4.124
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	1.181
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.001
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.001
		Obra de drenaje		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.010
47	Área libre			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	4.249
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.886
48	Áreas de corte y relleno			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	16.994
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	1.501
49	Obra de drenaje			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.032

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Actividad forestal	Superficie en ha
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.139
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.000
50	Camino			Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	2.812
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.055
		Mina subterránea		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.025
		Obra de drenaje		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.004
		Rampa de acceso		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.006
		Rampa de servicios		Selva baja caducifolia	Remoción de vegetación	0.006
					Suma	**86.846**

2. Superficie de forestal autorizada y por autorizar en materia de impacto ambiental

Como se mencionó anteriormente en la zona del área de desplante del Proyecto se realizará la remoción de vegetación forestal en 86.846 ha, de las cuales 22.911 ha se tienen autorizadas y 63.935 ha por autorizar.

Tabla 99. Superficies de vegetación forestal que será removida autorizada y por autorizar.

Forestal	Estatus	Superficie en ha	Porcentaje %
Vegetación forestal	Autorizado	22.911	26.38
	Por autorizar	63.935	73.62
	Suma	**86.846**	**100.00**

De forma resumida se obtiene que 12.648 ha de selva baja caducifolia y 10.262 ha de vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia se encuentran autorizadas, así como 57.905 ha de Selva baja caducifolia y 6.030 ha de vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia se encuentran por autorizar.

Tabla 100. Superficie forestal autorizada y por autorizar.

Forestal	Estatus	Uso de suelo y vegetación de campo	Superficie en ha	Porcentaje %
Vegetación forestal	Autorizado	Selva baja caducifolia	12.648	14.56
		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	10.262	11.82
		Subtotal	**22.911**	**26.38**
	Por autorizar	Selva baja caducifolia	57.905	66.68
		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	6.030	6.94
		Subtotal	**63.935**	**73.62**
		Suma	**86.846**	**100.00**

En la siguiente tabla se muestran los componentes por uso de suelo y vegetación autorizados y por autorizar en los cuales se realizará la remoción de vegetación.

Tabla 101. Componentes por uso de suelo y vegetación autorizados y por autorizar en los cuales se realizará la remoción de vegetación.

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Estatus	Superficie en ha
1	Mina subterránea	Áreas de corte y relleno		Selva baja caducifolia	Autorizado	0.053
3	Rampa de acceso	Áreas de corte y relleno		Selva baja caducifolia	Autorizado	0.007
4	Rampa de servicios			Selva baja caducifolia	Autorizado	0.000
		Áreas de corte y relleno		Selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.000 0.048
5	Portal de entrada			Selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.035 0.001
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.002
		Rampa de servicios		Selva baja caducifolia	Autorizado	0.001
		Transportador aéreo de trituración subterránea		Selva baja caducifolia	Autorizado	0.000
6	Transportador aéreo de trituración subterránea	Áreas de corte y relleno		Selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.000 0.003
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.004 0.000
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	Selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.000 0.001
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.002 0.000
		Obra de drenaje		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.001

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Estatus	Superficie en ha
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.001
		Vialidad		Selva baja caducifolia	Autorizado	0.002
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.005
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.001
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.002
7	Torre de transferencia	Vialidad		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.019
8	Puente transportador			Selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.000 0.040
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.005
		Áreas de corte y relleno		Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.009
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.003
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo		Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.017
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.002
		Vialidad		Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.003
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.002

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Estatus	Superficie en ha
					Por autorizar	0.001
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.002
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.001
9	Cimentación puente transportador y transportador aéreo			Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.011
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.001 0.001
10	Banda transportadora			Selva baja caducifolia	Autorizado	0.016
		Vialidad		Selva baja caducifolia	Autorizado	0.003
12	Molino de bolas deposito de alimentación			Selva baja caducifolia	Autorizado	0.037
13	Mantenimiento de molino			Selva baja caducifolia	Autorizado	0.050
14	Molino			Selva baja caducifolia	Autorizado	0.056
15	Cuarto de control y eléctrico del molino			Selva baja caducifolia	Autorizado	0.049
16	Área de flotación			Selva baja caducifolia	Autorizado	0.056
17	Área de reactivos			Selva baja caducifolia	Autorizado	0.032
18	Espezadores			Selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.042 0.067
19	BIOX y torres de enfriamiento			Selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.298 0.102
20	Depósito ASTER			Selva baja caducifolia	Autorizado	0.040

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Estatus	Superficie en ha
					Por autorizar	0.030
21	CCD y neutralización			Selva baja caducifolia	Autorizado	0.233
22	Área CIL			Selva baja caducifolia	Autorizado	0.077
23	Manipulación del carbón y refinería			Selva baja caducifolia	Autorizado	0.145
24	Entrega, almacenamiento y procesamiento de piedra caliza			Selva baja caducifolia	Autorizado	0.111
25	Laboratorio			Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.054
26	Corredor de tuberías			Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.312
		Obra de drenaje		Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.001
27	Edificio de planta de relleno de pasta			Selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.022 0.181
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.537 0.000
28	Filtros de cola: plataforma de preparación y transferencia			Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.104
29	Filtro y tanques de jales de flotación			Selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.011 0.065
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.058 0.046

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Estatus	Superficie en ha
30	Generador de emergencia (1) 1,000 kw diesel			Selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.002 0.001
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.000 0.000
	Generadores de emergencia (3) 1,000 kw diesel			Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.087
31	Subestación eléctrica principal, sala de control eléctrico de la zona 700 EL. 785			Selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.047 0.273
32	Sistema de agua primario, deposito principal, agua fresca y contra incendios			Selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.058 0.097
33	Estación de combustible de mina			Selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.125 0.358
34	Área de plataforma de explotación			Selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.286 1.473
35	Vestidores			Selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.006 0.091
36	Zona de apilamiento			Selva baja caducifolia	Por autorizar	1.502
37	Almacén			Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.084

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Estatus	Superficie en ha
38	Almacén de reactivos			Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.041
39	Planta de tratamiento de aguas residuales para taller de camiones y vestuarios			Selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.011 0.058
41	Tepetatera 1			Selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.431 4.707
42	Tepetatera 2			Selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	4.321 9.375
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	4.268 0.323
		Obra de drenaje		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.009 0.012
43	Presa de jales			Selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	1.077 14.316
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	1.740 5.042
44	Pileta de recolección			Selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.126 0.919
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.180 0.253
46	Vialidad			Selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	1.184 2.940

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Estatus	Superficie en ha
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	1.109 0.071
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo		Selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.000 0.001
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.001 0.000
		Obra de drenaje		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.010
47	Área libre			Selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	2.084 2.164
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.833 0.052
48	Áreas de corte y relleno			Selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	1.349 15.644
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	1.351 0.150
49	Obra de drenaje			Selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.003 0.029
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado Por autorizar	0.124 0.015
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo		Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.000

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Estatus	Superficie en ha
50	Camino			Selva baja caducifolia	Autorizado	0.130
					Por autorizar	2.682
				Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.055
		Mina subterránea		Selva baja caducifolia	Autorizado	0.025
		Obra de drenaje		Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.004
		Rampa de acceso		Selva baja caducifolia	Autorizado	0.006
		Rampa de servicios		Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.006
					Suma	**86.846**

3. Polígonos forestales autorizados

La superficie de vegetación forestal autorizada corresponde a 22.911 ha. La superficie forestal autorizada por afectar se dividió en 163 polígonos, cuya superficie individual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 102. Superficies de los polígonos forestales autorizados.

Polígono	Uso de suelo y vegetación de campo	Estatus	Superficie en ha
1	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.055
2	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.001
3	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.002
4	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.006
5	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.014
6	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.003
7	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.002
8	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.043
9	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.025
10	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.089
11	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.021
12	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.000
13	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.007
14	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.088
15	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.001
16	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.004
17	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.026
18	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.000
19	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.001
20	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.004
21	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.002
22	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.001
23	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.055
24	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.032
25	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.235
26	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.004
27	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.036
28	Selva baja caducifolia	Autorizado	3.384
29	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.007
30	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.339
31	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.000
32	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.001
33	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.000
34	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.007
35	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.001
36	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.003
37	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.004
38	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.003
39	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.000
40	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.008
41	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.001
42	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.003

Polígono	Uso de suelo y vegetación de campo	Estatus	Superficie en ha
43	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.118
44	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.002
45	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.006
46	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.010
47	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.017
48	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.000
49	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.003
50	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.020
51	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.000
52	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.002
53	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.000
54	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.001
55	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.321
56	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.000
57	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.002
58	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.006
59	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.001
60	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.002
61	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.000
62	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.163
63	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.331
64	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.000
65	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.000
66	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.007
67	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.001
68	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.001
69	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.000
70	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.001
71	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.000
72	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.000
73	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.011
74	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.142
75	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.000
76	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.010
77	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.000
78	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.013
79	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.000
80	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.013
81	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.010
82	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.003
83	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.099
84	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.029
85	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.018
86	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.003
87	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.043
88	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.000
89	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.086
90	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.009
91	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.001

Polígono	Uso de suelo y vegetación de campo	Estatus	Superficie en ha
92	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.028
93	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.000
94	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.025
95	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.000
96	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.022
97	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.000
98	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.014
99	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.006
100	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.018
101	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.007
102	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.017
103	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.002
104	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.169
105	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.001
106	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.230
107	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.007
108	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.030
109	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.047
110	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.002
111	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.000
112	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.000
113	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.003
114	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.002
115	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.210
116	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.003
117	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.036
118	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.003
119	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.001
120	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.283
121	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.075
122	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.006
123	Selva baja caducifolia	Autorizado	4.838
124	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.071
125	Selva baja caducifolia	Autorizado	0.464
126	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.195
127	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.006
128	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.001
129	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.435
130	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.002

Polígono	Uso de suelo y vegetación de campo	Estatus	Superficie en ha
131	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.319
132	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.025
133	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.069
134	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.224
135	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.007
136	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.231
137	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.006
138	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.023
139	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.129
140	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.001
141	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.006
142	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.046
143	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.000
144	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.065
145	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.008
146	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.054
147	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.009

Polígono	Uso de suelo y vegetación de campo	Estatus	Superficie en ha
148	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.000
149	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.031
150	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	1.262
151	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.020
152	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.005
153	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	1.990
154	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.376
155	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.170
156	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.645
157	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.002
158	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.023
159	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.086
160	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.076
161	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.102
162	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	0.054
163	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Autorizado	3.555
		Suma	**22.911**

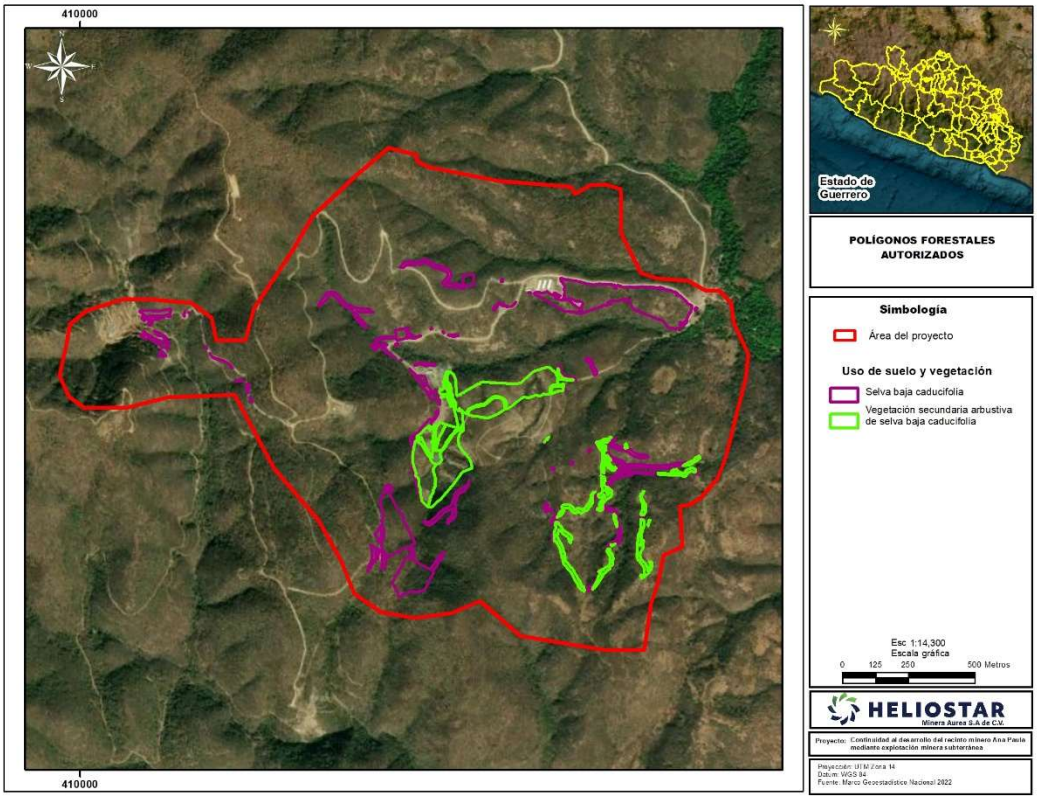


Figura 33. Ubicación de polígonos forestales autorizados (general).

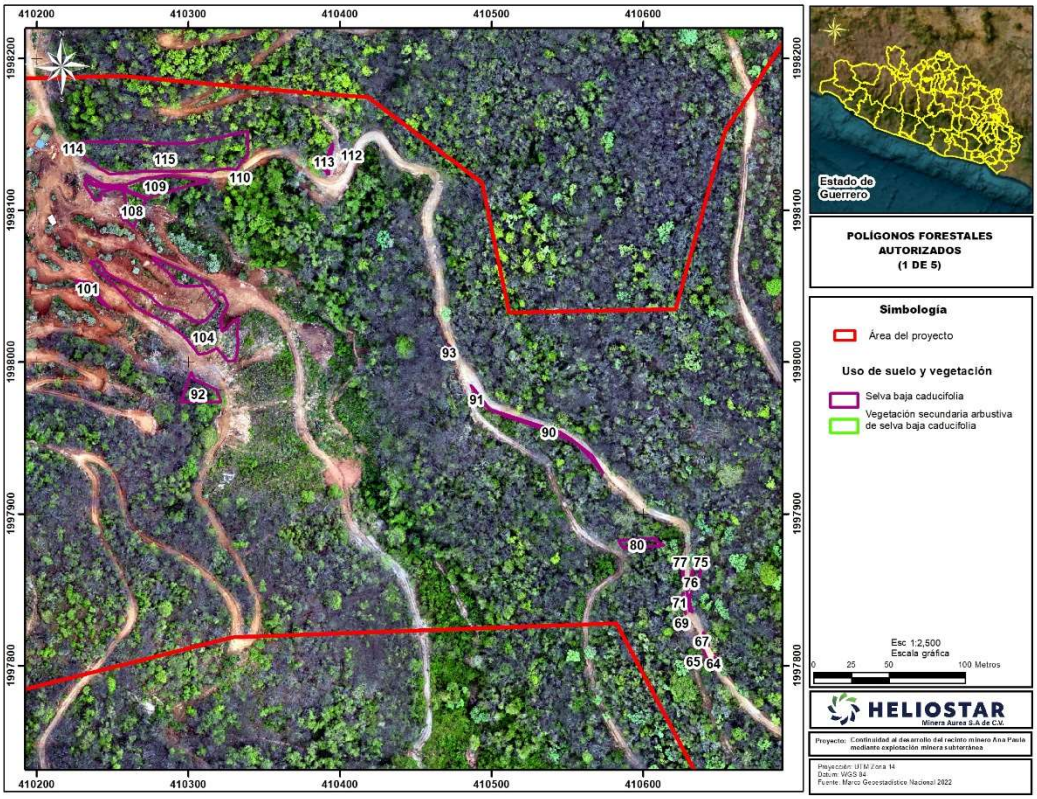


Figura 34. Ubicación de polígonos forestales autorizados (1 de 5).

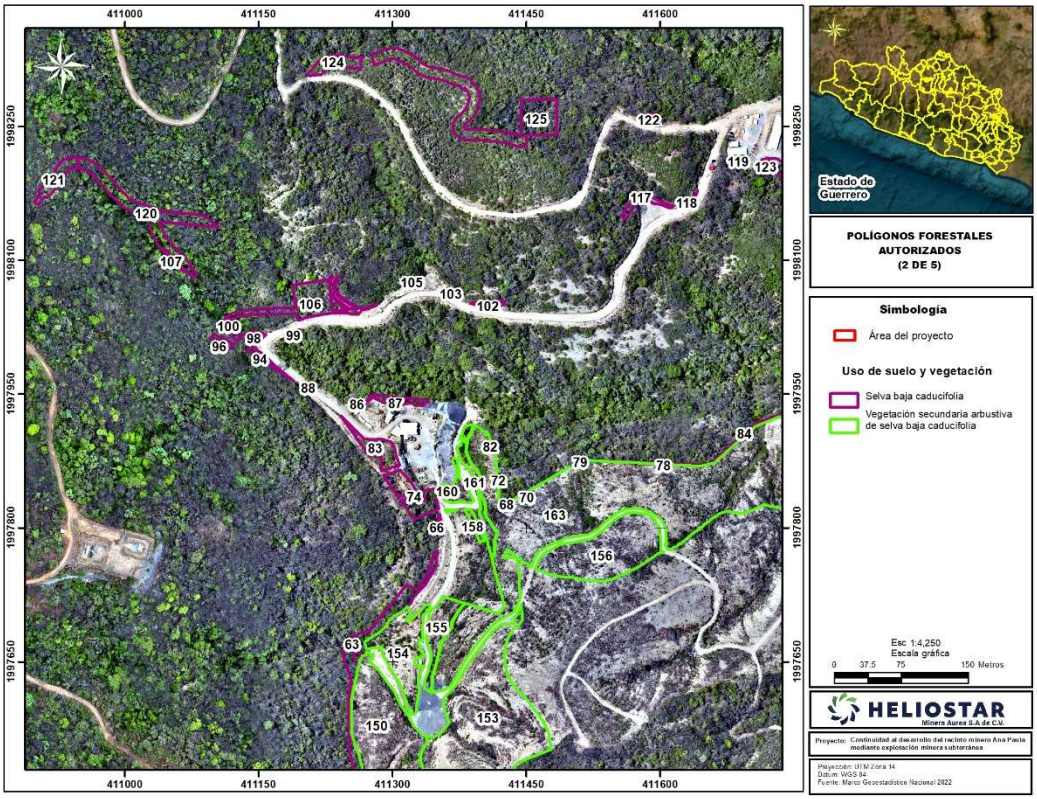


Figura 35. Ubicación de polígonos forestales autorizados (2 de 5).

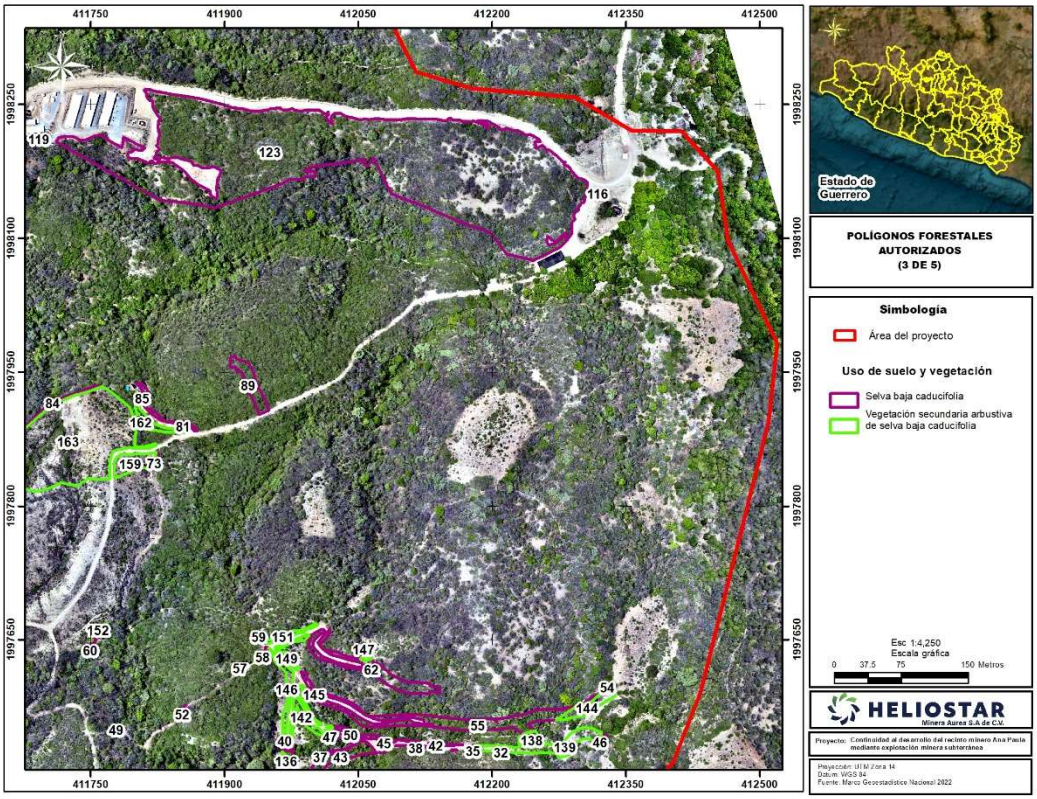


Figura 36. Ubicación de polígonos forestales autorizados (3 de 5).

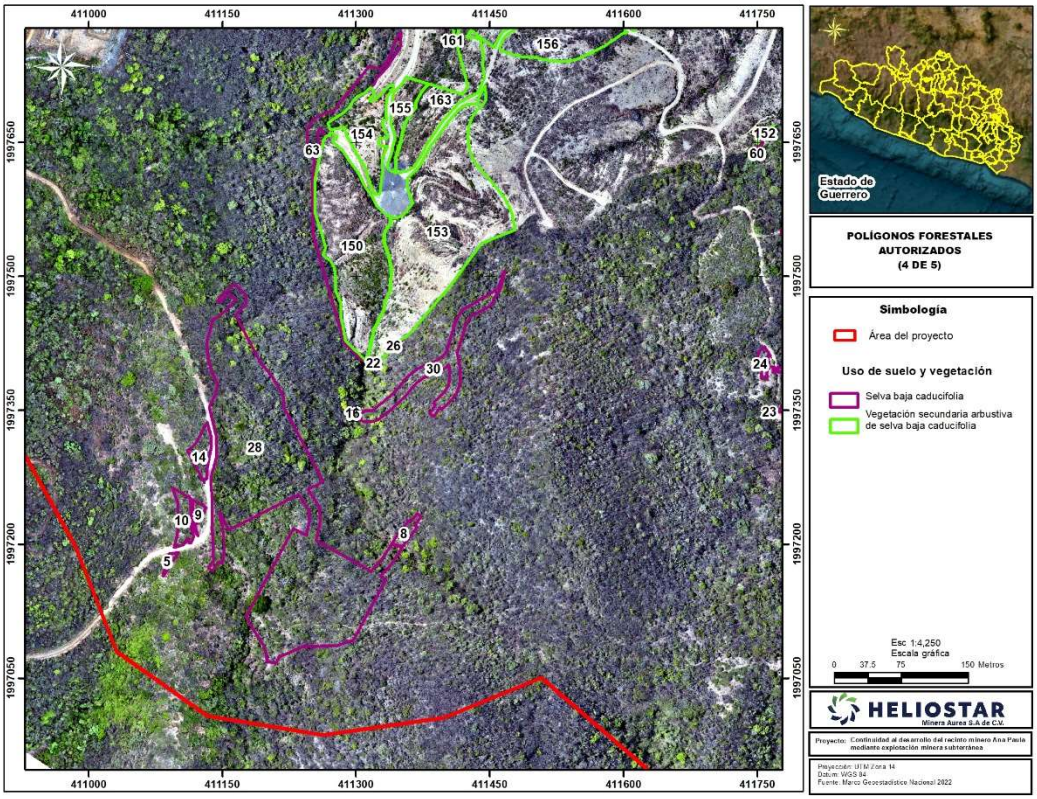


Figura 37. Ubicación de polígonos forestales autorizados (4 de 5).

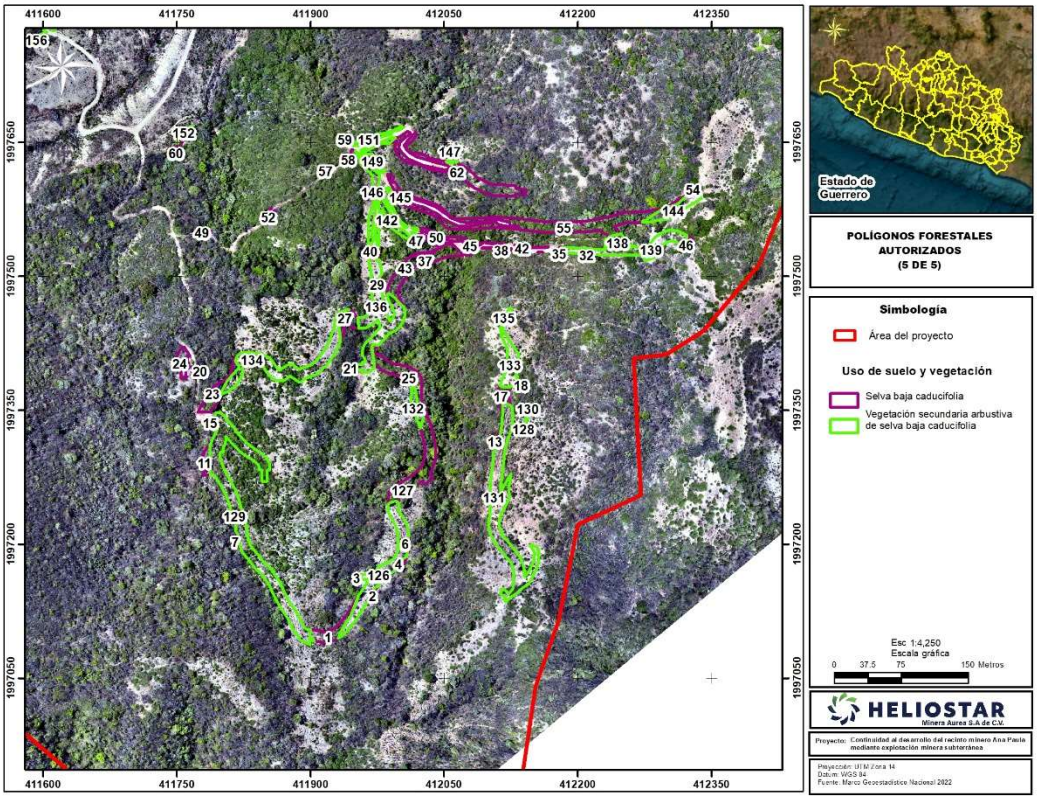


Figura 38. Ubicación de polígonos forestales autorizados (5 de 5).

4. Polígonos forestales por autorizar

La superficie de vegetación forestal por autorizar corresponde a 63.935 ha. La superficie forestal por autorizar y por afectar se dividió en 161 polígonos (numerados del 164 al 324), cuya superficie individual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 103. Superficies de los polígonos forestales por autorizar.

Polígono	Uso de suelo y vegetación de campo	Estatus	Superficie en ha
164	Selva baja caducifolia	Por autorizar	1.227
165	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.000
166	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.009
167	Selva baja caducifolia	Por autorizar	5.717
168	Selva baja caducifolia	Por autorizar	4.323
169	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.040
170	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.024
171	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.779
172	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.000
173	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.028
174	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.000
175	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.873
176	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.004
177	Selva baja caducifolia	Por autorizar	2.791
178	Selva baja caducifolia	Por autorizar	1.072
179	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.108
180	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.779
181	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.011
182	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.115
183	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.014
184	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.020
185	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.218
186	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.000
187	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.007
188	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.000
189	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.557
190	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.121
191	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.546
192	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.117
193	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.010
194	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.015
195	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.016
196	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.000
197	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.116
198	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.037
199	Selva baja caducifolia	Por autorizar	1.051
200	Selva baja caducifolia	Por autorizar	1.508
201	Selva baja caducifolia	Por autorizar	4.095
202	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.010
203	Selva baja caducifolia	Por autorizar	4.124
204	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.003
205	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.004

Polígono	Uso de suelo y vegetación de campo	Estatus	Superficie en ha
206	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.056
207	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.072
208	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.000
209	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.000
210	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.002
211	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.009
212	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.007
213	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.020
214	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.332
215	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.000
216	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.000
217	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.004
218	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.004
219	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.000
220	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.008
221	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.005
222	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.057
223	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.304
224	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.119
225	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.084
226	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.050
227	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.003
228	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.004
229	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.323
230	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.161
231	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.014
232	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.105
233	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.267
234	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.002
235	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.002
236	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.616
237	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.877
238	Selva baja caducifolia	Por autorizar	4.101
239	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.009
240	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.000
241	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.031

Polígono	Uso de suelo y vegetación de campo	Estatus	Superficie en ha
242	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.033
243	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.844
244	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.000
245	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.003
246	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.000
247	Selva baja caducifolia	Por autorizar	3.353
248	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.047
249	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.109
250	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.002
251	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.879
252	Selva baja caducifolia	Por autorizar	2.629
253	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.000
254	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.000
255	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.121
256	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.987
257	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.107
258	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.040
259	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.774
260	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.101
261	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.016
262	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.004
263	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.000
264	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.482
265	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.000
266	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.046
267	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.266
268	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.044
269	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.042
270	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.011
271	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.001
272	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.018
273	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.136
274	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.049

Polígono	Uso de suelo y vegetación de campo	Estatus	Superficie en ha
275	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.002
276	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.000
277	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.000
278	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.022
279	Selva baja caducifolia	Por autorizar	1.482
280	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.834
281	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.063
282	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.080
283	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.000
284	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.047
285	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.026
286	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.021
287	Selva baja caducifolia	Por autorizar	1.324
288	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.006
289	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.063
290	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.058
291	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.000
292	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	1.976
293	Selva baja caducifolia	Por autorizar	2.017
294	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.002
295	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.005
296	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.045
297	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.035
298	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.599
299	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.117
300	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.009
301	Selva baja caducifolia	Por autorizar	4.793
302	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.001
303	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.018
304	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.010
305	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.023
306	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.045

Polígono	Uso de suelo y vegetación de campo	Estatus	Superficie en ha
307	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.075
308	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.116
309	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.006
310	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.066
311	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.000
312	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.014
313	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.032
314	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.012
315	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.008
316	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.000
317	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.263
318	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.001
319	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.008
320	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.000
321	Selva baja caducifolia	Por autorizar	0.084
322	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.113
323	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.134
324	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Por autorizar	0.000
		Suma	**63.935**

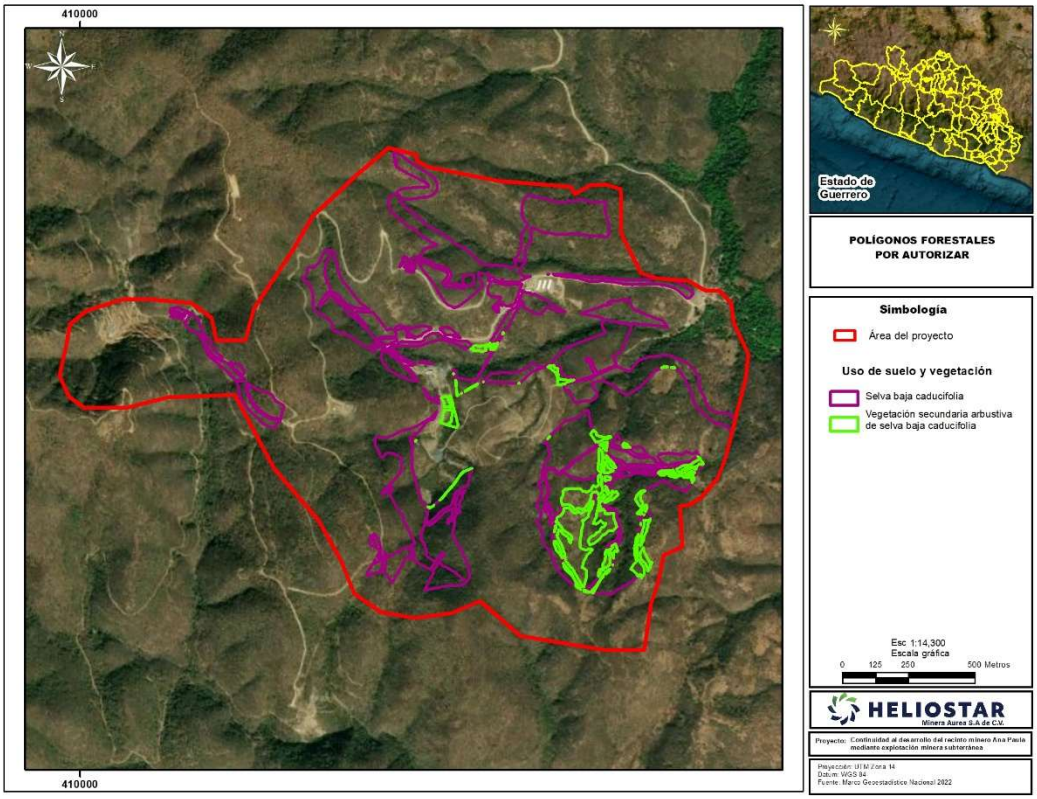


Figura 39. Ubicación de polígonos forestales por autorizar (general).

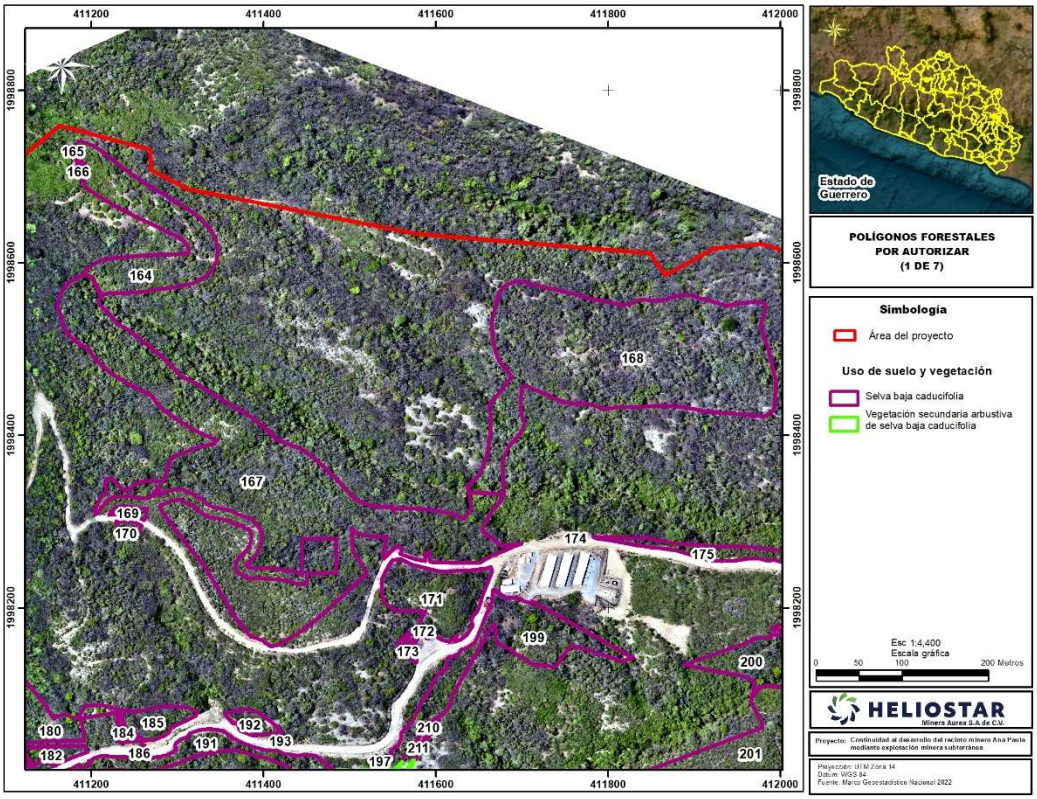


Figura 40. Ubicación de polígonos forestales por autorizar (1 de 7).

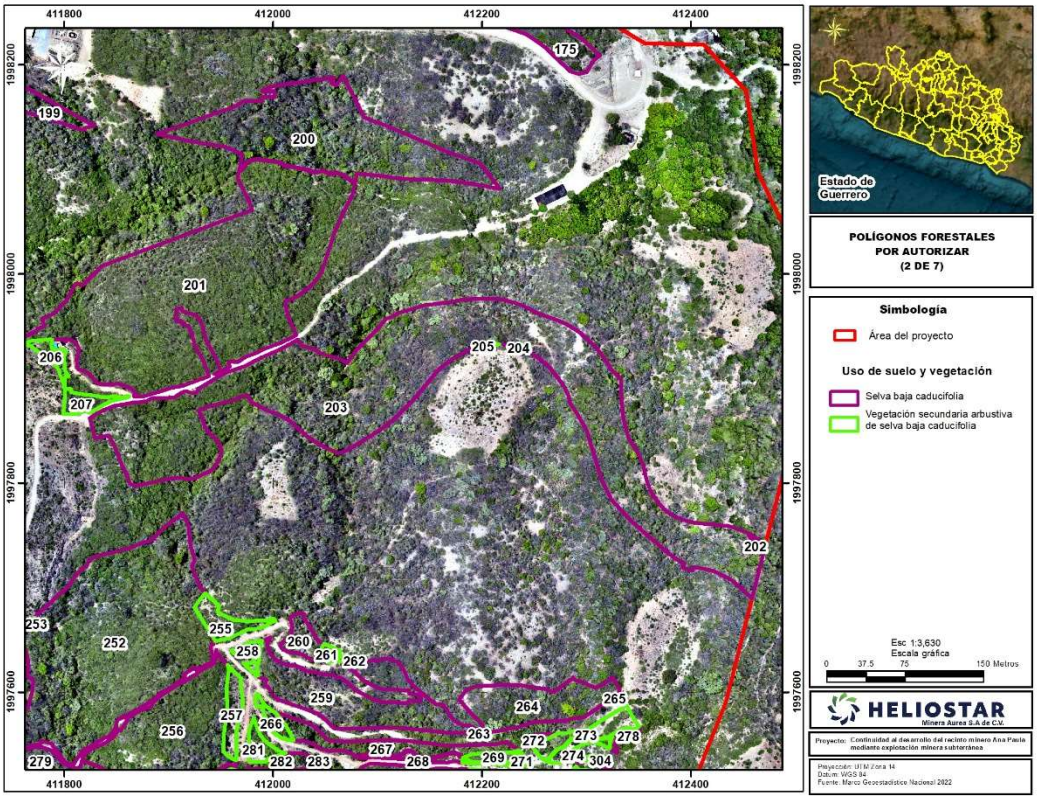


Figura 41. Ubicación de polígonos forestales por autorizar (2 de 7).

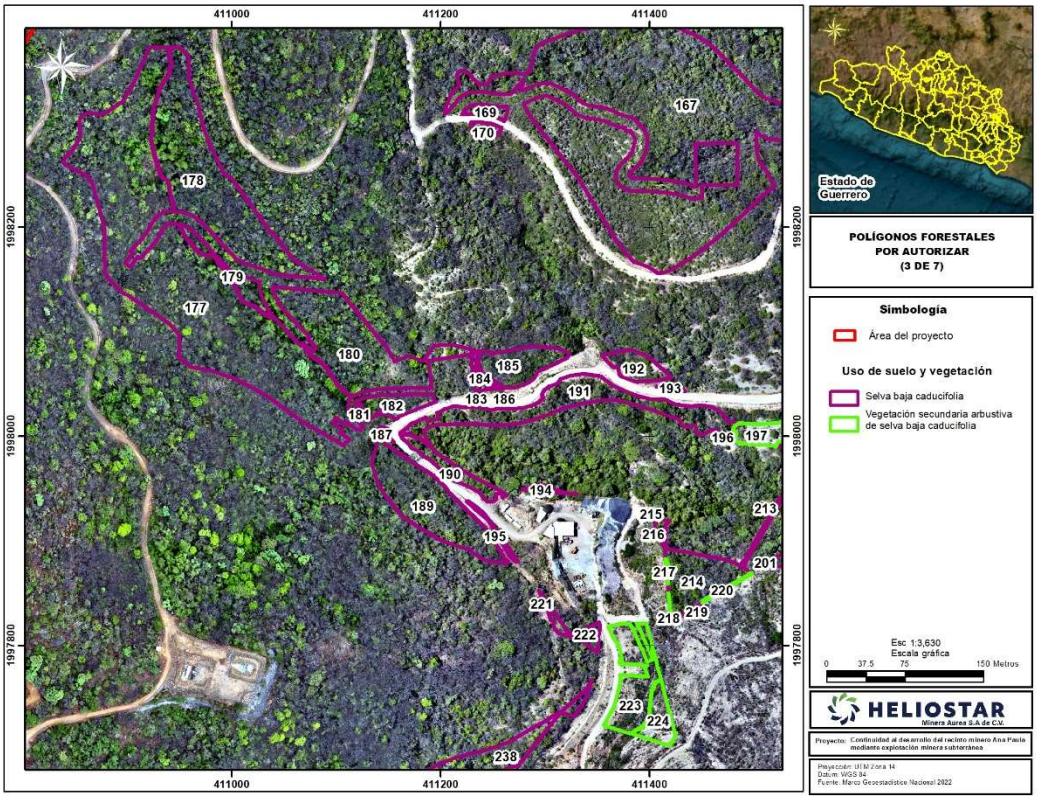


Figura 42. Ubicación de polígonos forestales por autorizar (3 de 7).

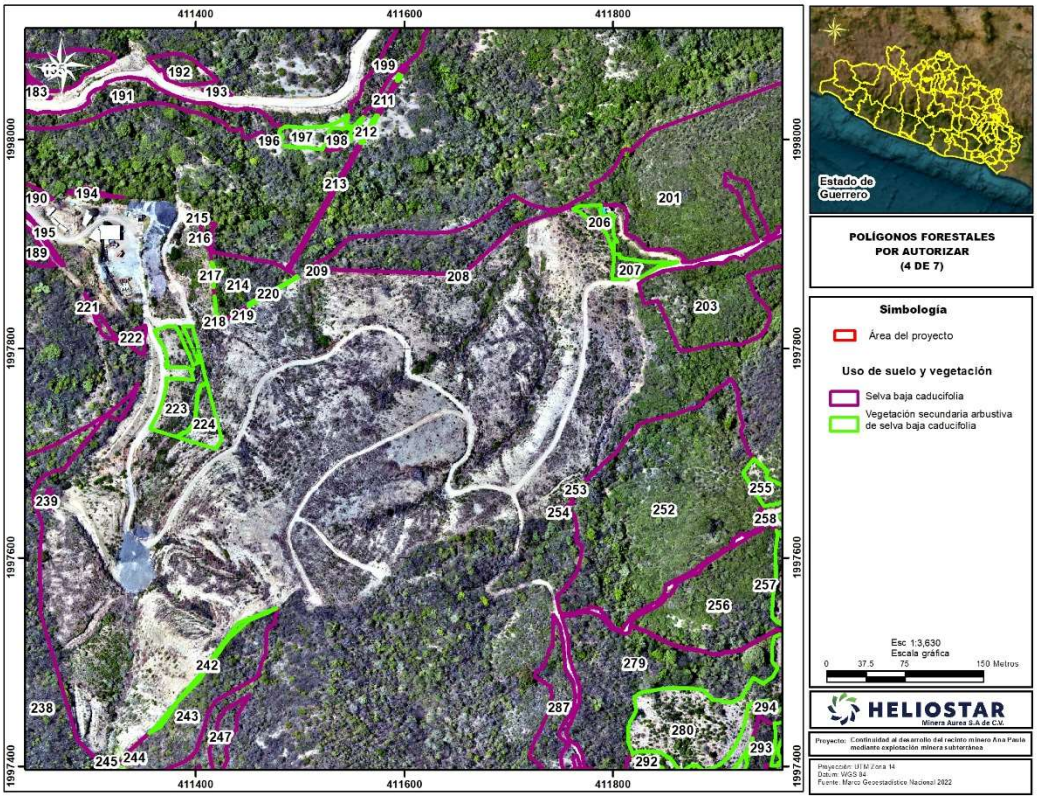


Figura 43. Ubicación de polígonos forestales por autorizar (4 de 7).

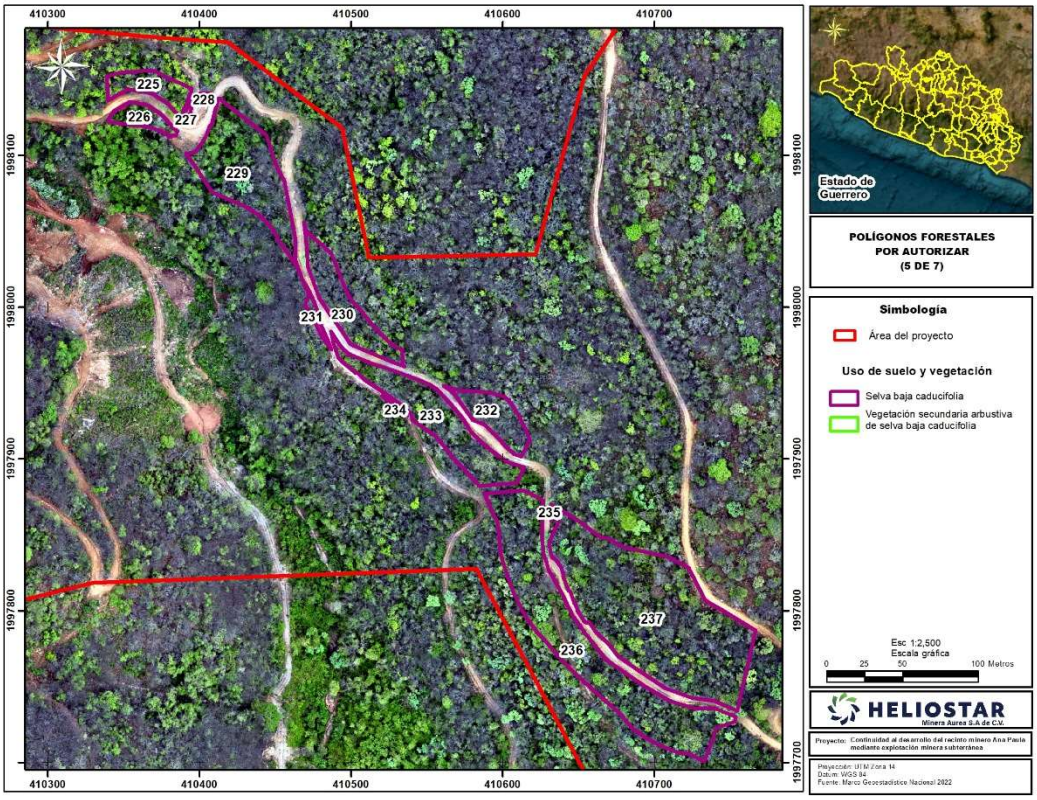


Figura 44. Ubicación de polígonos forestales por autorizar (5 de 7).

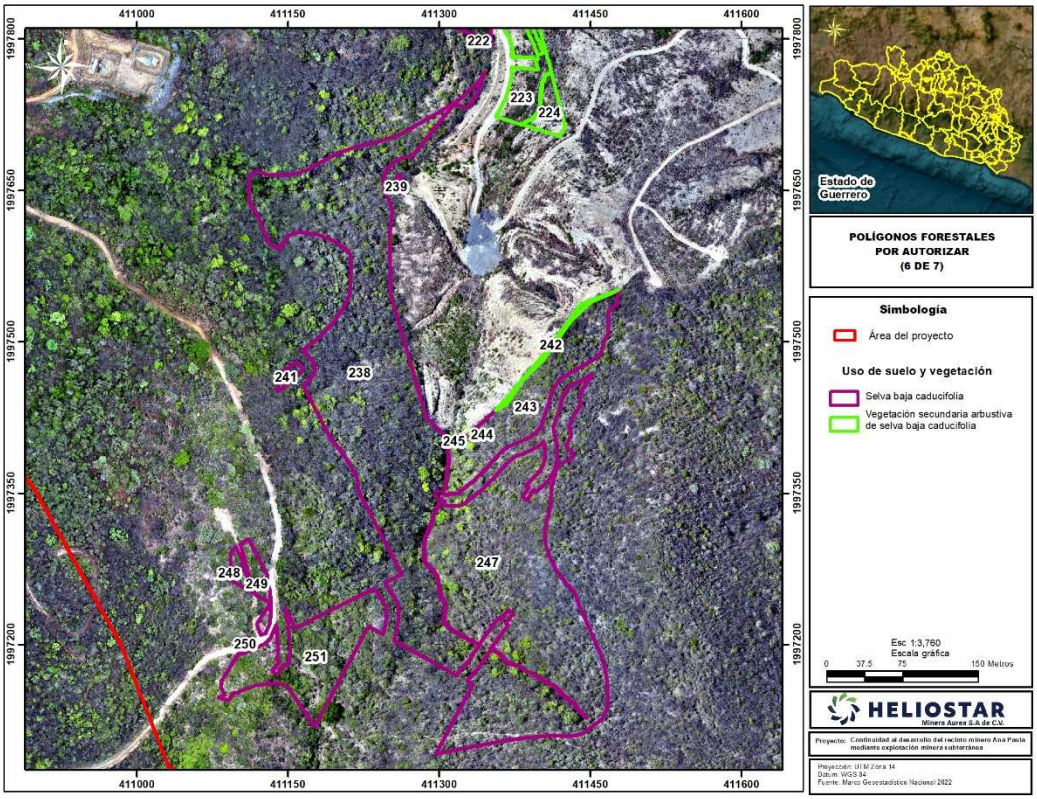


Figura 45. Ubicación de polígonos forestales por autorizar (6 de 7).

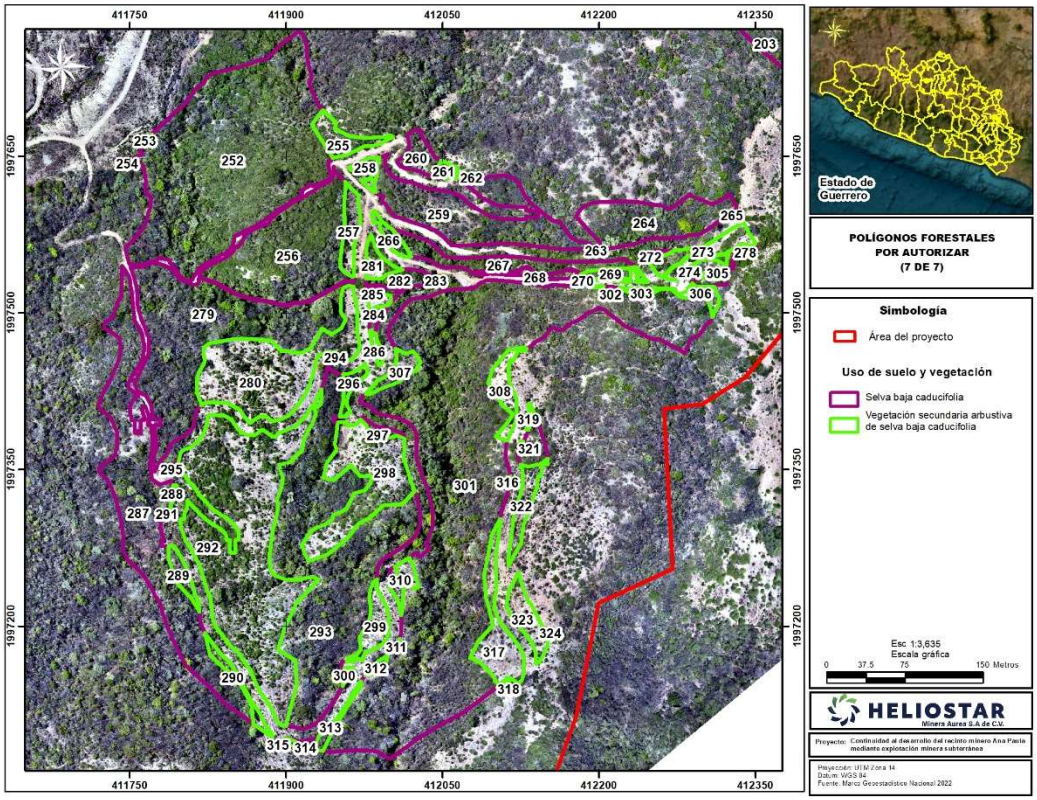


Figura 46. Ubicación de polígonos forestales por autorizar (7 de 7).

I.7.7.7 Superficie de incidencia en cuerpos de agua (temporal y/o permanente) existente y por afectar

De acuerdo con el uso de suelo y vegetación de campo en el área del Proyecto se tiene incidencia de 0.519 ha en escurrimientos de tipo intermitente, de las cuales 0.357 ha se tienen el área sin afectación y 0.162 ha en el área de desplante.

Tabla 104. Superficies de incidencia en escurrimientos intermitentes en el área del Proyecto.

Zona	Superficie en ha
Área de desplante	0.162
Área sin afectación	0.357
Suma	**0.519**

En la siguiente figura se muestran los escurrimientos ubicados en campo en el área del Proyecto.

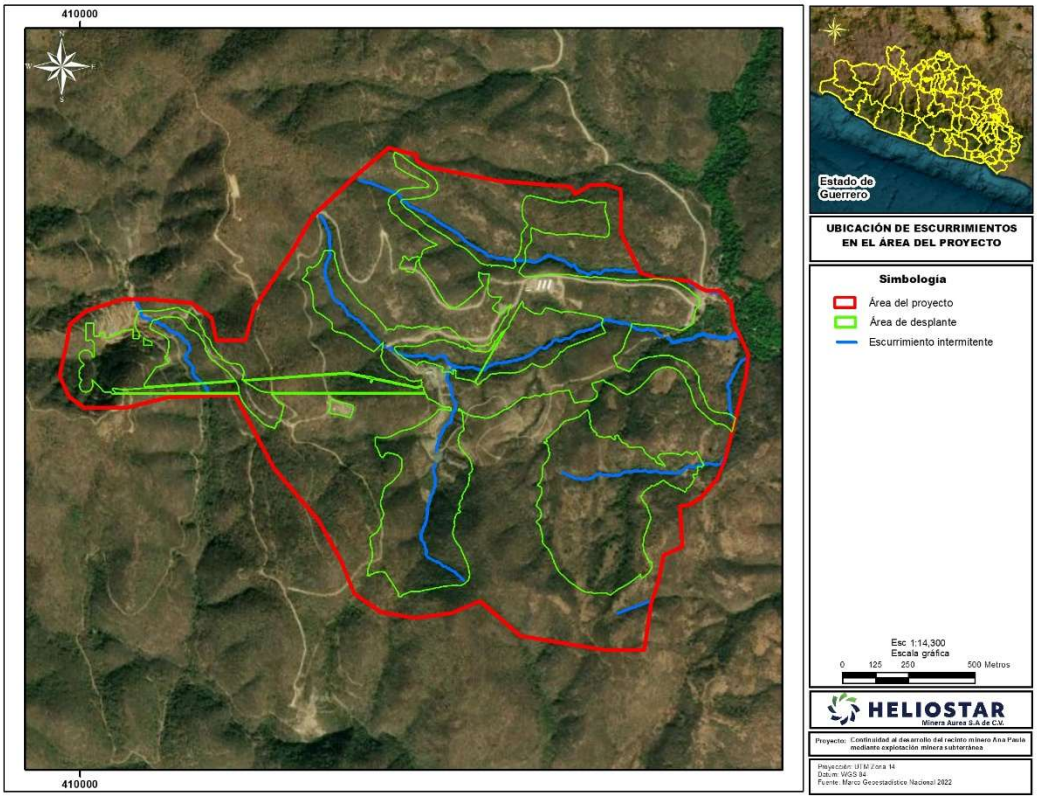


Figura 47. Ubicación de escurrimiento en el área del Proyecto.

Como se mencionó en el área de desplante se tiene una incidencia de 0.162 ha. En la siguiente tabla se muestran los componentes en los cuales se tiene la incidencia.

Tabla 105. Superficies de incidencia en escurrimientos en los componentes del área de desplante.

No	Componente	Sub componente 1	Sub componente 2	Uso de suelo y vegetación de campo	Zona	Superficie en ha
3	Rampa de acceso			Cuerpo de agua	Área de desplante	0.001
4	Rampa de servicios			Cuerpo de agua	Área de desplante	0.001
6	Transportador aéreo de trituración subterránea	Áreas de corte y relleno		Cuerpo de agua	Área de desplante	0.000
			Cimentación puente transportador y transportador aéreo	Cuerpo de agua	Área de desplante	0.000
8	Puente transportador	Cimentación puente transportador y transportador aéreo		Cuerpo de agua	Área de desplante	0.000
9	Cimentación puente transportador y transportador aéreo			Cuerpo de agua	Área de desplante	0.000
26	Corredor de tuberías			Cuerpo de agua	Área de desplante	0.001
41	Tepetatera 1			Cuerpo de agua	Área de desplante	0.032
42	Tepetatera 2			Cuerpo de agua	Área de desplante	0.049
		Obra de drenaje		Cuerpo de agua	Área de desplante	0.001
43	Presa de jales			Cuerpo de agua	Área de desplante	0.030
44	Pileta de recolección			Cuerpo de agua	Área de desplante	0.008
46	Vialidad			Cuerpo de agua	Área de desplante	0.005
		Obra de drenaje		Cuerpo de agua	Área de desplante	0.001
48	Áreas de corte y relleno			Cuerpo de agua	Área de desplante	0.027
49	Obra de drenaje			Cuerpo de agua	Área de desplante	0.003
50	Camino			Cuerpo de agua	Área de desplante	0.004
					Suma	**0.162**

Cabe mencionar que en la tabla anterior se tienen valores de 0 (cero) debido al redondeo a 3 decimales. En el anexo 3.8 se integro la tabla en Excel.

I.7.7.8 Superficie de incidencia en zona federal (temporal y/o permanente) existente y por afectar

En el anexo 16 se integró el oficio No. B00.7.02.-180, con asunto: Consulta para la identificación de cauce y de zona federal municipio de Cuetzala del Progreso, Guerrero, relativo a la consulta de identificación de cauce y zona federal respecto de la naturaleza de diversas barrancas o escurrimientos intermitentes de régimen pluvial identificados dentro del polígono promovido por la persona moral Minera Aurea, SA de CV, los cuales se manifiestan principalmente durante la temporada de lluvias.

Del análisis realizado por la CONAGUA, esta concluyó que las corrientes 1,3,4,5,6 y 7, no presentan cárcavas con características geométricas que estable la Ley de Aguas Nacionales, para ser consideradas cauce de propiedad nacional; mientras que la corriente 2, si presentan cárcava con características geométricas para ser considerado de propiedad nacional, a partir de las coordenadas UTM (412223.669 E, 1998037.4592 N) zona 14 hacia aguas abajo; así mismo, la cárcava de la corriente 8 cumple con las dimensiones geométricas para ser considerado propiedad nacional.

Dicho análisis quedó sujeto a un recorrido al sitio, para constatar las condiciones físicas en campo. Para lo cual, personal de la CONAGUA realizó el recorrido de campo los días 28 y 29 de mayo de 2026. En la siguiente figura se muestran las corrientes antes mencionadas.

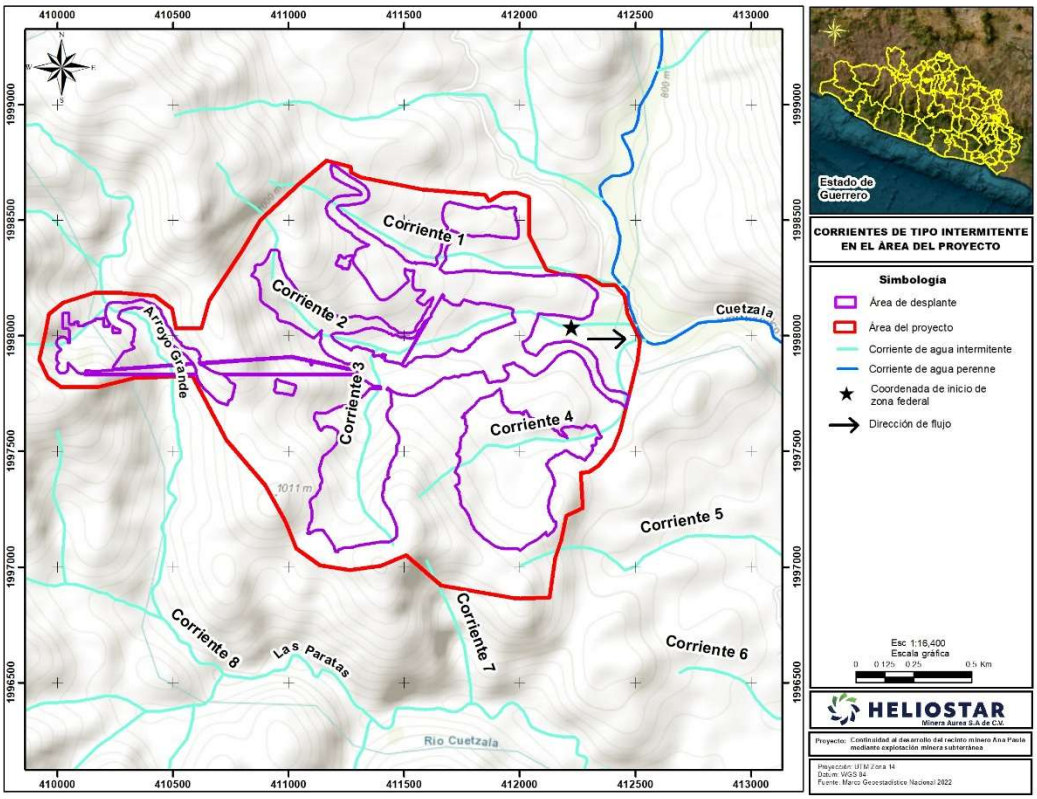


Figura 48. Ubicación de escurrimientos verificados por la CONAGUA.

Como se observa en la figura anterior, el AP no tiene incidencia en el escurrimiento número 8; en el caso del escurrimiento 2, el AP sí tiene incidencia, sin embargo, se encuentra en un área sin desplante de componentes, clasificada como área sin afectación del área del Proyecto en una superficie de 0.097 ha, por lo cual no resultará afectado en su trayectoria dictaminada como zona federal, como se muestra en la siguiente figura.

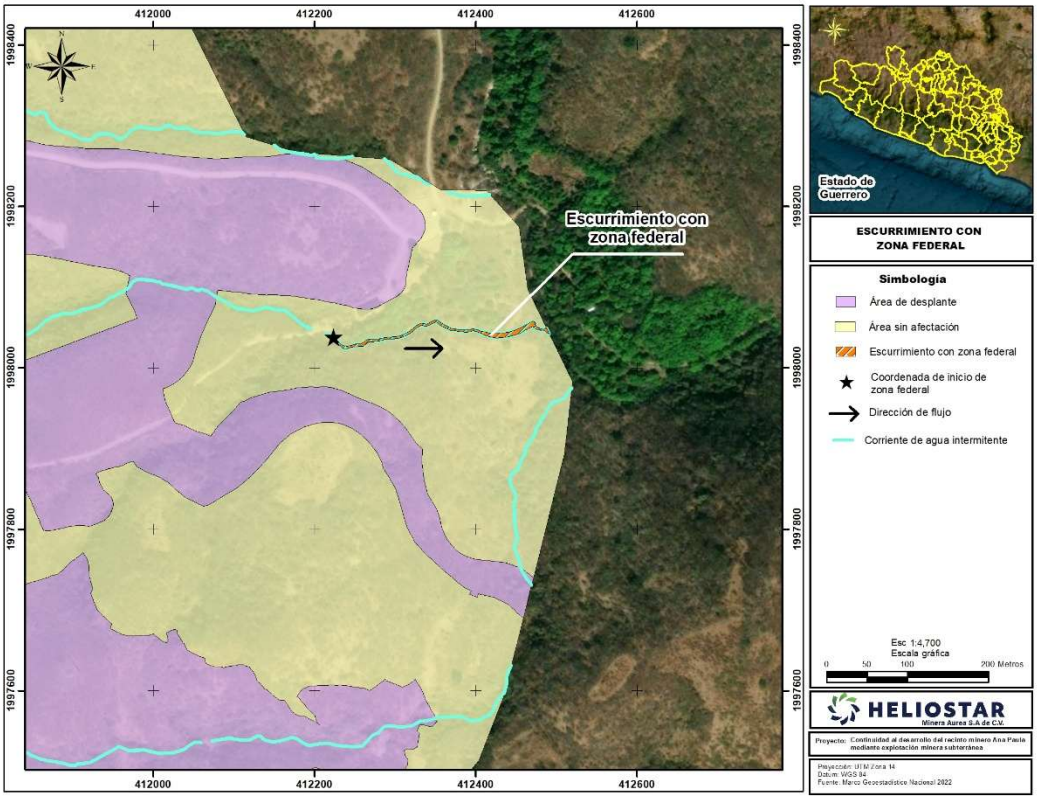


Figura 49. Ubicación de la zona federal de escurrimiento.

I.7.7.9 Superficie de incidencia en zona federal marítimo terrestre (temporal y/o permanente) existente y por afectar

En área del Proyecto se ubica a 125 km aproximadamente de la línea costera del océano Pacífico, por lo que no hay incidencia del Proyecto en zona federal marítimo terrestre.

I.7.8. Anexos

- Anexo 01_Documentacion legal (documentación legal del promovente y responsable técnico en formato **digital e impreso**)

- Anexo 02_Resolutivos (de las autorizaciones en materia de impacto ambiental en formato **digital**)
  - 2_1_MIA R
  - 2_2_Modificaciones
  - 2_ 3_Exenciones
  - 2_4_MIA P

- Anexo 03_AP_Shp_kmz_coordenadas (archivos en formato shapefile, kmz, kml, coordenadas en Excel y csv del área del Proyecto en formato **digital**)

  - 3_1 Area del proyecto_autorizaciones_shp
  - 3_2_Area del proyecto
  - 3_3_Area de desplante
  - 3_4_Componentes
  - 3_5_Obras
  - 3_6_Poligonos forestales
  - 3_7 Incidencias

- Anexo 05_Planos del proyecto (planos del proyecto en formato dwf y pdf, y **digital**)
  - 5_1_Planos
  - 5_2_Diagrama de flujo
  -
- Anexo 16 Oficio CONAGUA (liberación de zonas federales en formato **digital**)

Anexo 19 Memoria tecnica descriptiva (en formato **digital)**

PROYECTO

“CONTINUIDAD AL DESARROLLO DEL RECINTO MINERO ANA PAULA MEDIANTE EXPLOTACIÓN MINERA SUBTERRÁNEA”

CAPITULO II. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO EL SUELO

Índice

II. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO 3

II.1 LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE (LGEEPA) 3
II.2 REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL (REIA) 6
II.1 REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA 7
II.2 PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO (POE) 9
II.2.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) 9
II.2.2 Programa de Ordenamiento Ecológico Regional 12
II.2.3 Programa de Ordenamiento Ecológico Local 12
II.3 PROGRAMAS Y/O PLANES DE DESARROLLO URBANO 12
II.3.1 Plan Nacional de Desarrollo 12
II.3.2 Programa Nacional de Restauración Ambiental 2025 - 2030 13
II.3.3 Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Guerrero 15
II.4 DECRETO DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA (ANP) O ÁREA DESTINADA VOLUNTARIAMENTE A LA CONSERVACIÓN (ADVC) 30
II.5 NORMAS OFICIALES MEXICANAS 31
II.6 LOCALIDAD(ES) CON POBLACIÓN INDÍGENA EN LAS QUE INCIDE EL SITIO DE INTERVENCIÓN DEL PROYECTO Y/O SU ZONA DE INFLUENCIA 56

Índice de tablas

TABLA 1. VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LAS ESTRATEGIAS SECTORIALES DE LA UAB 69, REGIÓN 18.15.Z. 10
TABLA 2. FICHAS DESCRIPTIVAS DE LA UGT SOBRE LAS CUALES INCIDE EL PROYECTO. 17
TABLA 3. TÍTULOS DE CONCESIÓN MINERA PARA EL PROYECTO. 24
TABLA 4. ESTRATEGIA ESA01 APLICABLE A LAS UGT 286 Y 238. 27
TABLA 5. ESTRATEGIA ESA03 APLICABLE A LAS UGT 286 Y 238. 28
TABLA 6. VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LOS LINEAMIENTOS DEL MOTDU PARA MINERÍA. 28
TABLA 7. VINCULACIÓN DEL PROYECTO Y LAS NORMAS APLICABLES 31
TABLA 8. VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LAS ESPECIFICACIONES DE LA NOM-141-SEMARNAT-2003. 33

Índice de figuras

FIGURA 1. UBICACIÓN DEL PROYECTO RESPECTO AL POEGT. 9
FIGURA 2. EJES GENERALES DEL PND 2025-2030. 13
FIGURA 3. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO EN EL PROGRAMA NACIONAL DE RESTAURACIÓN AMBIENTAL 2025 – 2030. 15
FIGURA 4. UBICACIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO DE UNIDADES DE GESTIÓN TERRITORIAL DEL ESTADO DE GUERRERO. 17
FIGURA 5. UBICACIÓN DE LAS UGT CON RESPECTO A LOS COMPONENTES DEL PROYECTO. 21
FIGURA 6. UBICACIÓN DE LAS UGT CON RESPECTO AL TIPO DE AFECTACIÓN DEL PROYECTO. 22
FIGURA 7. UBICACIÓN DE LAS UGT CON RESPECTO A LAS AUTORIZACIONES EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL CON LAS QUE CUENTA EL PROYECTO. 23
FIGURA 8. UBICACIÓN DEL PROYECTO EN ÁREAS CON ALTA APTITUD MINERA. 25
FIGURA 9. UBICACIÓN DEL PROYECTO EN ZONAS DE MEDIA A BAJA APTITUD HÍDRICA 30
FIGURA 10. UBICACIÓN DEL PROYECTO RESPECTO DE ANP. 31
FIGURA 11. UBICACIÓN DE LA LOCALIDAD INDÍGENA CHILACACHAPA 57

II. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO

II.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

Disposiciones y restricciones aplicables al Proyecto en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
Artículo 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: III.- Exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la Federación en los términos de las Leyes Minera y Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear…	La presente Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Regional, se somete a evaluación para las obras y actividades contempladas en el inciso III del artículo 28 de esta Ley.
Artículo 110.- Para la protección a la atmósfera se considerarán los siguientes criterios: I. La calidad del aire debe ser satisfactoria en todos los asentamientos humanos y las regiones del país; y II. Las emisiones de contaminantes de la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas y controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.	La Promovente implementará medidas de prevención y mitigación para controlar la generación de emisiones contaminantes atmosféricas ocasionadas por el uso de maquinaria y/o vehículos automotores de combustión interna, así como equipo que use hidrocarburos como combustible. Los poseedores de los vehículos empleados durante el desarrollo del Proyecto demostrarán haber sido sometidos a verificación vehicular mediante la presentación de la constancia que para el efecto emita la unidad verificadora, así mismo, la maquinaria empleada demostrará haber sido sometida a mantenimientos preventivos recientes, lo cual se evidenciará mediante bitácoras de mantenimiento; en dichos comprobantes demostrarán que no rebasan los límites máximos permisibles establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas NOM-041-SEMARNAT-2015 y NOM-045-SEMARNAT-2017.
Artículo 113.- No deberán emitirse contaminantes a la atmósfera que ocasionen o puedan ocasionar desequilibrios ecológicos o daños al ambiente. En todas las emisiones a la atmósfera, deberán ser observadas las previsiones de esta Ley y de las disposiciones reglamentarias que de ella emanen, así como las normas oficiales mexicanas expedidas por la Secretaría.	
Artículo 117.- Para la prevención y control de la contaminación del agua se considerarán los siguientes criterios: I. La prevención y control de la contaminación del agua, es fundamental para evitar que se reduzca su disponibilidad y para proteger los ecosistemas del país; II. Corresponde al Estado y la sociedad prevenir la contaminación de ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos y corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo; (…) V. La participación y corresponsabilidad de la sociedad es condición indispensable para evitar la contaminación del agua.	Para evitar la contaminación de los factores suelo y agua, presentes en el área del Proyecto o su área de influencia se acatarán las siguientes medidas: • Los residuos de manejo especial serán cargados a un camión tipo volteo para su traslado a un sitio de tiro autorizado para tal fin, el traslado será constante, evitando su acumulación y almacenamiento. Se prohibirá disponer residuos de manejo especial fuera del área del Proyecto. Todos los residuos serán trasladados, por ningún motivo se permitirá su abandono en las áreas de trabajo.
Artículo 134. Para la prevención y control de la contaminación del suelo, se considerarán los siguientes criterios: (…) II. Deben ser controlados los residuos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos; III.- Es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos, municipales e industriales; incorporar técnicas y procedimientos para su	• Colocación de contenedores con tapa para residuos sólidos urbanos (clasificados al menos en orgánicos e inorgánicos) que se generen por el personal. Periódicamente, los residuos serán trasladados al depósito municipal más cercano por una persona encargada en el Proyecto de tal actividad.

Disposiciones y restricciones aplicables al Proyecto en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
reúso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficientes; V.- En los suelos contaminados por la presencia de materiales o residuos peligrosos, deberán llevarse a cabo las acciones necesarias para recuperar o restablecer sus condiciones, de tal manera que puedan ser utilizados en cualquier tipo de actividad prevista por el programa de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que resulte aplicable.	• Los residuos peligrosos que pudieran generarse durante la ejecución del Proyecto serán recolectados, almacenados temporalmente y entregados a una empresa autorizada para su manejo y tratamiento/disposición final. • Las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de equipo y vehículos, se realizará en áreas o talleres acondicionados para tal fin, con medidas de prevención y control de derrames y manejo adecuado de residuos. • Colocación de sanitarios portátiles para uso de personal de campo, su limpieza estará a cargo del proveedor del servicio, quien será el responsable de la disposición de los residuos. • Colocación de letreros alusivos al manejo adecuado de residuos.
Artículo 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, previa opinión de las Secretarías de Comercio y Fomento Industrial, de Salud, de Energía, de Comunicaciones y Transportes, de Marina y de Gobernación. La regulación del manejo de esos materiales y residuos incluirá según corresponda, su uso, recolección, almacenamiento, transporte, reúso, reciclaje, tratamiento y disposición final.	Los residuos peligrosos que pudieran llegar a generarse durante el desarrollo del Proyecto serán manejados conforme a lo establecido en esta Ley, así como en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento, y en las Normas Oficiales Mexicanas NOM-052-SEMARNAT-2005 y NOM-054-SEMARNAT-1993, bajo el siguiente procedimiento: 1. Los residuos se almacenarán temporalmente en contenedores separados según la siguiente clasificación • Hidrocarburos líquidos • Aceites gastados • Materiales impregnados de hidrocarburos y aceites. • Suelo contaminado con aceites e hidrocarburos, por derrame fortuito 2. Los contenedores serán de plástico y permitirán un cierre hermético. 3. Existirá una identificación del residuo mediante una etiqueta en la cual se describa el nombre y la o las características de peligrosidad del residuo 4. Los contenedores no deberán reaccionar con el residuo. Su tamaño y material deben ser acordes a las características físicas y químicas del residuo 5. Se contará con un almacén de residuos peligrosos a donde se llevarán los residuos. El manejo de estos residuos se describe en el Capítulo IV de esta MIA-R, así como en el Programa de manejo integral de residuos anexo a este estudio.
Artículo 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 a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas independientemente de la responsabilidad que, en su caso, tenga quien los generó. Quienes generen, rehúsen o reciclen residuos peligrosos, deberán hacerlo del conocimiento de la Secretaría en los términos previstos en el Reglamento de la presente Ley. (…)	
Artículo 152 BIS. - Cuando la generación, manejo o disposición final de materiales o residuos peligrosos, produzca contaminación del suelo, los responsables de dichas operaciones deberán llevar a cabo las acciones necesarias para recuperar y restablecer las condiciones del mismo, con	Durante el desarrollo del Proyecto las sustancias peligrosas susceptibles de generar contaminación al suelo por derrame fortuito son hidrocarburos usados como combustibles de vehículos, maquinaria y

Disposiciones y restricciones aplicables al Proyecto en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
el propósito de que éste pueda ser destinado a alguna de las actividades previstas en el programa de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que resulte aplicable, para el predio o zona respectiva.	equipo, así como aceites de los mismos. Por este motivo, se considera que la contaminación al suelo sólo podría ocurrir en caso de que la maquinaria, equipo o vehículos se encuentren en malas condiciones o presenten averías durante su operación, por lo que se acatarán las siguientes medidas: • Mantenimiento preventivo y correctivo de equipo y vehículos, se realizará en áreas o talleres acondicionados para tal fin, con medidas de prevención y control de derrames y manejo adecuado de residuos. • Los vehículos demostrarán haber realizado su verificación anual. • Usar equipo en condiciones óptimas de funcionamiento. • El suelo que resulte contaminado por derrame de hidrocarburos o aceites será recolectado inmediatamente y será dispuesto en un recipiente impermeable para posteriormente ser entregado a la empresa autorizada para su disposición final. Como medida emergente en caso de avería en el área del Proyecto y que esta provoque el derrame de combustible o aceites, se usará un recipiente impermeable que contenga la sustancia.
Artículo 155.- Quedan prohibidas las emisiones de ruido, vibraciones, energía térmica y lumínica y la generación de contaminación visual, en cuanto rebasen los límites máximos establecidos en las normas oficiales mexicanas que para ese efecto expida la Secretaría, considerando los valores de concentración máxima permisibles para el ser humano de contaminantes en el ambiente que determine la Secretaría de Salud. Las autoridades federales o locales, según su esfera de competencia, adoptarán las medidas para impedir que se transgredan dichos límites y en su caso, aplicarán las sanciones correspondientes. En la construcción de obras o instalaciones que generen energía térmica o lumínica, ruido o vibraciones, así como en la 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.	Durante la preparación del sitio y construcción, el mantenimiento y en su caso el desmantelamiento, será necesario el uso de vehículos y maquinaria pesada que puede alcanzar o incluso rebasar los 90 dB. Los receptores de este impacto serán los trabajadores del Proyecto quienes se encontrarán en contacto con la fuente generadora, por lo cual como medida se establecerá obligatorio el uso de tapones auditivos. Así mismo se acatarán las siguientes medidas preventivas para la maquinaria y vehículos para su funcionamiento óptimo: • Mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria y equipo Los vehículos empleados durante el desarrollo del Proyecto demostrarán haber sido sometidos a verificación vehicular mediante la presentación de la constancia.

II.2 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA)

<table>
<tr><th>Disposiciones y restricciones aplicables al Proyecto en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)</th><th>Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)</th></tr>
<tr><td>Artículo 5.- Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:
L) EXPLORACIÓN, EXPLOTACIÓN Y BENEFICIO DE MINERALES Y SUSTANCIAS RESERVADAS A LA FEDERACIÓN:
I. Obras para la explotación de minerales y sustancias reservadas a la federación, así como su infraestructura de apoyo;
II. Obras de exploración, excluyendo las de prospección gravimétrica, geológica superficial, geo eléctrica, magnetotelúrica, de susceptibilidad magnética y densidad, así como las obras de barrenación, de zanjeo y exposición de rocas, siempre que se realicen en zonas agrícolas, ganaderas o eriales y en zonas con climas secos o templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinares, ubicadas fuera de las áreas naturales protegidas, y
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.</td><td rowspan="2">La presentación de esta Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Regional se fundamenta en el Artículo 5, inciso L, fracción I de este REIA.</td></tr>
<tr><td>Artículo 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…</td></tr>
<tr><td>Artículo 13.- La manifestación de impacto ambiental, en su modalidad regional, deberá contener la siguiente información:
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;
III. Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables;
IV. Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región;
V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional;
VI. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional;
VII. Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas, y
VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental.</td><td rowspan="2">Esta MIA-R se presenta conforme a la Guía para la presentación y entrega de la manifestación de impacto ambiental (2026), emitida por la SEMARNAT, la cual se integra por 4 capítulos y Anexos, sin embargo, se señala que, en cumplimiento al artículo 13 del REIA, estos capítulos contemplan el contenido solicitado en las 8 fracciones del citado artículo, conforme a lo siguiente:
<table><tr><th>Capítulo de la Guía</th><th>Fracción del Artículo 13</th></tr><tr><td>Capítulo I</td><td>I, II</td></tr><tr><td>Capítulo II</td><td>III</td></tr><tr><td>Capítulo III</td><td>IV</td></tr><tr><td>Capítulo IV</td><td>V, VI, VII</td></tr><tr><td>Anexos</td><td>VIII</td></tr></table>
Así mismo, se aclara que el Sistema Ambiental Regional señalado en fracción V es equivalente a la Región Ecológica indicada por la Guía en su Capítulo III.

Dado que el Proyecto contempla una actividad altamente riesgosa, se incluye el estudio respectivo.</td></tr>
<tr><td>Artículo 17.- El promovente deberá presentar a la Secretaría la solicitud de autorización en materia de impacto ambiental, anexando:
I. La manifestación de impacto ambiental;
II. Un resumen del contenido de la manifestación de impacto ambiental, presentado en disquete, y
III. Una copia sellada de la constancia del pago de derechos correspondientes.
Cuando se trate de actividades altamente riesgosas en los términos de la Ley, deberá incluirse un estudio de riesgo.</td></tr>
</table>

Disposiciones y restricciones aplicables al Proyecto en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
Artículo 11. Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la modalidad regional cuando se trate de: I. Parques industriales y acuícolas, granjas acuícolas de más de 500 hectáreas, carreteras y vías férreas, proyectos de generación de energía nuclear, presas y, en general, proyectos que alteren las cuencas hidrológicas; II. Un conjunto de obras o actividades que se encuentren incluidas en un plan o programa parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que sea sometido a consideración de la Secretaría en los términos previstos por el artículo 22 de este reglamento; III. Un conjunto de proyectos de obras y actividades que pretendan realizarse en una región ecológica determinada, y IV. Proyectos que pretendan desarrollarse en sitios en los que por su interacción con los diferentes componentes ambientales regionales, se prevean impactos acumulativos, sinérgicos o residuales que pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas. En los demás casos, la manifestación deberá presentarse en la modalidad particular.	Se presenta esta manifestación de impacto ambiental en su modalidad regional ajustándose a la fracción III del artículo 11.

II.1 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera

Disposiciones y restricciones aplicables al Proyecto en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
Artículo 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.	Se dará cumplimiento a las disposiciones de este Reglamento, dado que durante diferentes actividades comprendidas en el Proyecto se generarán emisiones a la atmósfera producto de la combustión de combustibles usados por vehículos y maquinaria (fuentes móviles), por otro lado, durante la operación se generarán emisiones por la combustión de diésel en el equipo minero, en los generadores de emergencia y en el equipo de bomba contra incendio; la combustión de gas licado de petróleo en el horno de fundición de la refinería y en el horno de reactivación de carbón; y las emisiones de proceso del circuito de oxidación biológica y del circuito de destrucción del cianuro. Para ello se implementarán las siguientes medidas durante la preparación del sitio y construcción. • Se usará equipo en condiciones óptimas de funcionamiento. Los vehículos empleados durante
ARTICULO 13.- Para la protección a la atmósfera se considerarán los siguientes criterios: I.- La calidad del aire debe ser satisfactoria en todos los asentamientos humanos y las regiones del país; y 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.	

Disposiciones y restricciones aplicables al Proyecto en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera	**Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)**
ARTICULO 17.- Los responsables de las fuentes fijas de jurisdicción federal, por las que se emitan olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera estarán obligados a: 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; II.- Integrar un inventario de sus emisiones contaminantes a la atmósfera, en el formato que determine la Secretaría; III.- Instalar plataformas y puertos de muestreo; IV.- Medir sus emisiones contaminantes a la atmósfera, registrar los resultados en el formato que determine la Secretaría y remitir a ésta los registros, cuando así lo solicite; 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; VI.- Llevar una bitácora de operación y mantenimiento de sus equipos de proceso y de control; 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; 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 IX.- Las demás que establezcan la Ley y el Reglamento.	el desarrollo del Proyecto demostrarán haber sido sometidos a verificación vehicular mediante la presentación de la constancia que para el efecto emita la unidad verificadora, así mismo, la maquinaria empleada demostrará haber sido sometida a mantenimientos preventivos recientes, lo cual se evidenciará mediante bitácoras de mantenimiento; en dichos comprobantes demostrarán que no rebasan los límites máximos permisibles establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas NOM-041-SEMARNAT-2015 Y NOM-045-SEMARNAT-2017. • Riego de apoyo para evitar la generación de polvos en caminos de terracería, mediante pipas. • Para evitar la generación de olores, los residuos vegetales serán cargados inmediatamente a un camión tipo volteo para su traslado a un sitio autorizado para tal fin, en donde puedan ser reutilizados, el traslado será constante, evitando su acumulación y almacenamiento. Se prohibirá disponer residuos de manejo especial fuera del área del Proyecto. Todos los residuos serán trasladados, por ningún motivo se permitirá su abandono en las áreas de trabajo. Mientras que, durante la operación el Proyecto contará con los sismas de seguridad: • Sistema de control de emisiones de mercurio de la refinería • Red de detección de gases, alerta química y telecomunicaciones de emergencia Como medidas preventivas: • Programa de inspección y pruebas de función de los sistemas de seguridad • Programa de contingencias: respuesta ante fuga de cianuro
ARTICULO 28.- Las emisiones de olores, gases, así como de partículas sólidas y liquidas a la atmósfera que se generen por fuentes móviles, no deberán exceder los niveles máximos permisibles de emisión que se establezcan en las normas técnicas ecológicas que expida la Secretaría en coordinación con las secretarías de Economía y de Energía, tomando en cuenta los valores de concentración máxima permisible para el ser humano de contaminantes en el ambiente determinados por la Secretaría de Salud.	
ARTICULO 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: (…) D) INDUSTRIA METALÚRGICA II. Minería de oro, solo incluye beneficio.	Con base en las fracciones citadas, el Proyecto constituiría una fuente fija de jurisdicción federal, por lo cual se encuentra sujeto al cumplimiento de disposiciones tales como la obtención de licencia de funcionamiento, reporte de emisiones mediante la presentación de su Cédula de Operación Anual y mediciones en los términos de este Reglamento; así como al cumplimiento de los límites máximos permisibles fijados en la NOM-043-SEMARNAT-1993.
ARTICULO 23.- Las emisiones de contaminantes atmosféricos que se generen por las fuentes fijas de jurisdicción federal, deberán canalizarse a través de ductos o chimeneas de descarga. Cuando por razones de índole técnica no pueda cumplirse con lo dispuesto por este artículo, el responsable de la fuente deberá presentar a la Secretaría un estudio justificativo para que ésta determine lo conducente.	Las emisiones de contaminantes atmosféricos generadas por la planta de beneficio se canalizan a través de ducto o chimenea de descarga en la totalidad de sus fuentes fijas: la chimenea del horno de reactivación de carbón, la chimenea del horno de fundición, la descarga del extractor de la refinería y los venteos del sistema de retortas, del recipiente de lavado ácido y del recipiente de extracción. Cada una de estas descargas cuenta con su dispositivo de

Disposiciones y restricciones aplicables al Proyecto en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
ARTICULO 24.- Los ductos o las chimeneas a que se refiere el artículo anterior, deberán tener la altura efectiva necesaria, de acuerdo con la norma técnica ecológica correspondiente, para dispersar las emisiones contaminantes.	control asociado, consistente en lavador de gases, filtro de mangas, condensador o lecho de carbón activado impregnado con azufre según la corriente de que se trate, y sus ductos y chimeneas se proyectan con los puertos de muestreo, las plataformas de trabajo y las vías de acceso.

II.2 Programas de ordenamiento ecológico (POE)

II.2.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)

De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 7 de septiembre de 2012, el sitio del Proyecto se encuentra dentro de la Unidad Ambiental Biofísica (UAB) 69 Sierras y Valles Guerrerenses. La UAB-69 pertenece a la Región Ecológica 18.19 y se localiza en el Norte de Guerrero. La ubicación del Proyecto respecto a estas UAB se muestra en la siguiente figura:

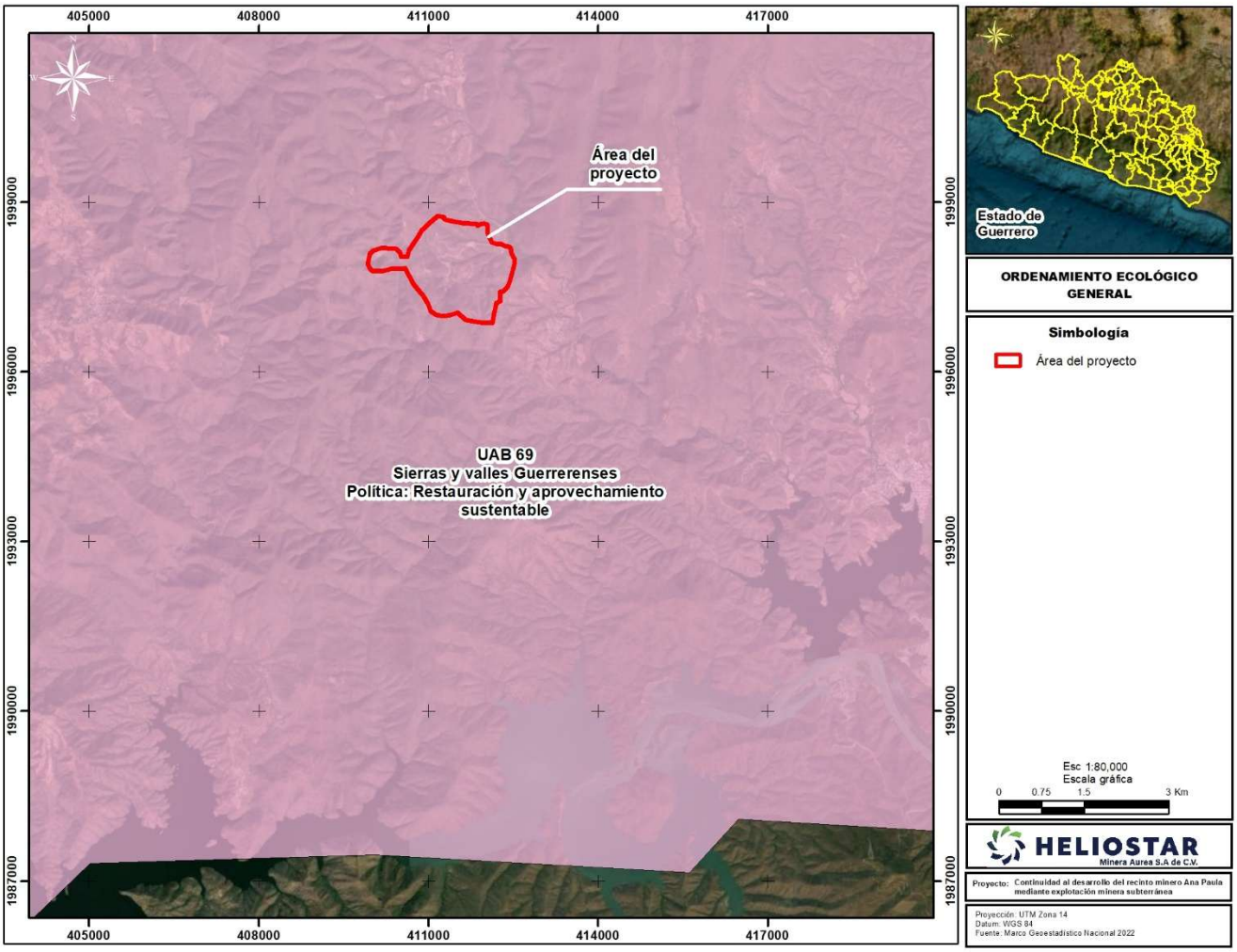


Figura 1. Ubicación del Proyecto respecto al POEGT.

La UAB-69 presenta una política ambiental de aprovechamiento sustentable y restauración, una prioridad de atención media y tiene como rectores del desarrollo el uso forestal-minería; coadyuvantes al desarrollo: agricultura-ganadería; y como actividad asociada al desarrollo: desarrollo social, en tanto otros sectores de interés: pueblos indígenas-SCT.

Las estrategias sectoriales especificadas en el POEGT para la UAB en análisis se transcriben a continuación con el análisis de coincidencia en cuanto a los objetivos y alcances con los correspondientes a las características del proyecto.

Tabla 1. Vinculación del Proyecto con las estrategias sectoriales de la UAB 69, Región 18.15.Z.

Política	Estrategia sectorial	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental en el Territorio.		
B) Aprovechamiento Sustentable	4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales.	El Proyecto de aprovechamiento de un yacimiento de oro, se desarrolla bajo criterios de sustentabilidad al garantizar que el aprovechamiento de los recursos minerales se realice respetando la integridad funcional de los ecosistemas y manteniendo sus capacidades de carga. La metodología de explotación subterránea seleccionada minimiza la remoción de suelo y la alteración de la superficie, reduce significativamente la generación de impactos directos sobre la flora, fauna y cuerpos de agua, y permite una gestión responsable del territorio. Asimismo, el proyecto incorpora medidas de prevención, mitigación y compensación ambiental, así como sistemas de monitoreo y manejo eficiente del agua, con el propósito de asegurar la conservación de los recursos naturales y su disponibilidad para las generaciones presentes y futuras, en concordancia con los principios de aprovechamiento sustentable.
	5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios.	El proyecto no contempla el aprovechamiento sustentable de suelos agrícolas y pecuarios. La estrategia no es vinculante.
	6. Modernizar la infraestructura hidrogeológica y tecnificar las superficies agrícolas.	El proyecto no contempla la modernización de infraestructura agrícola. La estrategia no es vinculante.
	7. Aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.	El Proyecto de aprovechamiento de un yacimiento de oro, se desarrolla bajo criterios de sustentabilidad al garantizar que el aprovechamiento de los recursos minerales se realice respetando la integridad funcional de los ecosistemas y manteniendo sus capacidades de carga, por lo cual es sometido a la evaluación de impacto ambiental con esta Secretaría. La metodología de explotación subterránea seleccionada minimiza la remoción de suelo y la alteración de la superficie, reduce significativamente la generación de impactos directos sobre la flora, fauna y cuerpos de agua, y permite una gestión responsable del territorio, disminuyendo así el impacto hacia los servicios ambientales que cada factor otorga. Asimismo, el proyecto incorpora medidas de prevención, mitigación y compensación ambiental, así como sistemas de monitoreo y manejo eficiente del agua, con el propósito de asegurar la conservación de los recursos naturales y su disponibilidad para las generaciones presentes y futuras, en concordancia con los principios de aprovechamiento sustentable.
	8. Valoración de los servicios ambientales.	
C) Protección de los recursos naturales	12. Protección de los ecosistemas.	
	13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.	El proyecto no contempla el uso de agroquímicos y/o biofertilizantes. La estrategia no es vinculante.
D) Dirigidas a la Restauración	14. Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas.	La estrategia no es directamente vinculante con el objeto del Proyecto; no obstante, el Proyecto sí contempla medidas de cierre, rehabilitación y restauración de las áreas intervenidas, conforme a las medidas ambientales que se establezcan en la MIA-R y, en su caso, en el resolutivo correspondiente. Sin embargo, es relevante mencionar que la técnica de explotación subterránea elegida minimiza la remoción superficial, reduce significativamente la alteración del paisaje y limita los impactos

Política	Estrategia sectorial	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
		directos sobre la flora, fauna y cuerpos de agua.
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas 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.	Como parte de la revisión bibliográfica para el diseño del proyecto es posible que se consulte información generada por el Servicio Geológico Mexicano, la cual, en caso de existir, será considerada como información geocientífica relevante para el desarrollo del proyecto.
	15 bis. Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable.	La estrategia no es vinculante al proyecto ya que la consolidación de los marcos normativos oficiales es de competencia de la Federación, en virtud de que es esta la instancia facultada para emitir las leyes, reglamentos y disposiciones de observancia general que rigen el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la protección del medio ambiente en todo el país.
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana		
A) Suelo Urbano y Vivienda.	24. Mejorar las condiciones de vivienda y entorno de los hogares en condiciones de pobreza para fortalecer su patrimonio.	El proyecto no contempla acciones orientadas a la mejora de vivienda. La estrategia no es vinculante.
B) Zonas de Riesgo y prevención de contingencias	25. Prevenir y atender los riesgos naturales en acciones coordinadas con la sociedad civil.	Si bien, las estrategias mencionadas son competencia de las instituciones públicas responsables de la prevención de riesgos y contingencias, como sociedad civil, el proyecto contará con su Estudio de Riesgo correspondiente, el cual se expone en este acto para su evaluación correspondiente. Aunado a lo anterior, el Promovente gestionará los permisos y autorizaciones correspondientes en materia de protección civil para el Proyecto.
	26. Promover la reducción de la vulnerabilidad física.	
C) Agua y saneamiento	27. Incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la región.	La estrategia no es vinculante, debido a que la distribución de agua potable y el saneamiento son responsabilidad de las instituciones públicas correspondientes.
D) Infraestructura y equipamiento urbano y regional	30. Construir y modernizar la red carretera a fin de ofrecer mayor seguridad y accesibilidad a la población y así contribuir a la integración de la región.	El proyecto no contempla acciones orientadas al desarrollo urbano regional. Las estrategias no son vinculantes.
	31. Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas.	
	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.	
E) Desarrollo Social	35. Inducir acciones de mejora de la seguridad social en la población rural para apoyar la producción rural ante impactos climatológicos adversos.	El proyecto no contempla acciones orientadas al social. Las estrategias no son vinculantes. Sin embargo, es importante mencionar que el Proyecto integra criterios de sustentabilidad social al generar beneficios tangibles para las comunidades locales mediante la creación de oportunidades económicas y empleo digno, siempre respetando sus derechos, estructuras sociales y formas de vida tradicionales.
	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	

Política	Estrategia sectorial	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
	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.	
Grupo III. Dirigidas al Fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional		
A) Marco Jurídico	42. Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.	La estrategia no es directamente vinculante con el Proyecto, ya que no es el objetivo la construcción de un marco jurídico para el respeto de los derechos de propiedad rural. Como se mencionó anteriormente el Proyecto integra criterios de sustentabilidad social al generar beneficios tangibles para las comunidades locales mediante la creación de oportunidades económicas y empleo digno, siempre respetando sus derechos, estructuras sociales y formas de vida tradicionales.
B) Planeación del ordenamiento territorial	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.	El proyecto no contempla acciones orientadas a la planeación del ordenamiento regional. Las estrategias no son vinculantes.

II.2.2 Programa de Ordenamiento Ecológico Regional

De acuerdo con el Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) el área del Proyecto no tiene incidencia en algún ordenamiento a nivel regional.

II.2.3 Programa de Ordenamiento Ecológico Local

De acuerdo con el Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) el área del Proyecto no tiene incidencia en algún ordenamiento a nivel local.

II.3 Programas y/o planes de desarrollo urbano

II.3.1 Plan Nacional de Desarrollo

El PND se conforma por cuatro ejes generales: Gobernanza con justicia y participación ciudadana, desarrollo con bienestar y humanismo, economía moral y trabajo y desarrollo sustentable. Asimismo, incluye tres ejes transversales que estructuran la política pública en su conjunto, como son igualdad sustantiva y derechos de las mujeres, innovación pública para el desarrollo tecnológico nacional y derechos de los pueblos y comunidades indígenas y afromexicanas.



Figura 2. Ejes generales del PND 2025-2030.

Vinculación con el Proyecto

Dentro del Eje General **número 4,** se identificó que, por las actividades a desarrollar durante la ejecución del Proyecto, este se alinea con el ***Objetivo 4.3:*** *Reducir las emisiones contaminantes y fortalecer la resiliencia climática mediante la prevención, control y mitigación de los impactos ambientales en la salud y los ecosistemas,* y la ***Estrategia 4.3.4*** *Fortalecer las medidas de prevención y control de la contaminación para proteger la salud de la población y preservar un medio ambiente sano*.

Como se ha mencionado en el presente capítulo, el Promovente implementará prácticas de prevención, mitigación y compensación durante las diferentes etapas de desarrollo del Proyecto, se contemplan acciones específicas para reducir emisiones contaminantes, y minimizar los impactos ambientales asociados a la construcción y funcionamiento del proyecto. Estas medidas incluyen el manejo adecuado de residuos, el control de emisiones al aire, el tratamiento responsable de aguas residuales y la implementación de programa de restauración, los cuales se detallan en el capítulo IV del presente documento.

Con ello, se garantiza no solo el cumplimiento de la normativa ambiental vigente, sino también la creación de beneficios ambientales y sociales que pueden llegar a trascender el ámbito del proyecto.

II.3.2 Programa Nacional de Restauración Ambiental 2025 - 2030

El Programa Nacional de Restauración Ambiental (PNRA) tiene como propósito restaurar ecosistemas degradados en sitios prioritarios mediante acciones estratégicas, plazos definidos y la participación activa de diversos sectores. A través de alianzas con actores sociales, gestión eficiente de recursos y la implementación de soluciones basadas en la naturaleza, el programa busca mitigar el deterioro ambiental, fortalecer la resiliencia del territorio y garantizar la provisión de servicios ecosistémicos esenciales para las generaciones presentes y futuras.

Los Objetivos prioritarios del PNRA son:

- Establecer las bases para que los diferentes niveles de gobierno diseñen e implementen de manera efectiva las políticas en materia de restauración, adaptadas a sus contextos ecológicos, sociales, económicos, y necesidades locales.
- Articular y fortalecer las acciones de restauración dentro de los distintos instrumentos de planeación de las políticas nacionales y sectoriales.
- Reducir la vulnerabilidad de la población ante el cambio climático, propiciando procesos de adaptación a partir de la restauración ambiental.

- Restaurar, conservar y gestionar de manera sustentable e interconectada, los ecosistemas terrestres, acuáticos continentales y marinos costeros.
- Desarrollar e implementar procesos de investigación para generar conocimientos, saberes, técnicas e innovaciones tecnológicas para las acciones de restauración.
- Identificar y seleccionar sitios prioritarios para restauración, estableciendo puntos detonantes que impulsen el bienestar ambiental, social y económico del país.

A continuación, se presentan los Mecanismos planteados en el PNRA que se vinculan con el Proyecto:

- **Mecanismos para la restauración ecológica en sitios prioritarios**

El Programa propone una visión integral y estratégica para la compensación de los daños e impactos ambientales, que supere el esquema de intervenciones únicas, aisladas, descontextualizadas e insuficientes. En su lugar, promueve la suma de diversas acciones detonadoras de una restauración acumulativa, progresiva y sostenible, que genere beneficios ambientales, sociales y territoriales a largo plazo.

- **Medidas adicionales como acciones de compensación ambiental bajo esquemas de restauración ecológica**

La evaluación de impacto ambiental es el procedimiento mediante el cual la SEMARNAT y sus Órganos Desconcentrados, de acuerdo con sus ámbitos de competencia, determinan las condiciones a las que deberán sujetarse las obras o actividades que puedan causar desequilibrios ecológicos o exceder los límites establecidos por la normativa ambiental.

Su finalidad es evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el medio ambiente. Conforme al artículo 28 de la LGEEPA y su reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, los promoventes requerirán autorización previa en materia de impacto ambiental. La SEMARNAT y sus Órganos Desconcentrados, tras la evaluación correspondiente, emitirá una resolución que podrá autorizar la realización de las obras o actividades de forma condicionada.

En dicha resolución, además de las medidas de prevención y mitigación, la Secretaría y sus Órganos Desconcentrados, según corresponda, podrán establecer otras medidas adicionales de compensación ambiental destinadas a evitar, atenuar, reducir al mínimo o compensar los impactos negativos ambientales adversos que pudieran derivarse de la ejecución de la obra o actividad en cuestión. Estas medidas de compensación ambiental serán dictadas bajo esquemas de restauración ecológica señalados como prioritarios en los proyectos y acciones de este Programa, o bien, por la cuantificación de los impactos negativos con el propósito de canalizar los recursos obtenidos, hacia instrumentos financieros destinados a la restauración (…).

Vinculación con el Proyecto:

En este sentido con relación al enfoque de restauración de esto sitios y considerando los sitios prioritarios para la restauración se señala la implementación de las siguientes medidas:

- Programa de restauración ambiental, el cual tendrá por objetivo la restauración de una superficie similar a la que será desmontada debido al Proyecto, considerando especies nativas del lugar a restaurar y monitoreos periódicos para alcanzar una sobrevivencia del 80%. Para lo cual se considerarán prioritarios sitios dentro de la Región Ecológica en caso de encontrarse disponibles y los Sitios Prioritarios para la Restauración establecidos en este Programa.
- Programa de rescate y reubicación de flora, con el fin de preservar las especies más vulnerables, así como la diversidad genética se implementará este programa, los ejemplares podrán ser reubicados dentro de estas zonas prioritarias para la restauración, solo en el caso de que una

parte de la Restauración se implemente dentro de la Región Ecológica y en el mismo ecosistema que será afectado.

No obstante, de acuerdo con el mapa “Proyectos de restauración ambiental” del Programa Nacional de Restauración Ambiental, el área del Proyecto se ubica y en general su Área de Influencia y Región Ecológica se encuentran fuera de Sitios Prioritarios para la Restauración, como se muestra en la siguiente figura, por lo tanto, el Programa de restauración ambiental propuesto se implementará en las áreas previo acuerdo con la autoridad evaluadora, dado que podrían considerarse aquellos más próximos y/o presentes en la entidad de Guerrero.

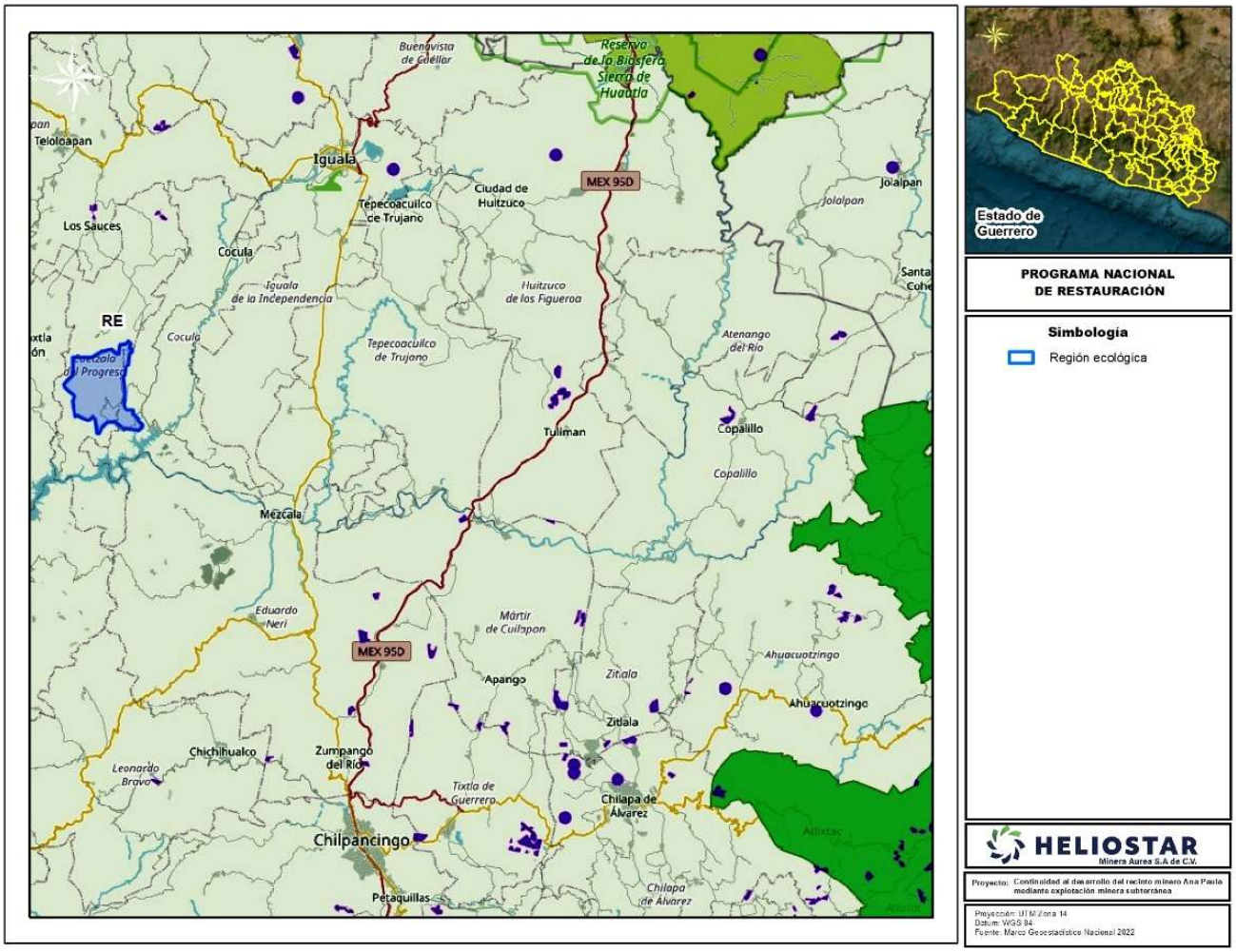


Figura 3. Ubicación del área de estudio en el Programa Nacional de Restauración Ambiental 2025 – 2030.

II.3.3 Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Guerrero

El Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del estado de Guerrero (POTDUEG) publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guerrero el 19 de abril de 2024, consiste en un instrumento de política pública, que desde una visión sistémica, integrada y multisectorial que orienta su desarrollo de largo plazo bajo un esquema de sostenibilidad, adoptando como ejes transversales los derechos humanos, el enfoque de cuenca y acuífero, la gestión integral del riesgo y el cambio climático: promoviendo estrategias, lineamientos y criterios para la ocupación y utilización

racional de territorio, el desarrollo urbano, territorial, social y económico, y la preservación de las contribuciones de la naturaleza.

El POTDUEG se sustenta en la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (LGAHOTDU) y la Ley 790 de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del estado de Guerrero (LAHOTDUEG), atendiendo además el marco internacional integrado por los acuerdos que ha firmado nuestro país y así como la política nacional de desarrollo implementada por el actual gobierno mexicano.

En cuanto al sector de minería, el estado de Guerrero ha sido importante en su producción de minerales metálicos y fue en Taxco donde se abrió la primera mina, por lo que económicamente el sector minero estatal en los últimos seis años aportó el 62.0 % de la Inversión Extranjera Directa (IED); lo cual se ve reflejado en el incremento de la actividad minera en el estado.

Como resultado del Diagnóstico y Pronóstico integral, prospectivo y participativo de gestión del POTDUEG se obtuvo el Modelo de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (MOTDU), compuesto por las unidades de gestión territorial (UGT) que constituyen la unidad mínima de territorio a la que se asignaron políticas, estrategias, líneas de acción y lineamientos, con el objetivo de promover el desarrollo territorial sostenible del estado de Guerrero.

En total se delimitaron 579 UGT, las cuales se observan en la siguiente imagen, de manera particular el Proyecto se ubica en la UGT 238 y UGT 286.

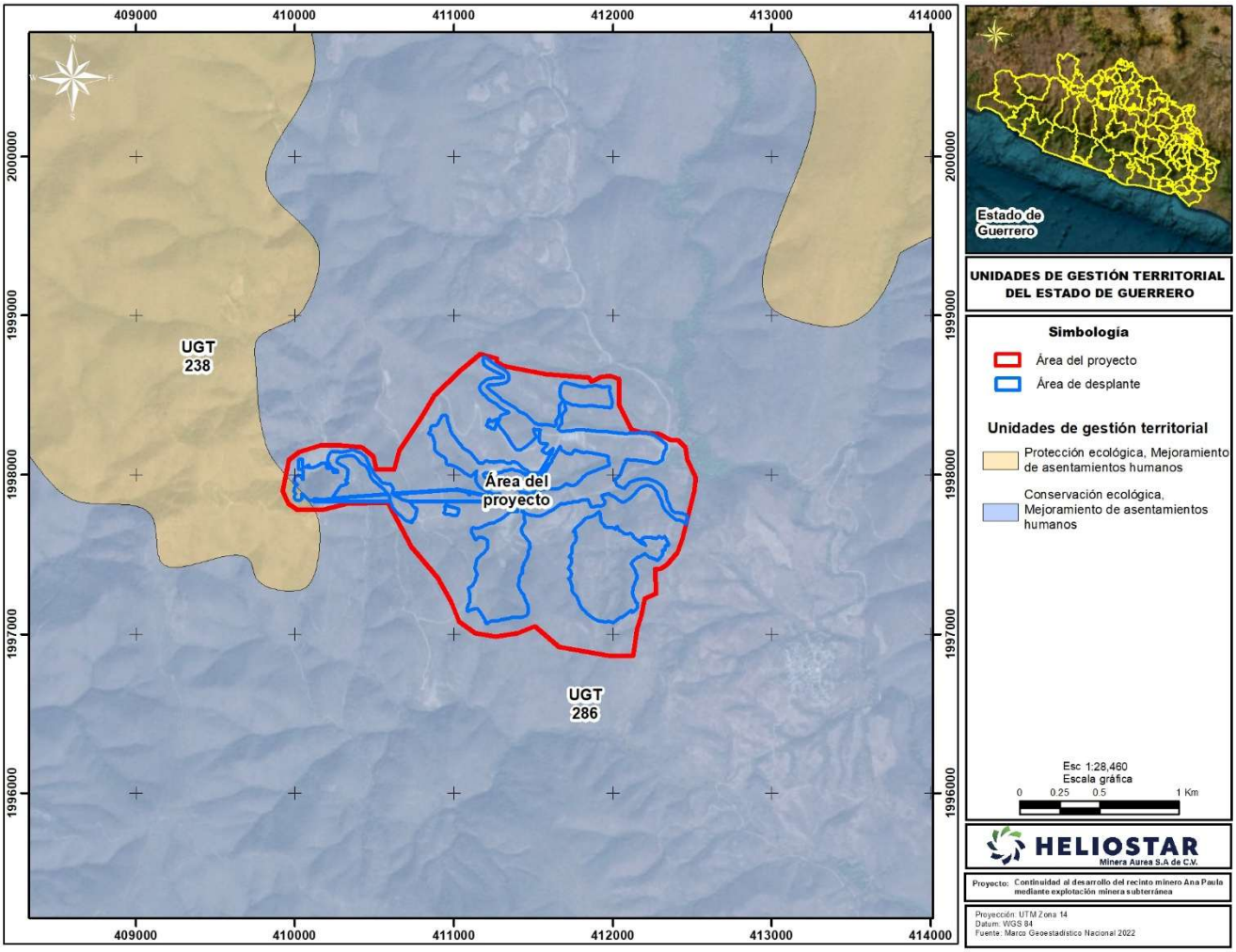


Figura 4. Ubicación del área del proyecto de unidades de gestión territorial del estado de Guerrero.

En seguida se retoman las fichas descriptivas para ambas UGT.

Tabla 2. Fichas descriptivas de la UGT sobre las cuales incide el Proyecto.

UGT	UGT 238	UGT 286
Políticas	**Protección ecológica**. Política que tiene por objeto la protección de territorios que, dadas sus características de biodiversidad, provisión bienes y servicios ecosistémicos, tipos de vegetación, presencia de especies con algún estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010, hacen imprescindible salvaguardar la permanencia de ecosistemas nativos relevantes. En estas Unidades de Gestión Territorial se busca asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos ecológicos. **Mejoramiento de asentamientos humanos**. Política se dirige hacia los asentamientos humanos para su reordenamiento, renovación hacia su consolidación mediante el apoyo de infraestructura, equipamientos y servicios en áreas identificadas en situación de atención prioritaria: de incipiente desarrollo o deterioradas física o funcionalmente dentro del sistema urbano rural. Esta política busca mejorar la calidad de vida de la población, promoviendo un desarrollo equilibrado, sostenible e inclusivo en el territorio, considerando aspectos	**Conservación ecológica**. Política que tiene por objeto reorientar la actividad productiva hacia aprovechamientos sustentables de los recursos naturales, reduciendo o anulando las actividades que propician efectos negativos sobre los sistemas naturales, permitiendo mantener las condiciones y servicios ecosistémicos necesarios para propiciar su continuidad y evolución, así como de las poblaciones humanas que dependen de estos. En las zonas de conservación ecológica, el grado de deterioro no alcanza niveles significativos y cuyos usos actuales o propuestos son de bajo impacto. **Mejoramiento de asentamientos humanos**. Política se dirige hacia los asentamientos humanos para su reordenamiento, renovación hacia su consolidación mediante el apoyo de infraestructura, equipamientos y servicios en áreas identificadas en situación de atención prioritaria: de incipiente desarrollo o deterioradas física o

UGT	UGT 238	UGT 286
	relacionados con: mejora de la vivienda, infraestructura, servicios básicos, áreas verdes, espacios públicos, gestión del medio ambiente; además de promover un desarrollo económico, considerando ejes transversales de inclusión, equidad social y participación ciudadana, con igualdad de oportunidades para la integración de grupos vulnerables, población en situación de pobreza, personas con discapacidad, comunidades indígenas y minorías. **Conservación histórico – cultural**. Política que tiene por objeto preservar zonas con rasgos o valores patrimoniales, históricos, culturales y bioculturales, así como los activos comunitarios para su conservación y mantenimiento del arraigo e identidad cultural del territorio.	funcionalmente dentro del sistema urbano rural. Esta política busca mejorar la calidad de vida de la población, promoviendo un desarrollo equilibrado, sostenible e inclusivo en el territorio, considerando aspectos relacionados con: mejora de la vivienda, infraestructura, servicios básicos, áreas verdes, espacios públicos, gestión del medio ambiente; además de promover un desarrollo económico, considerando ejes transversales de inclusión, equidad social y participación ciudadana, con igualdad de oportunidades para la integración de grupos vulnerables, población en situación de pobreza, personas con discapacidad, comunidades indígenas y minorías.
Objetivos	**CHC1**. Instrumentar proyectos de conservación del patrimonio, que consideren además de la permanencia y restauración de los bienes que lo integran, la preservación del conjunto de valores que justifican su trascendencia, como los históricos, simbólicos o afectivos, en muchos casos intangibles inmateriales, pero que constituyen bienes de la colectividad y representan la identidad de la población local. **CHC2**. Impulsar la investigación del patrimonio desde una perspectiva interdisciplinar, bajo concepción global unitaria y convergente hacia un objetivo común de identificar los valores inherentes y buscar los medios para su preservación. Considerando que la base y la garantía de una buena protección del patrimonio es el conocimiento adecuado del mismo. **CHC5**. Crear mecanismos de financiamiento, de cooperación y de fortalecimiento institucional que coadyuven en la conservación del patrimonio de cada territorio. **PRO1**. Promover la conciencia del valor de la diversidad biológica y de los pasos que pueden seguir para su conservación y utilización sostenible. **PRO2**. Proteger y conservar de manera efectiva y equitativa por los menos el 17% de las zonas terrestres y de las aguas interiores y el 10% de las zonas marinas y costeras, especialmente las que revisten particular importancia para la diversidad biológica y los servicios de los ecosistemas por medio de sistemas de áreas naturales protegidas, administradas de manera eficaz y equitativa, ecológicamente representativas y bien conectadas, y de otras medidas de conservación eficaces, integradas a los paisajes terrestres y marinos más amplios. **PRO3**. Asegurar la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos naturales para mantener la diversidad biológica del estado, a través de la identificación de áreas prioritarias para la preservación de ecosistemas y biodiversidad, que deberán ser protegidas gestionadas de manera eficaz y equitativa y mediante otras medidas eficaces de conservación basadas en: a) áreas de alta biodiversidad o con presencia de ecosistemas particulares o endemismos. b) áreas de importancia para la conectividad ecológica, incluyendo para las especies migratorias; c) áreas representativas de todos los tipos de ecosistema; d) los ecosistemas naturales intactos restantes, incluyendo las áreas de integridad ecológica significativas; e) áreas y especies de importancia cultural identificadas por	**CON1**. Conservar la biodiversidad y las funciones ecológicas de los ecosistemas, mediante su adecuado manejo ambiental promoviendo actividades alternativas de bajo impacto de acuerdo con la vocación del suelo y los usos y costumbres de las comunidades locales para garantizar la preservación de la biodiversidad en el mediano y largo plazo. **CON2**. Respetar los conocimientos, las innovaciones y las prácticas tradicionales de las comunidades indígenas, afromexicanas y rurales locales pertinentes para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica, así como su uso consuetudinario de los recursos biológicos. Este respeto estará sujeto a la legislación en la materia y a las obligaciones internacionales pertinentes y se integrará plenamente y estará reflejado a través de la participación plena y efectiva de las comunidades en todos los niveles pertinentes. **CON3**. Priorizar el apoyo a la plena participación de las comunidades rurales, afromexicanas y los pueblos indígenas para trabajar por la implementación de todas las actividades de protección, conservación y restauración con el consentimiento libre, previo e informado de los pueblos indígenas, y con el apropiado reconocimiento de los derechos de los pueblos indígenas a sus tierras, territorios y recursos, reconociendo las prácticas consuetudinarias y locales de gobernanza, según corresponda, junto con sus diversos sistemas de conocimientos. Con4. Aumentar de manera sustancial, en relación con los niveles actuales, la movilización de recursos financieros para aplicar de manera efectiva las estrategias y acciones del eje estratégico de Sustentabilidad Ambiental del POTDUEG. **AME1**. Impulsar la habitabilidad de las ciudades y centros de población como eje central de la planeación urbana, donde la finalidad de la relación entre los espacios físicos y las personas sea que los primeros brinden satisfacción a las necesidades humanas de cada ciudad, centro de población y barrio. **AME3**. Propiciar la ejecución de intervenciones integrales que incluyan diferentes combinaciones de acciones en materia de equipamiento urbano,

UGT	UGT 238	UGT 286
	pueblos indígenas, afromexicanos y comunidades locales; y f) áreas clave para la conservación del patrimonio biocultural, paisajístico e identitario; y g) cabeceras de cuenca, zonas de alto potencial de recarga de acuíferos y otras que inciden en la moderación de fenómenos naturales extremos. **PRO4**. Evitar la extinción de especies amenazadas identificadas y mejorar y sostener su estado de conservación, especialmente el de las especies en mayor disminución. **PRO5**. Respetar los conocimientos, las innovaciones y las prácticas tradicionales de las comunidades indígenas, afromexicanas y rurales locales pertinentes para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica, así como su uso consuetudinario de los recursos biológicos. Este respeto estará sujeto a la legislación en la materia y a las obligaciones internacionales pertinentes y se integrará plenamente y estará reflejado a través de la participación plena y efectiva de las comunidades en todos los niveles pertinentes. **PRO6**. Priorizar el apoyo a la plena participación de las comunidades rurales, afromexicanas y los pueblos indígenas para trabajar por la implementación de todas las actividades de protección, conservación y restauración con el consentimiento libre, previo e informado de los pueblos indígenas, y con el apropiado reconocimiento de los derechos de los pueblos indígenas a sus tierras, territorios y recursos, reconociendo las prácticas consuetudinarias y locales de gobernanza, según corresponda, junto con sus diversos sistemas de conocimientos. **PRO7**. Impulsar la generación de conocimientos, de la base científica y las tecnologías relativas a la diversidad biológica, sus valores y funcionamiento, su estado y tendencias y las consecuencias de su pérdida, y tales conocimientos y tecnologías serán ampliamente compartidos, transferidos y aplicados. • PRO8. Aumentar de manera sustancial, en relación con los niveles actuales, la movilización de recursos financieros para aplicar de manera efectiva las estrategias y acciones del eje estratégico de Sustentabilidad Ambiental del POTDUEG. **AME1**. Impulsar la habitabilidad de las ciudades y centros de población como eje central de la planeación urbana, donde la finalidad de la relación entre los espacios físicos y las personas sea que los primeros brinden satisfacción a las necesidades humanas de cada ciudad, centro de población y barrio. **AME3**. Propiciar la ejecución de intervenciones integrales que incluyan diferentes combinaciones de acciones en materia de equipamiento urbano, espacios públicos, movilidad, conectividad, infraestructura urbana, vivienda y regularización de la tierra, que permitan mejorar el acceso e inclusión de las personas a servicios artísticos, culturales, deportivos, turísticos, de descanso, de esparcimiento, de desarrollo comunitario, movilidad, entre otros; a través del diseño, planeación, construcción, ampliación, adecuación, renovación, sustitución, dotación y activación de equipamientos urbanos y espacios públicos, y obras de movilidad, e infraestructura urbana.	espacios públicos, movilidad, conectividad, infraestructura urbana, vivienda y regularización de la tierra, que permitan mejorar el acceso e inclusión de las personas a servicios artísticos, culturales, deportivos, turísticos, de descanso, de esparcimiento, de desarrollo comunitario, movilidad, entre otros; a través del diseño, planeación, construcción, ampliación, adecuación, renovación, sustitución, dotación y activación de equipamientos urbanos y espacios públicos, y obras de movilidad, e infraestructura urbana.

UGT	UGT 238	UGT 286
Actividades compatibles	Asentamientos humanos rurales Infraestructura pública Turismo	Asentamientos humanos rurales Infraestructura pública Actividades forestales Turismo
Actividades incompatibles	Asentamientos humanos urbanos Equipamiento urbano Comercio y servicios Actividades agrícolas Agroindustria Ganadería Actividades forestales Minería Industria	Asentamientos humanos urbanos Equipamiento urbano Comercio y servicios Actividades agrícolas Agroindustria Ganadería Minería Industria
Estrategias	ESA01 Estrategia de Tratamiento de Aguas y Conservación de Ecosistemas Ribereños y Acuáticos. ESA03. Estrategia Integral para la Conservación y Regeneración de Ecosistemas y Recursos Hídricos. ESA05. Estrategia de Fortalecimiento Integral de Resiliencia Comunitaria. EDS01. Desarrollo social y humano. EDS03. Cultura para el desarrollo sostenible. EDE03. Estrategia de Turismo sostenible e inclusivo.	ESA01 Estrategia de Tratamiento de Aguas y Conservación de Ecosistemas Ribereños y Acuáticos. ESA03. Estrategia Integral para la Conservación y Regeneración de Ecosistemas y Recursos Hídricos. ESA05. Estrategia de Fortalecimiento Integral de Resiliencia Comunitaria. EDS01. Desarrollo social y humano. EDE03. Estrategia de Turismo sostenible e inclusivo.

Como se observa en la figura 4 anterior, el Proyecto tiene una mínima incidencia en la UGT238, en la cual se identifica que se ubica parte del componente Mina subterránea, en el cual las obras no afectarán la superficie, además de señalar que, esta área cuenta con autorización vigente en materia de impacto ambiental para llevar a cabo la explotación de minerales (oficio SGPA/DGIRA/DG/02452) y exploración (oficio ORE-GRO-UGA-00116-206), como se observa en las siguientes figuras:

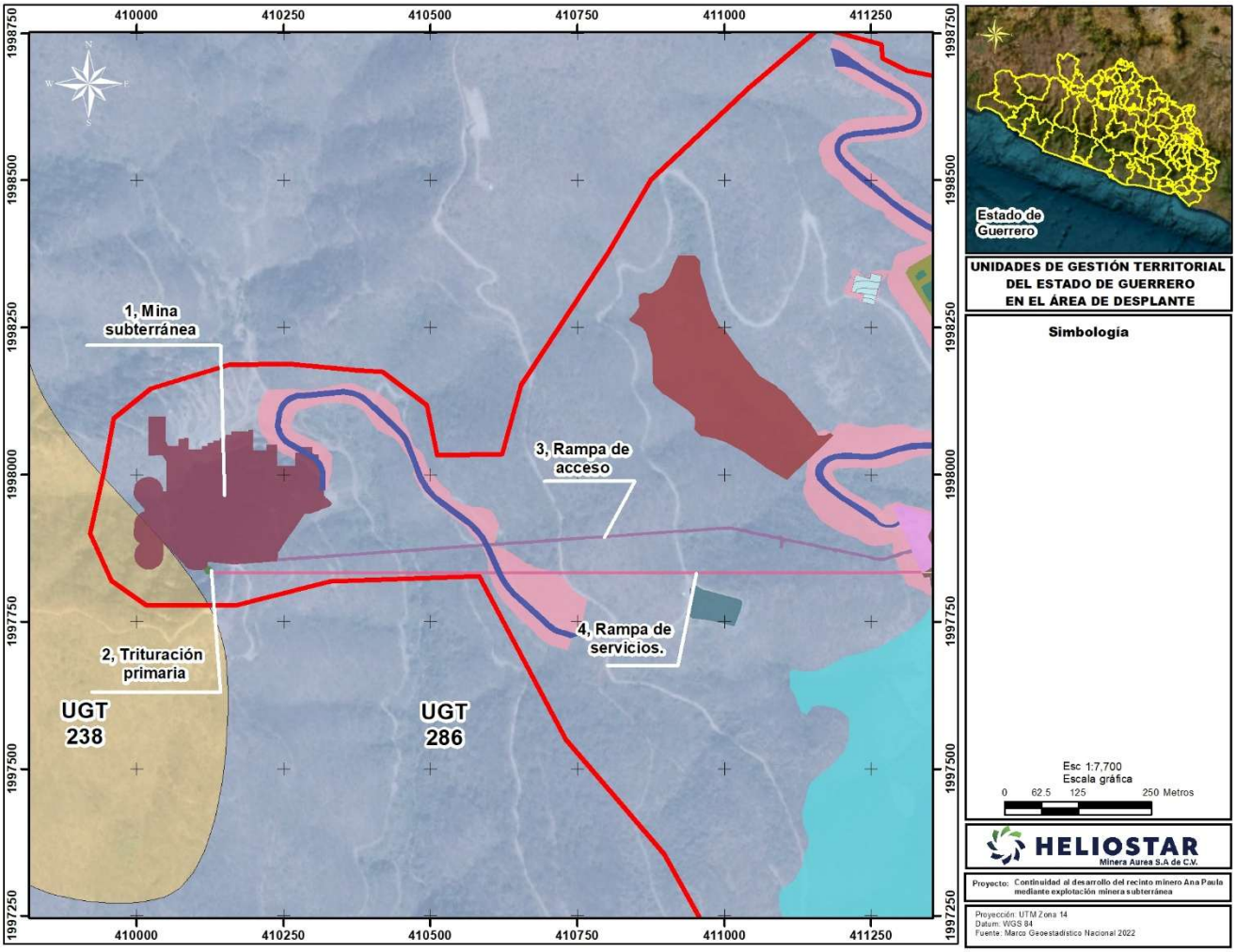


Figura 5. Ubicación de las UGT con respecto a los componentes del Proyecto.

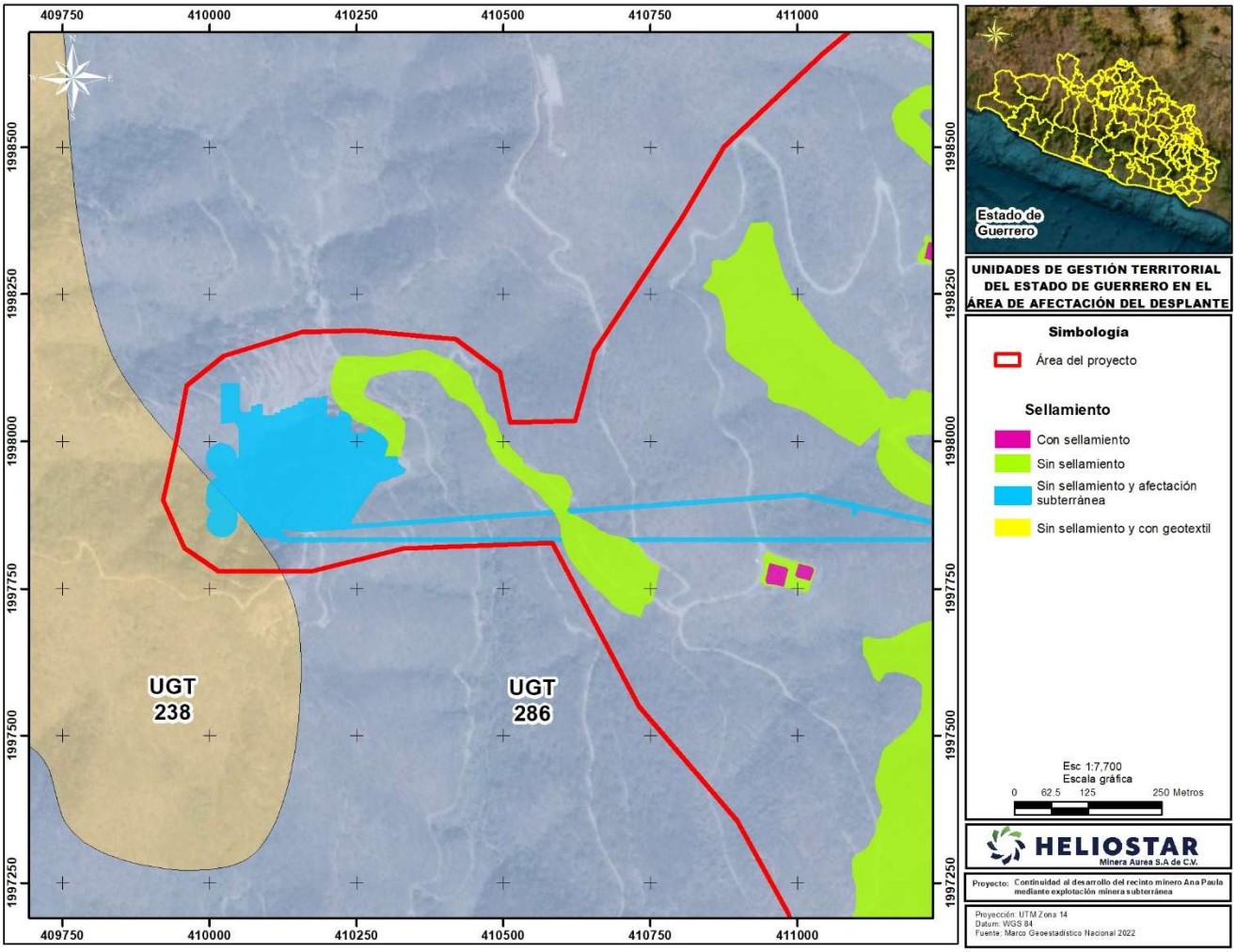


Figura 6. Ubicación de las UGT con respecto al tipo de afectación del Proyecto.

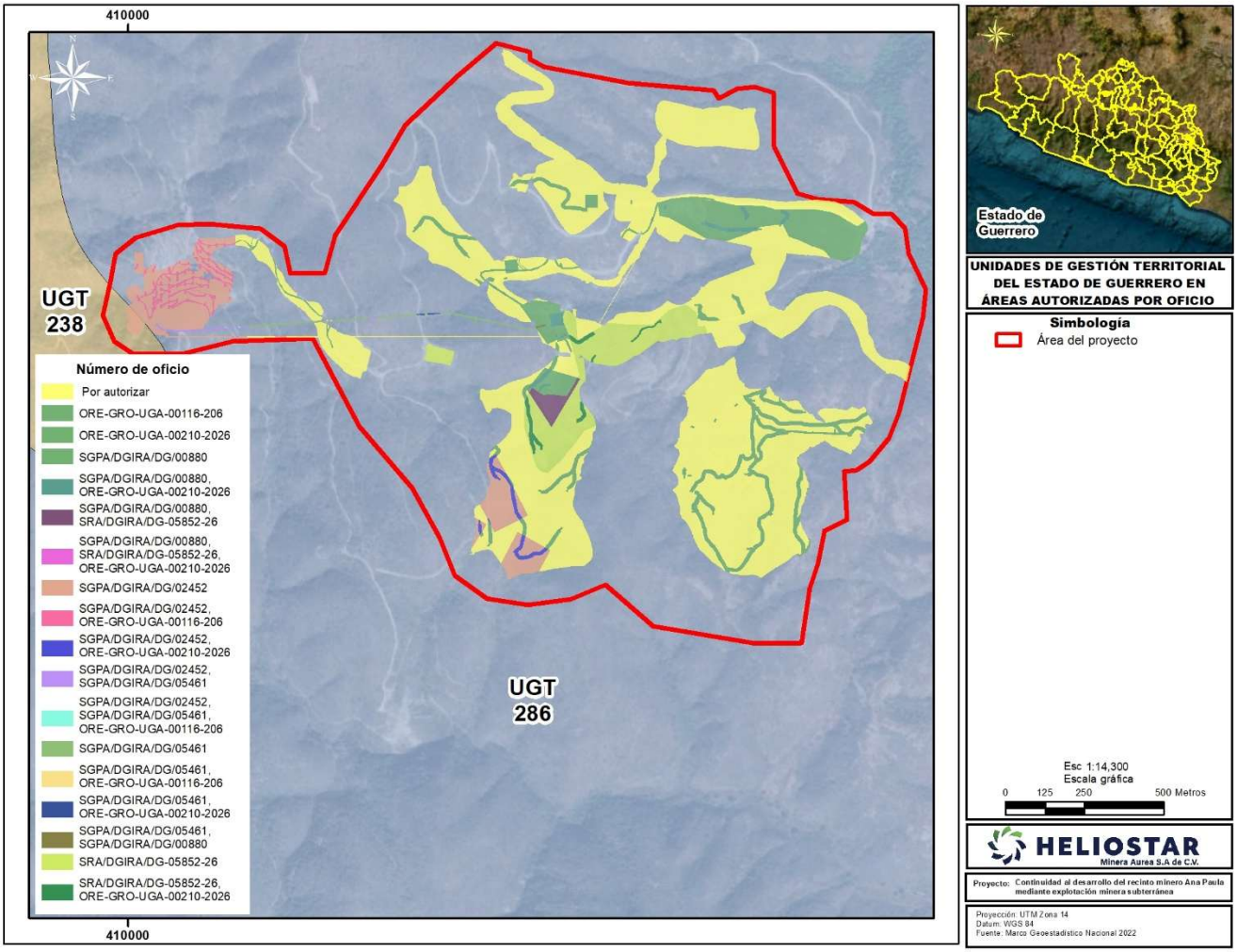


Figura 7. Ubicación de las UGT con respecto a las autorizaciones en materia de impacto ambiental con las que cuenta el Proyecto.

Con respecto a la UGT238, como se observa en la figura anterior, el Proyecto presenta incidencia tanto de áreas que ya cuentan con autorización en materia de impacto ambiental, así como los componentes sujetos a autorización mediante la presente MIA-R.

Por lo tanto, el Proyecto dará cumplimiento a la política de protección ecológica que presenta la UGT238, en el sentido de que el cambio en el proceso de extracción de minerales (antes autorizado en materia de impacto ambiental para realizarse a cielo abierto *versus* ahora el planteamiento de explotación subterránea) hará posible que no se remueva vegetación conservando las características de biodiversidad, provisión de servicios ecosistémicos y la continuidad de procesos ecológicos que se dan en la superficie de esta área.

En cuanto a la UGT286, que contempla como una de sus políticas la conservación ecológica, se señala que, el Proyecto será congruente con esta por medio de las medidas de prevención y mitigación propuestas, a través de las cuales se reducirán los efectos negativos sobre los ecosistemas, permitiendo la continuidad de servicios ecosistémicos y el mantenimiento de la biodiversidad regional; siendo las medidas más importantes para lograr este objetivo las siguientes:

- Programa de capacitación ambiental
- Programa de cierre progresivo de la mina

- Programa de conservación de suelos
- Protocolo de control de emisiones atmosféricas, polvo, ruido y vibraciones
- Programa de manejo integral de residuos mineros, RME y RP
- Protocolo de mantenimiento vehicular, maquinaria y equipo
- Programa de monitoreo de fauna
- Programa de protección de escurrimientos
- Programa de rescate y reubicación de fauna
- Programa de rescate y reubicación de flora
- Programa de restauración ambiental
- Programa de sustancias peligrosas y respuesta a emergencias ambientales

Con respecto a las actividades compatibles e incompatibles, se plantean como compatibles para ambas UGT los asentamientos humanos rurales, la infraestructura pública y el turismo, además de las actividades forestales sólo para la UGT-286. Por otra parte, las actividades incompatibles para ambas UGT son asentamientos humanos urbanos, equipamiento urbano, comercio y servicios, actividades agrícolas, agroindustria, ganadería, minería e industria; así como actividades forestales solo para la UGT238.

Si bien las políticas de ordenamiento territorial vigentes establecen que actividades como los asentamientos humanos urbanos, el comercio y servicios, la agricultura, la ganadería, la industria y la minería no están permitidas en la zona, es importante señalar que, la mayoría de estas actividades —incluida la minería— han sido practicadas históricamente en el área desde tiempos remotos, conformando parte de su dinámica socioeconómica tradicional.

En este sentido, aunque el Proyecto no figura como actividad permitida en el ordenamiento publicado en 2024, su autorización en materia de impacto ambiental fue otorgada con anterioridad a la publicación de dicho ordenamiento, derivado de lo cual, el proyecto incorporará estrictas medidas de mitigación y manejo ambiental para prevenir, reducir y controlar los impactos potenciales, garantizando un desarrollo responsable y en concordancia con las obligaciones ambientales aplicables. Por otro lado, cuenta con los títulos de concesión minera siguientes, los cuales se encuentran vigentes y fueron obtenidos desde 2002.

Tabla 3. Títulos de concesión minera para el Proyecto.

NO.	Titulo	Tipo
1	Título de Concesión número 217559, correspondiente al lote Apaxtla 3 con una superficie de 1995 has en Cocula y Cuetzala del Progreso, Guerrero; con vigencia del 31 de julio del 2002 al 30 de julio del 2052.	Explotación
2	Título de Concesión número 244793, correspondiente al lote Cosmos fracción 1 con una superficie de 3480 has en Cuetzala del Progreso y Cocula, Guerrero; con vigencia del 19 de enero del 2016 al 13 de junio del 2055.	Explotación
3	Título de Concesión número 222224, correspondiente al lote El Coyote con una superficie de 13535.8421 has en Cocula y Cuetzala del Progreso, Guerrero; con vigencia del 15 de junio del 2004 al 14 de junio del 2054.	Exploración
4	Título de Concesión número 220693, correspondiente al lote Tembo con una superficie de 2243 has en Cocula y Cuetzala del Progreso, Guerrero; con vigencia del 30 de septiembre del 2003 al 29 de septiembre del 2053.	Explotación

Adicionalmente, es de señalar que el propio ordenamiento señala las áreas con aptitud minera, en donde se observa que, el Proyecto se encuentra en las áreas clasificadas como de mayor aptitud en la entidad, como se muestra en la siguiente figura.

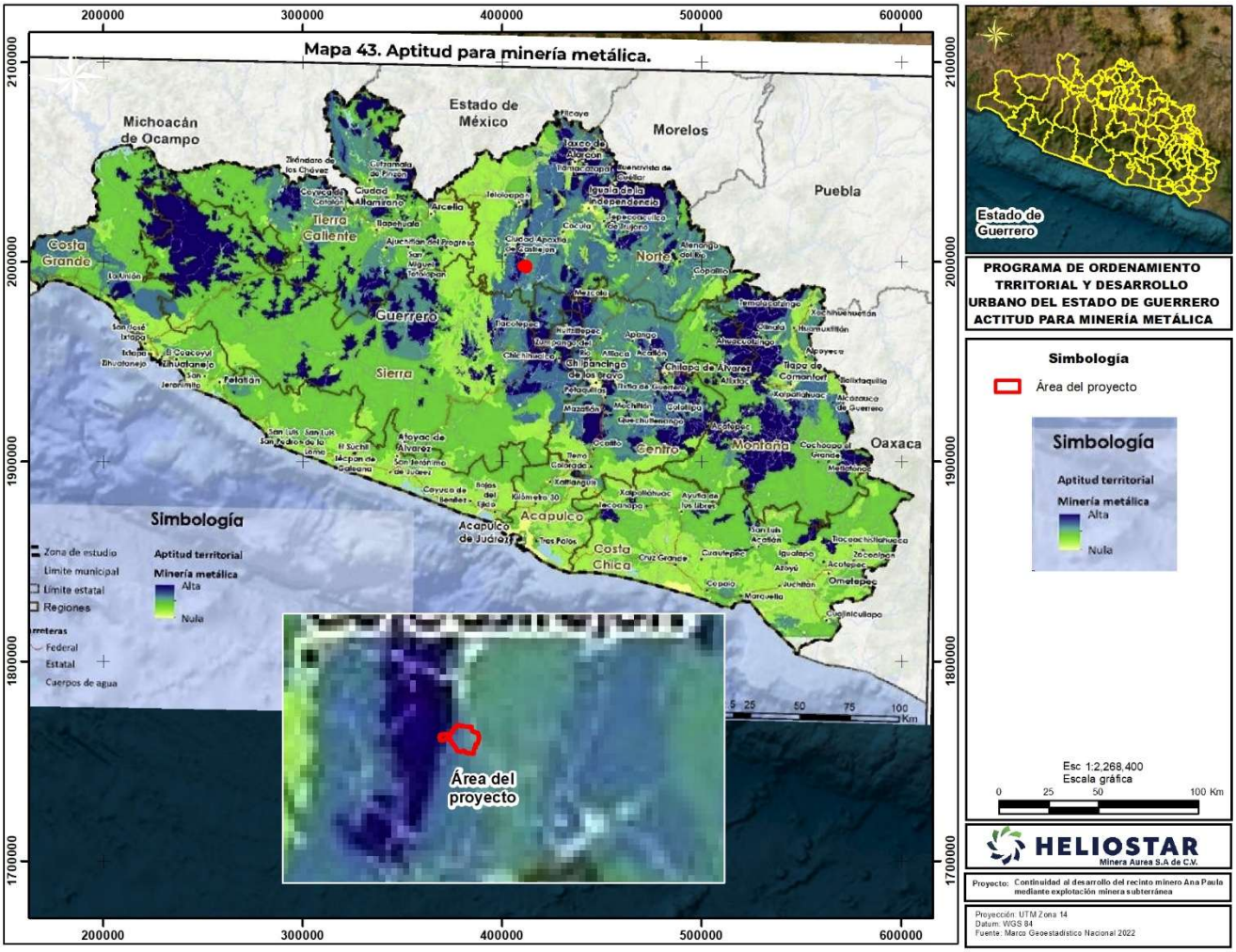


Figura 8. Ubicación del Proyecto en áreas con alta aptitud minera.

Por lo tanto, las actividades incompatibles planteadas para las UGT 286 y 238 resultan incongruentes con la aptitud del territorio presentada en el mismo Ordenamiento.

No obstante, lo anterior resulta importante señalar que un instrumento de ordenamiento territorial no puede aplicarse de manera retroactiva en perjuicio de derechos legalmente adquiridos y actos administrativos firmes preexistentes. El artículo 14 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos consagra el principio fundamental de no retroactividad de la ley en perjuicio de persona alguna. En materia administrativa y ambiental, la Suprema Corte de Justicia de la Nación ha sostenido de forma reiterada que una norma o instrumento de planeación de posterior expedición no puede vulnerar situaciones jurídicas consolidadas ni derechos que han ingresado formalmente al patrimonio o esfera jurídica de un particular bajo el amparo de la legislación previa, por lo cual, no puede aplicarse de manera retroactiva para desconocer, restringir o anular las facultades y derechos legítimamente otorgados por la Federación en los títulos de concesión y resolutivos ambientales previos.

Al respecto, la Promovente cuenta con una situación legalmente constituida y consolidada con anterioridad a la publicación del POTDUEG en abril de 2024, la cual se acredita mediante los siguientes actos administrativos autoritativos e instrumentos legales otorgados por las autoridades competentes:

1. Títulos de Concesión Minera Vigentes (Secretaría de Economía)

2. Resolutivos en Materia de Impacto Ambiental Vigentes (SEMARNAT)
3. Autorizaciones Complementarias de Exploración

Dadas estas condiciones, la incorporación de la minería como "actividad incompatible" en las UGT 238 y UGT 286 en el año 2024 no puede aplicarse de manera retroactiva para desconocer, restringir o anular las facultades y derechos legítimamente otorgados por la Federación en los títulos de concesión y resolutivos ambientales previos.

Por otra parte, las actividades operativas y de exploración autorizadas con anterioridad gozan de protección legal y certeza jurídica. De acuerdo con el artículo 73, fracción X, de la Constitución Federal y la Ley Minera, la regulación y otorgamiento de derechos para la exploración y explotación de minerales metálicos es de **jurisdicción y competencia estrictamente federal**. Si bien las entidades federativas y municipios tienen atribuciones en materia de ordenamiento territorial y desarrollo urbano (LGAHOTDU), un programa estatal no puede vetar de manera absoluta una actividad concesionada y regulada por la Federación cuando ya existen títulos y autorizaciones ambientales federales vigentes dictadas por la SEMARNAT. La prohibición abstracta de la UGT 286 y 238 no invalida la validez ni la ejecutoria de actos administrativos federales previamente emitidos.

La actividad minera se rige por la competencia exclusiva de la Federación (Art. 73, fracción X Constitucional). Las evaluaciones de impacto ambiental aprobadas por la SEMARNAT tutelan de forma integral el equilibrio ecológico de la zona.

Adicionalmente al sustento jurídico preexistente, el análisis sistemático del propio cuerpo del POTDUEG demuestra que la catalogación de la minería como "incompatible" en las UGT del Proyecto responde a una falta de armonización interna de las fichas descriptivas respecto del Diagnóstico y Pronóstico Territorial elaborado por la misma autoridad.

En el Diagnóstico del POTDUEG, específicamente en el Mapa 43 ("Aptitud para Minería Metálica"), el Gobierno del Estado de Guerrero ubica al polígono del Proyecto dentro de una zona catalogada expresamente con "Alta Aptitud Territorial para Minería Metálica".

Existe una contradicción de fondo entre la cartografía diagnóstica del plan —que reconoce el potencial físico, geológico y la vocación extractiva histórica del área— y la matriz posterior de compatibilidades de las UGT 238 y 286. Prohibir la minería en una zona que el propio instrumento dictamina de alta aptitud minera constituye una incongruencia técnica que invalida la restricción como un criterio ambiental fundado en la realidad física del territorio.

La presente MIA-R únicamente pretende integrar áreas adicionales necesarias para la actividad, cambiar ubicaciones de algunos componentes, así como modificar el método de extracción, el cual se tenía autorizado para realizarse a cielo abierto, sin embargo, se modifica a subterráneo, método que ocasionará menor impacto; de manera que, la publicación de este Ordenamiento posterior a la obtención de diversos permisos no debe modificar o anular las autorizaciones obtenidas.

Estrategias

Para cumplir con el objetivo planteado y orientar el desarrollo del estado de Guerrero hacia la visión 2050 o imagen objetivo, se han diseñado una serie de estrategias para la atención de los principales retos del estado, mismas que tienen por objeto atender las necesidades identificadas, resolver o mitigar las problemáticas urbanas, territoriales, económicas y ambientales en la entidad, así como aprovechar las potencialidades y fortalezas del territorio estatal y de las regiones para promover el desarrollo

sostenible de largo plazo de Guerrero. Dichas estrategias tienen como responsables y corresponsables de su implementación al Gobierno Federal y Estatal.

No obstante, en seguida se muestran las estrategias y líneas de acción con las cuales podría tener alguna relación del Proyecto, principalmente en su implementación de medidas de mitigación y compensación, esto para las estrategias ESA01 y ESA03, mientras que, con las estrategias ESA05, EDS01, EDS03 y EDE03 el Proyecto no tiene relación alguna dado que se enfocan al fortalecimiento integral de resiliencia comunitaria, desarrollo social y humano, así como temas culturales y turismo.

Tabla 4. Estrategia ESA01 aplicable a las UGT 286 y 238.

ESA01 Estrategia de Tratamiento de Aguas y Conservación de Ecosistemas Ribereños y Acuáticos.	
Problemática: Alta contaminación de ecosistemas acuáticos por aguas residuales.	
Líneas de acción	
2. Restauración de Ecosistemas Acuáticos: Lanzar proyectos de reforestación en áreas ribereñas para mejorar la calidad del agua y proteger la biodiversidad. Restaurar las riberas de los escurrimientos y barrancas impactadas por cambios de uso del suelo, degradación del suelo y/o afectación de la calidad del agua. Designar áreas de protección para preservar ecosistemas acuáticos sensibles y especies amenazadas.	Programa de restauración ambiental, el cual tendrá por objetivo la restauración de una superficie similar a la que será desmontada debido al Proyecto, considerando especies nativas del lugar a restaurar y monitoreos periódicos para alcanzar una sobrevivencia del 80%. Para lo cual se considerarán prioritarios sitios dentro de la Región Ecológica en caso de encontrarse disponibles y los Sitios Prioritarios para la Restauración establecidos en este Programa. Por lo tanto, los sitios señalados por el presente ordenamiento serían áreas viables de ser elegibles para implementar parte del Programa de restauración ambiental.
6. Reducción de impactos Antropogénicos. Esta línea de acción aplica en las siete regiones del Estado y busca lograr la conservación de la biodiversidad y la gestión sostenible de recursos. Además, se deben implementar políticas ambientales sólidas, fomentar la innovación tecnológica, y promover la educación y concienciación ambiental.	La implementación del Proyecto se llevará a cabo con la ejecución de un conjunto de medidas de prevención, mitigación y compensación de los posibles impactos a generarse, principalmente las siguientes. • Programa de capacitación ambiental • Programa de cierre progresivo de la mina • Programa de conservación de suelos • Programa de control de emisiones atmosféricas, polvo, ruido y vibraciones • Programa de manejo integral de residuos mineros, RME y RP • Programa de mantenimiento vehicular, maquinaria y equipo • Programa de monitoreo de fauna • Programa de protección de escurrimientos • Programa de rescate y reubicación de fauna • Programa de rescate y reubicación de flora • Programa de restauración ambiental • Programa de sustancias peligrosas y respuesta a emergencias ambientales Por lo tanto, con la implementación de este conjunto de medidas se pronostica que la significancia de los impactos se atenué y en algunos casos se prevengan dichos impactos.
Responsables y corresponsables Gobierno federal: Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano SEDATU, Comisión Nacional del Agua CONAGUA, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT. Naturales); Ramo 20 (Desarrollo social); Ramo 28 (Participaciones a entidades federativas y municipios); Ramo 33 (Aportaciones federales para entidades federativas y municipios) Gobierno estatal: Secretaría de Desarrollo Urbano, Obras Públicas y Ordenamiento Territorial SDUOPOT, Secretaría de Planeación y Desarrollo Regional SEPLADER, Coordinación General de Fortalecimiento Municipal, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMAREN, Comisión de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Estado de Guerrero CAPASEG, Comisión para la Protección contra Riesgos Sanitarios del Estado de Guerrero (COPRISEG).	

Tabla 5. Estrategia ESA03 aplicable a las UGT 286 y 238.

ESA03. Estrategia Integral para la Conservación y Regeneración de Ecosistemas y Recursos Hídricos.	
Problemática: Pérdida de ecosistemas, biodiversidad y servicios ecosistémicos	
Líneas de acción	
1. Protección y Recuperación de Acuíferos: Establecer una política para impulsar la restauración de los ecosistemas nativos en cuencas altas para mejorar la infiltración y recarga de acuíferos. Implementar prácticas de uso eficiente del agua y reúso del agua en zonas urbanas y agrícolas. Conservar las principales zonas de recarga para impulsar la sostenibilidad hídrica en el estado, promoviendo figuras de protección y salvaguarda. Promover la realización de obras de conservación de agua en las zonas funcionales de captación y transporte de las cuencas.	Con relación al componente hídrico, como parte del Proyecto se contempla el Programa de protección de escurrimientos. Por otro lado, es posible implementar acciones de compensación en áreas que se identifiquen como zonas de recarga hídrica, así como áreas que incrementen la conectividad de hábitats en el estado, siempre y cuando estas se encuentran incluidas en los sitios prioritarios para la restauración ambiental del PNRA. Por otro lado, con relación a programas de conservación para especies y hábitats en peligro, se señala que para el Proyecto se contará con los siguientes programas, en los cuales se priorizarán las especies en riesgo: • Programa de monitoreo de fauna • Programa de rescate y reubicación de fauna • Programa de rescate y reubicación de flora
2. Protección de Ecosistemas: Considerar las áreas con alta aptitud para la conservación, como espacios estratégicos que deberán ser tomados en cuenta para incorporarse al sistema de áreas naturales protegidas buscando la conectividad, representatividad y efectividad de manejo para el mantenimiento de los procesos ecosistémicos y la viabilidad de las poblaciones de vida silvestre, tomando en cuenta a la población y a los núcleos y comunidades agrarias. Establecer programas de conservación para especies y hábitats en peligro.	
6. Reducción de impactos Antropogénicos. Esta línea de acción aplica en las siete regiones del Estado y busca lograr la conservación de la biodiversidad y la gestión sostenible de recursos. Además, se deben implementar políticas ambientales sólidas, fomentar la innovación tecnológica, y promover la educación y concienciación ambiental.	La implementación del Proyecto se llevará a cabo con la ejecución de un conjunto de medidas de prevención, mitigación y compensación de los posibles impactos a generarse, principalmente las siguientes. • Programa de capacitación ambiental • Programa de cierre progresivo de la mina • Programa de conservación de suelos • Programa de control de emisiones atmosféricas, polvo, ruido y vibraciones • Programa de manejo integral de residuos mineros, RME y RP • Programa de mantenimiento vehicular, maquinaria y equipo • Programa de monitoreo de fauna • Programa de protección de escurrimientos • Programa de rescate y reubicación de fauna • Programa de rescate y reubicación de flora • Programa de restauración ambiental • Programa de sustancias peligrosas y respuesta a emergencias ambientales Por lo tanto, con la implementación de este conjunto de medidas se pronostica que la significancia de los impactos se atenué y en algunos casos se prevengan dichos impactos.
Responsables y corresponsables Gobierno federal: Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano SEDATU, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT Gobierno estatal: Secretaría de Desarrollo Urbano, Obras Públicas y Ordenamiento Territorial SDUOPOT, Secretaría de Planeación y Desarrollo Regional SEPLADER, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMAREN, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Rural SAGADEGRO	

Por otra parte, en la siguiente tabla se vincula el Proyecto con los lineamientos que el ordenamiento tiene designados para la minería, dado que esta actividad es el objeto del Proyecto.

Tabla 6. Vinculación del Proyecto con los lineamientos del MOTDU para minería.

Lineamientos para minería no metálica de baja disponibilidad (Mnb) y alta disponibilidad (Mna)	
Mnb01/Mna01.- Los predios sujetos a extracción deberán contar con un programa avalado por la autoridad competente de supervisión, vigilancia y seguimiento de las medidas de	En concordancia con la legislación aplicable, se somete a evaluación el presente documento, con el objetivo de obtener

Lineamientos para minería no metálica de baja disponibilidad (Mnb) y alta disponibilidad (Mna)	
mitigación ambiental, compensación, restauración, así como de reducción del impacto paisajístico generado por la actividad extractiva definidas en el resolutivo de las manifestaciones de impacto ambiental.	la autorización en materia de impacto y riesgo ambiental para el desarrollo del Proyecto. Es relevante mencionar que la técnica de explotación subterránea a implementar minimiza la remoción superficial, reduce significativamente la alteración del paisaje y limita los impactos directos sobre la flora, fauna y cuerpos de agua. Paralelamente, el Proyecto incorpora medidas de prevención, mitigación, compensación y monitoreo ambiental, garantizando que el uso de los recursos no derive en su sobreexplotación ni en un mayor deterioro en la zona. Por otro lado, es de mencionar que el Proyecto cuenta con varias autorizaciones en materia de impacto ambiental (ver Capítulo I), por lo tanto, del total de la superficie que comprende el Proyecto en su área de desplante 34.345 ha ya cuentan con autorización y 66.449 ha es la superficie que se incorpora en esta MIA-R para su evaluación y dictaminación en materia de impacto ambiental.
Mnb02/Mna02.- Se prohibirá la utilización de sitios explotados inactivos como área de disposición final materiales (cascajo, residuos urbanos u otros). En caso de que el titular pretenda darle un uso distinto al predio, deberá obtener previamente la autorización correspondiente en materia de impacto ambiental.	En congruencia con el presente lineamiento, y como se especificó en el Capítulo I del presente documento, se contemplan áreas e infraestructura específicas para el manejo, almacenamiento temporal y disposición de los materiales y residuos que se generen durante el desarrollo del Proyecto, de acuerdo con su clasificación y normativa aplicable.
Mnb03/Mna03.- En el área de explotación no se permitirá el almacenamiento permanente de chatarra o residuos originados por la maquinaria o la construcción de la infraestructura de la mina. En caso de que el titular pretenda darle un uso distinto al predio, deberá obtener previamente la autorización correspondiente en materia de impacto ambiental.	No se hará uso de áreas del Proyecto para estos fines. Se tiene contemplada la implementación de un Programa de cierre progresivo de la mina en donde se establecen las acciones por realizar en las áreas afectadas.
Mnb04/Mna04.- Para las actividades mineras reguladas por la Federación, se respetará una franja de amortiguamiento de 20 metros como mínimo hacia el interior del predio en todo el perímetro. Esta franja deberá forestarse con especies nativas de la región, estableciendo un programa de trabajo a fin de garantizar la supervivencia de los individuos plantados y remplazando aquellos que perezcan.	El área del Proyecto comprende una poligonal mayor al área de desplante, por lo tanto, los espacios que no resultarán afectados fungen como áreas de amortiguamiento en las cuales se podrían implementar acciones de restauración forestal.
Mnb05/Mna05.- Para la ampliación de la superficie de extracción en un proyecto activo se condicionará al cumplimiento anual de acciones de mitigación y restauración de por lo menos el 50% de la superficie autorizada.	En caso de requerirse una ampliación de la superficie del Proyecto se realizará el cumplimiento legal correspondiente previó a la solicitud de modificación.
Mnb06/Mna06.- En las zonas de conservación hidrológica se deberá analizar la red de drenaje para establecer si los ríos y arroyos drenan sus aguas hacia zonas de recarga de potencial alto y medio; en caso positivo se deberá instrumentar legalmente que la empresa responsable de las actividades mineras tenga puntos de monitoreo de calidad del agua en los sitios de contacto con las zonas de recarga de potencial alto y medio, así como realizar estudios hidrogeológicos de detalle que establezcan la capacidad de autodepuración del medio (que conforma a las zonas de recarga de potencial alto y medio) y de la cantidad y calidad del agua que llegará al acuífero en forma de recarga.	Como se observa en la siguiente figura, el área del Proyecto no se ubica en una zona de aptitud hídrica (recarga de acuíferos), no obstante, el Proyecto contará con un Programa de Protección de escurrimientos, por medio del cual se implementará un conjunto de medidas encaminadas a garantizar la permanecen de la calidad y flujo de los escurrimientos superficiales.

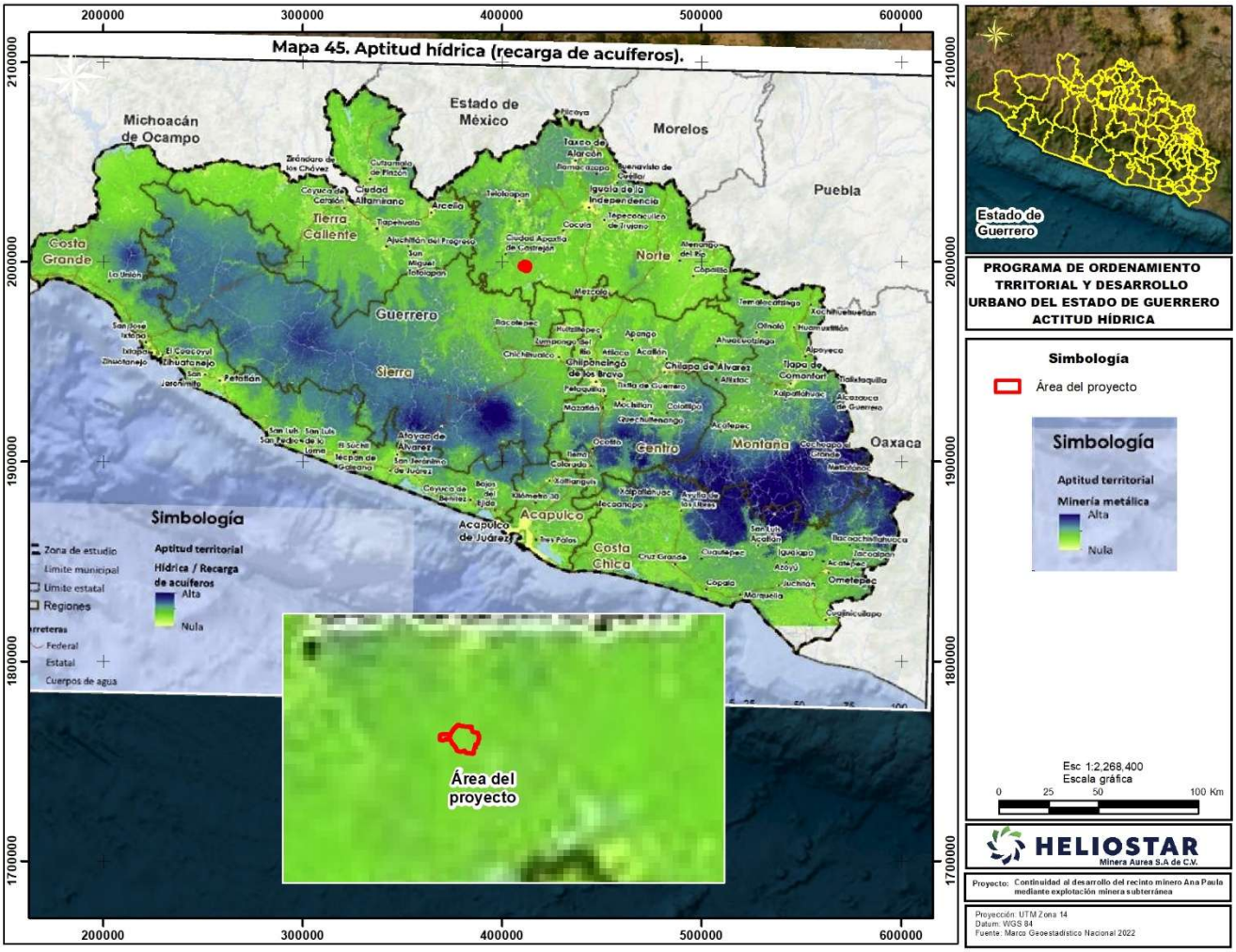


Figura 9. Ubicación del Proyecto en zonas de media a baja aptitud hídrica.

II.4 Decreto del Área Natural Protegida (ANP) o Área Destinada Voluntariamente a la Conservación (ADVC)

De acuerdo con el Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) no se encuentra incidencia del Proyecto con alguna área natural protegida (ANP) a nivel federal, estatal o municipal, siendo las más cercanas al área de Proyecto: la ANP Federal “Sierra Tecuani” a 36.20 km en el extremo oeste como se aprecia en la siguiente figura.

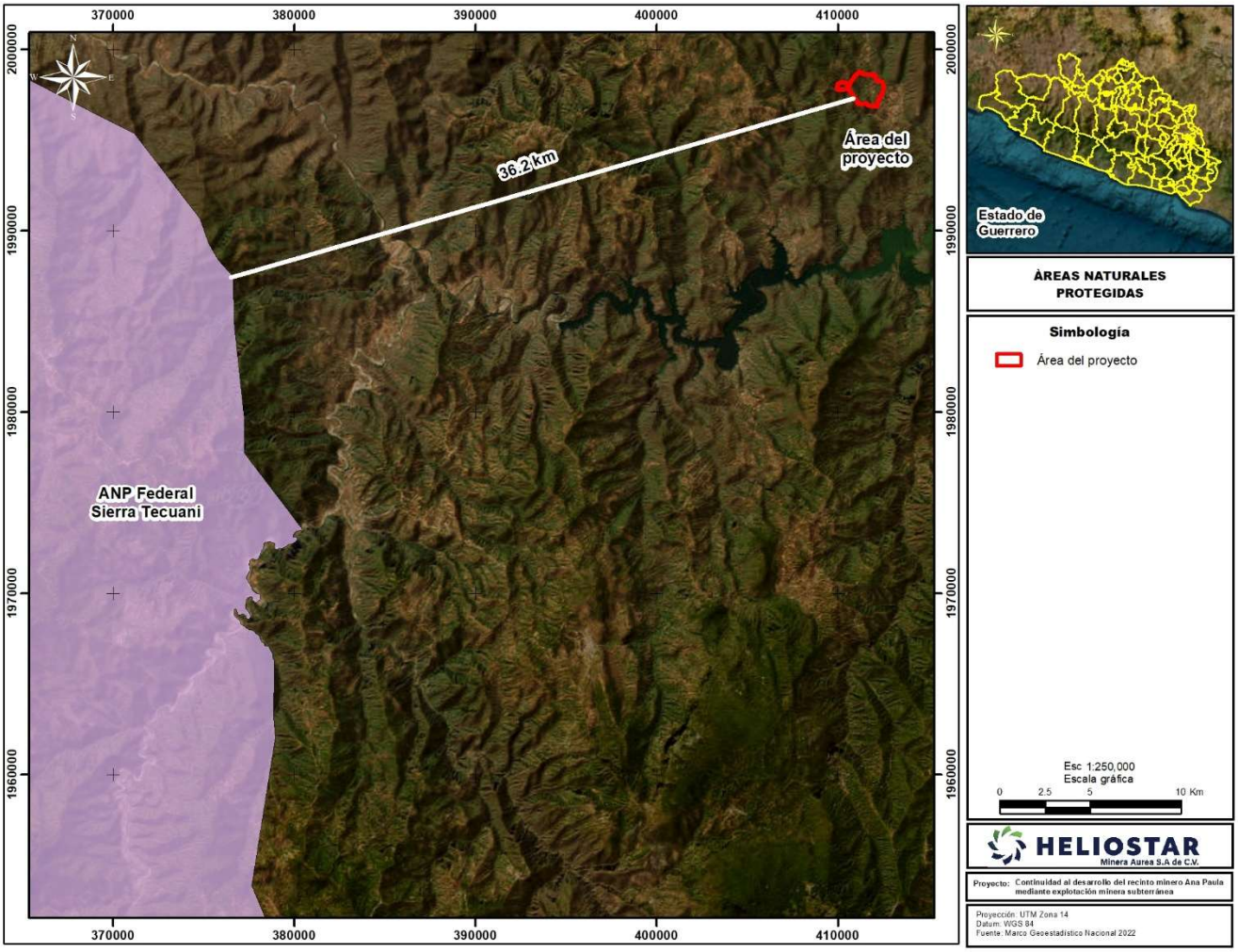


Figura 10. Ubicación del Proyecto respecto de ANP.

II.5 Normas Oficiales Mexicanas

En las siguientes tablas se presenta la vinculación con las diferentes Normas Oficiales Mexicanas (NOM) con las cuales tiene alguna relación el Proyecto:

Tabla 7. Vinculación del Proyecto y las normas aplicables.

Materia	Norma Oficial Mexicana	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
Flora y fauna	**NOM-059-SEMARNAT-2010** Establece los mecanismos de protección ambiental de especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Listado de especies en riesgo. 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,	Derivado de los muestreos realizados se identificaron 5 especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales 2 estuvieron presentes en el AP: *Handroanthus impetiginosus* y *Sideroxylon capiri*, sin embargo, sólo la primera estuvo presente en las áreas sujetas a CUSTF. Con respecto a fauna, se registraron especies que se encuentran dentro de alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010, 27 se encuentran dentro de la norma oficial mexicana, tres de ellas en categoría de amenazada, y 24 en protección especial.

Materia	Norma Oficial Mexicana	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
	exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010.	Los listados completos de especies en riesgo se encuentran en el apartado III.5 del Capítulo III de esta MIA-R.
Emisiones a la atmósfera: gases	**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.	Una vez iniciada la obra y mientras duren las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento de la mina, se utilizarán vehículos y maquinaria pesada, los cuales utilizan gasolina, respectivamente, produciendo gases contaminantes (COx, NOx, HC´s) como resultado de la combustión interna de los motores, por lo que todos los vehículos y maquinaria pesada, empleadas en la obra deberán de cumplir con lo estipulado en estas NOM, mediante la verificación de emisiones para camiones ligeros, medianos y pesados que se utilicen principalmente durante la etapa de construcción. El mantenimiento de los vehículos y maquinaria pesada empleados en la obra es responsabilidad de la Empresa Constructora, en la fase de preparación y construcción, en tanto en la etapa de operación y mantenimiento el mantenimiento de los vehículos corresponderá al Promovente.
	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-043-SEMARNAT-1993 Que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas solidas provenientes de fuentes fijas.	Se realizarás las mediciones para dar cumplimiento a esta NOM. Cabe señalar que, cada chimenea cuenta con su dispositivo de control asociado, consistente en lavador de gases para reducir emisiones, filtro de mangas, condensador o lecho de carbón activado impregnado con azufre según la corriente de que se trate, y sus ductos y chimeneas se proyectan con los puertos de muestreo, las plataformas de trabajo y las vías de acceso.
Residuos	**NOM-052-SEMARNAT-2005** Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	Tanto en la fases de preparación y construcción, así como operación de la mina, se producirán residuos peligrosos, resultado de diferentes actividades como son: mantenimiento de vehículos, operación de la mina; por lo que para el cumplimiento de las disposiciones que indican esta norma, se contará con un almacén temporal de residuos peligrosos, así mismo se considera la contratación de los servicios de recolección y transporte de estos residuos, por una empresa recolectora que se encuentre autorizada ante la SEMARNAT, SCT y demás autoridades involucradas en la emisión de aquellos permisos que autoricen a las empresas prestadoras de estos servicios.
	NOM-054-SEMARNAT-1993 Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993.	
	NOM-161-SEMARNAT-2011, Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.	En el anexo normativo “LISTADO DE RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL SUJETOS A PRESENTAR PLAN DE MANEJO”, en la fracción VII se indica: Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general, que se generen en una obra en una cantidad mayor a 80 m^3. Por lo tanto, el promovente formulará el plan de manejo de acuerdo con el contenido descrito en estas especificaciones.
Ruido	**NOM-080-SEMARNAT-1994,** Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos	Durante la fase de preparación y construcción se hará uso de maquinaria por lo cual deberá considerar el recibir afinación y mantenimiento periódico, con el fin de minimizar la emisión de ruido por algún elemento desajustado, esto también es económicamente

Materia	Norma Oficial Mexicana	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
	motorizados en circulación y su método de medición.	recomendable porque optimiza el consumo de combustible. Además de las actividades de construcción deberán de quedar sujetas a realizarse estrictamente en un horario diurno, ya que la fauna silvestre presenta mayor actividad durante las noches. Por otra parte, durante la etapa de operación del proyecto, se realizarán acciones que puedan superar los niveles de ruido, sin embargo, dichas acciones serán puntuales y programadas, por lo que se prevé que el impacto por ruido hacia la población sea limitado, sujeto al cumplimiento de las medidas de control y de los límites aplicables.
	NOM-157-SEMARNAT-2009 Que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros.	El objetivo de la presente norma establece los elementos y procedimientos que se deben considerar al formular y aplicar los planes de manejo de residuos mineros, con el propósito de promover la prevención de la generación y la valorización de los residuos, así como alentar su manejo integral a través de nuevos procesos, métodos y tecnologías que sean económica, técnica y ambientalmente factibles. En este sentido, la promovente da cumplimiento al contenido de la presente norma, atendiendo a que instrumentará un Programa de manejo integral de residuos mineros, RME y RP congruente con los puntos establecidos en esta NOM.

- **NOM-141-SEMARNAT-2003.** Que establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y posoperación de presas de jales.

Tabla 8. Vinculación del Proyecto con las especificaciones de la NOM-141-SEMARNAT-2003.

Especificación	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
El almacenamiento de los jales puede efectuarse en el lugar donde se generen, conforme a la información obtenida de la caracterización del sitio, aplicando los criterios de protección ambiental especificados en esta Norma Oficial Mexicana para cada etapa. En el caso que se requiera ubicar una presa de jales en áreas naturales protegidas, la autorización estará sujeta a la evaluación en materia de impacto ambiental, así como a lo dispuesto en el Decreto del Area Natural Protegida y el Programa de Manejo Respectivo. Si existen zonas y obras que por sus características se consideran patrimonio histórico o cultural, se debe cumplir con lo establecido en las leyes aplicables. En caso de que se pretenda ocupar un cauce natural de corriente y/o zona federal, se deberá solicitar el permiso por ocupación y/o concesión de zona federal y construcción de obra hidráulica a la Comisión Nacional del Agua, la cual determinará su procedencia.	La presa de jales del Proyecto no se ubicará dentro de un área natural protegida y tampoco en áreas con patrimonio histórico cultural. La presa de jales no se ubicará sobre corrientes de orden federal, tal como se señala en el oficio No. B00.7.02.-180 (anexo 16 y en el apartado III.2.7.18 Hidrología superficial del Capítulo III), con asunto: Consulta para la identificación de cauce y de zona federal municipio de Cuetzala del Progreso, Guerrero, relativo a la consulta de identificación de cauce y zona federal respecto de la naturaleza de diversas barrancas o escurrimientos intermitentes de régimen pluvial

Especificación	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
	identificados dentro del polígono promovido por la persona moral Minera Aurea, SA de CV, los cuales se manifiestan principalmente durante la temporada de lluvias. Derivado de lo cual se determinó que solo 2 tramos de cauces comprenden zona federal, ninguno ubicado en la zona de la presa de jales.
En caso de que, durante la caracterización del sitio, se identifiquen especies en riesgo, de conformidad con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, se deben considerar las medidas que garanticen la sobrevivencia de los individuos y la permanencia de la población afectada.	Como se mencionó en la tabla anterior, se localizaron especies de flora y fauna presentes en el área del Proyecto (sin ser exclusivas del sitio donde se ubicará la presa de jales), por lo tanto, se implementarán las siguientes medidas con énfasis en especies en riesgo y endémicas. • Programa de monitoreo de fauna • Programa de rescate y reubicación de fauna • Programa de rescate y reubicación de flora
Cuando el proyecto se prevea localizarlo en alguna región terrestre prioritaria, se debe hacer del conocimiento de la autoridad competente. Los estudios, proyectos de ingeniería y demás información técnica o científica utilizada y/o generada de acuerdo a esta Norma, así como la evidencia de su cumplimiento, debe mantenerse clasificada y disponible para que la autoridad verifique su existencia y contenido en el momento que lo considere necesario. Los resultados, análisis y conclusiones de los estudios generados previo a la preparación del sitio, deben integrarse en la sección correspondiente del Informe Preventivo.	El área de Proyecto se encuentra fuera de alguna Región Terrestre Prioritaria. La información generada para el cumplimiento de esta NOM se incluye con anexo 04 de esta MIA-R y como parte del expediente del Proyecto, el cual se mantendrá disponible en medios electrónicos.
5.1 Cambio de uso de suelo en terrenos forestales, y utilización de cauces y zonas federales. **5.1.1** Cambio de utilización en terrenos forestales. El generador debe obtener la autorización por el cambio de utilización en terrenos forestales de conformidad con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento. **5.1.2** Utilización de cauces y zonas federales. De acuerdo con lo dispuesto en la Ley de Aguas Nacionales.	En el anexo 16 se integró el oficio No. B00.7.02.-180, con asunto: Consulta para la identificación de cauce y de zona federal municipio de Cuetzala del Progreso, Guerrero, relativo a la consulta de identificación de cauce y zona federal respecto de la naturaleza de diversas barrancas o escurrimientos intermitentes de régimen pluvial identificados dentro del polígono promovido por la persona moral Minera Aurea, SA de CV, los cuales se manifiestan principalmente durante la temporada de lluvias. Del análisis realizado por la CONAGUA, esta concluyó que las corrientes 1,3,4,5,6 y 7, no presentan cárcavas con características geométricas que establece la Ley de Aguas Nacionales, para ser consideradas cauce de propiedad nacional; mientras que la corriente 2, sí presenta cárcava con características geométricas para ser considerado de propiedad nacional, a partir de las coordenadas UTM (412223.669 E, 1998037.4592 N) zona 14 hacia aguas abajo; así mismo, la cárcava de la corriente 8 cumple con las dimensiones geométricas para ser considerado propiedad nacional. Dicho análisis quedó sujeto a un recorrido al sitio, para constatar las condiciones físicas en campo. Para lo cual, personal de la CONAGUA realizó el recorrido de campo los días 28 y 29 de mayo de 2026. El AP no tiene incidencia en el escurrimiento número 8; en

Especificación	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
	el caso del escurrimiento 2, el AP sí tiene incidencia, sin embargo, se encuentra en un área sin desplante de componentes, clasificada como área sin afectación del área del Proyecto en una superficie de 0.097 ha, por lo cual no resultará afectado en su trayectoria dictaminada como zona federal, y no se requerirá el cambio de uso de suelo en esta área. Con respecto al cambio de uso de suelo en terrenos forestales, se señala que, para el Proyecto se requiere la remoción de vegetación en 86.846 ha, de las cuales 22.911 ha ya cuentan con autorización para realizar la remoción en materia de impacto ambiental; mientras que las 63.935 ha restantes son áreas que aún no presentan autorización y se someten a evaluación en la presente MIA-R.
5.2 Caracterización del jale Las muestras de jal para la determinación analítica deben ser tomadas directamente del área de almacenamiento o de las pruebas metalúrgicas realizadas al inicio de la operación de la unidad minera, de conformidad con las especificaciones del Anexo Normativo 1 de la presente Norma Oficial Mexicana. Con el fin de determinar la peligrosidad de los jales, el generador debe proceder de la siguiente manera:	Knight Piésold llevó a cabo una caracterización geoquímica a nivel de estudio de prefactibilidad (PFS) en materiales mineros, los cuales incluyen roca de desecho, jales de flotación, jales desintoxicados de cianuro (CN) y muestras de mineral de oro (Knight Piésold 2017). El programa de pruebas de 2017 incluyó 51 muestras de roca de desecho, seis de jales de flotación (además de dos muestras de solución sobrenadante), tres de jales lixiviados desintoxicados de cianuro y ocho de mineral de oro. Los métodos de prueba contemplaron el análisis geoquímico de roca entera (ICP-OE/MS multielemental), el conteo ácido/base (ABA), la prueba de lixiviación a corto plazo (SFE), la difracción de rayos X (XRD) cuantitativa y pruebas cinéticas
5.2.1 Aplicar la prueba de extracción de los constituyentes tóxicos, de acuerdo con el método de prueba para realizar la extracción de metales y metaloides en jales, con agua en equilibrio con CO2 (véanse Anexos Normativos 1 y 5). Si la concentración en el extracto de uno o varios de los elementos listados en la Tabla referente a los constituyentes tóxicos en el extracto PECT de la NOM-052-SEMARNAT-1993 o la que la sustituya, es superior a los límites permisibles señalados en la misma, los jales son peligrosos por su toxicidad.	Se realizaron pruebas cinéticas en la muestra de jales de flotación de baja recuperación (APLOM24-02). La celda de humedad operó durante 36 semanas, desde octubre de 2024 hasta junio de 2025. Las concentraciones de arsénico superaron los límites permisibles de la NOM-127 a lo largo de la prueba. Otros parámetros, como el pH, los sulfatos y otros metales, se mantuvieron dentro de los límites de la NOM-127 después del primer lavado de la celda de humedad. El primer lavado es un periodo de concentraciones elevadas de componentes que, por lo general, se presenta entre las semanas 1 y 4 de la prueba de celda de humedad. El programa de pruebas cinéticas estaba programado originalmente para durar 40 semanas, pero se suspendió después de la semana 36 debido a que el material se clasifica como no-PAG, pero mantuvo la lixiviación de arsénico en concentraciones por encima de la norma NOM-127
5.2.2 Para determinar si los jales son generadores potenciales de ácido, se debe aplicar la prueba modificada de balance ácido base (véanse Anexos Normativos 1 y 5). En caso de que la relación Potencial de Neutralización (PN)/Potencial Acido (PA) sea menor a 1.2, se consideran generadores potenciales de ácido.	Se han analizado dos muestras de jales mediante pruebas de celda de humedad. La prueba de celda de humedad para la muestra de jales de flotación de baja recuperación (APLOM24-02) se resumió en la Carta de resumen de caracterización geoquímica de jales de flotación (Knight Piésold, 2025). Una segunda prueba de celda de humedad con una muestra compuesta de jales totales (HAP-31-1912) inició en octubre de 2025 y se llevó a cabo durante 18 semanas. Durante ese periodo, el pH del lixiviado de la celda se mantuvo cercano al nivel neutro. Sin embargo, las concentraciones de sulfato y

<table>
<tr><th>Especificación</th><th>Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)</th></tr>
<tr><td></td><td>arsénico, los sólidos disueltos totales y la dureza superaron los límites de la NOM-127 en las semanas que se analizó el lixiviado (Figuras 4.2 a 4.5). Las concentraciones de amoníaco superaron los límites de la NOM-127 durante las primeras diez semanas de la prueba, pero disminuyeron y se mantuvieron en concentraciones permisibles entre las semanas 12 y 18.</td></tr>
<tr><td>5.3 Caracterización del sitio
Con el propósito de caracterizar el sitio donde se proponga ubicar la presa de jales, una vez definida la peligrosidad del jal que genere el proceso de beneficio de minerales, el generador debe llevar a cabo estudios que le permitan identificar a los elementos del ambiente y biota que sean susceptibles de daño por el depósito de jales. El generador previo a la selección del sitio debe realizar los siguientes estudios e indicar la(s) fuente(s) de referencia.

5.3.1 Aspectos climáticos
Para prevenir daños a la presa de jales por factores climatológicos y evitar que se genere carga hidráulica sobre la cortina contenedora o se produzca algún derrame de excedencias hacia la cuenca de aguas abajo, se deben investigar y documentar los siguientes aspectos climáticos:

a) Zona hidrológica de ubicación del sitio (Figura 2: Carta hidrológica de la República Mexicana).
b) Precipitación media mensual y anual, así como sus valores máximos y mínimos.
c) Tormenta máxima observada para una duración de 24 horas.
d) Tormenta de diseño para un periodo de retorno establecido de acuerdo con la clasificación del jale, la zona hidrológica y la topografía del sitio.
e) Velocidad, dirección y frecuencia de los vientos.
La Tabla 1 señala el número de años a que debe de hacer referencia la información anterior, de acuerdo con la zona hidrológica y la topografía del terreno donde se pretenda construir una presa de jales, siempre y cuando la obra no pretenda ocupar una zona federal.

TABLA 1
Periodo de retorno de la tormenta de diseño
(Años)
<table><tr><th></th><th colspan="6">Zona Hidrológica</th></tr><tr><th></th><th colspan="2">Seca</th><th colspan="2">Húmeda</th><th colspan="2">Ciclónica</th></tr><tr><th>Topografía</th><th>(1)</th><th>(2)</th><th>(1)</th><th>(2)</th><th>(1)</th><th>(2)</th></tr><tr><td>Montañoso</td><td>5</td><td>25</td><td>25</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td></tr><tr><td>Lomerío</td><td>25</td><td>100</td><td>25</td><td>100</td><td>50</td><td>100</td></tr><tr><td>Plano</td><td>25</td><td>100</td><td>50</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td></tr></table>(1) Jal no peligroso por su toxicidad.
(2) Jal peligroso por su toxicidad.
5.3.1.1 El sitio seleccionado debe describirse de acuerdo a la Clasificación Topográfica de la República Mexicana, incluida como Tabla 2 de la presente Norma.
5.3.1.2 Cuando para la cuenca en estudio no exista información hidrométrica y pluviométrica suficiente, los datos podrán determinarse indirectamente, transfiriendo la información de cuencas vecinas a la región, cuando éstas puedan ser consideradas homogéneas y se disponga de suficiente información.

5.3.2 Aspectos edafológicos</td><td>En el anexo 4 / Geología, de esta MIA-R se presenta la caracterización ambiental del área de la presa de jales.

En el mismo documento se describen los aspectos climáticos con la información más reciente de la CONAGUA.

Cabe señalar que, conforme a la Carta hidrológica de la Figura 2, el área del Proyecto se encuentra en la “zona húmeda”.

Para la determinación de la textura, pH y conductividad eléctrica de las variantes de suelo se sustentó mediante un análisis de</td></tr>
</table>

Especificación	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
Se deben determinar en el sitio de ubicación de la presa de jales los siguientes parámetros del suelo: textura, conductividad eléctrica y pH. Estos parámetros físicos y químicos permiten describir el tipo de suelo para la caracterización del sitio.	información secundaria oficial, con esto se cubrió la falta de datos que podrían aportar campañas de muestreo físico-químico *in situ* en esta fase del Proyecto. adicionalmente, se empleó la cartografía edafológica vectorial del INEGI (Serie vigente) y los perfiles taxonómicos del sistema internacional WRB. La interpretación de estas bases de datos permitió establecer con un grado de certidumbre los parámetros exigidos para las unidades del sitio (texturas medias a finas, pH alcalino entre 7.5 y 8.5, y conductividad eléctrica inferior a 2.0 dS/m
5.3.3 Aspectos geotécnicos Los factores geotécnicos a considerar son: **5.3.3.1** Describir la estructura geológica general y al detalle; las propiedades mecánicas de las formaciones rocosas, especialmente las relativas a su permeabilidad y resistencia; las condiciones de fisura miento y orientación, amplitud, separación y profundidad de las fisuras; el grado y profundidad actual de la roca intemperizada y posibilidades de alteración futura, por los agentes del intemperismo. **5.3.3.2** Determinar las propiedades mecánicas de los depósitos de suelo, en lo que se refiere a su estratigrafía, haciendo resaltar la homogeneidad o heterogeneidad de los mismos, el tipo de suelo de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Anexo Normativo 4), así como su permeabilidad, porosidad, compresibilidad y resistencia al corte. **5.3.3.3** Determinar la región sísmica donde se ubica el sitio con base en la información de la Figura 1: Regiones sísmicas en la República Mexicana. La información geotécnica debe ser utilizada en el proyecto para asegurar la estabilidad que requiere la obra.	La estratigrafía superficial del sitio presenta un horizonte edáfico somero (< 0.30 m de espesor), clasificado preliminarmente como suelo de partículas finas de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Dado que este material carece de la competencia mecánica requerida para la cimentación de la presa de jales, el procedimiento constructivo exige su despalme total. Al cimentar sobre roca sana, la estabilidad estructural se rige por las propiedades de la Granodiorita y la secuencia Lutita-Caliza (Formación Mezcala). El levantamiento estructural define un macizo de calidad Regular a Buena (RMR 52 a 65), con familias de discontinuidades de aperturas cerradas a milimétricas que presentan un buzamiento favorable hacia los taludes, considerar elementos adicionales de diseño tomando en cuenta estas condiciones. El proyecto se emplaza en la Región Sísmica D (Alta sismicidad). Para asegurar la estabilidad física de la infraestructura geotécnica bajo estas exigencias territoriales, los modelos de equilibrio límite integran el Estudio Específico de Peligro Sísmico. Considerando la cimentación sobre roca (Vs = 1000 m/s), el diseño aplica para desplazamientos inerciales máximos (PGA) de 0.83 g (Sismo de Operación, TR=2,475 años) y 1.38 g (Sismo Máximo Creíble, TR=10,000 años). La integración de esta información sismotectónica sobre las propiedades mecánicas del macizo rocoso garantiza el control de deformaciones y la integridad estructural de la cortina bajo los escenarios dinámicos más críticos. Peligro Sísmico y Estabilidad Global (5.3.3.3): El proyecto se emplaza en la Región Sísmica D (Alta sismicidad). Para asegurar la estabilidad física de la infraestructura geotécnica bajo estas exigencias territoriales, los modelos de equilibrio límite integran el Estudio Específico de Peligro Sísmico (LCI, 2026). Considerando la cimentación sobre roca (Vs = 1000 m/s), el diseño aplica solicitaciones inerciales máximas (PGA) de 0.83 g (Sismo de Operación, TR=2,475 años) y 1.38 g (Sismo Máximo Creíble, TR=10,000 años). La integración de esta información sismotectónico sobre las propiedades mecánicas del macizo rocoso garantiza el control de deformaciones y la integridad estructural de la cortina bajo los escenarios dinámicos más críticos.

Especificación	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
5.3.4 Aspectos hidrológicos Para comprobar que la presa de jales no representa un riesgo para los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, en cuanto a su uso, aprovechamiento y explotación, se deben presentar los siguientes estudios: **5.3.4.1** Superficial **a)** Delimitar la subcuenca hidrológica donde se localiza el sitio del depósito de jales. **b)** Determinar el volumen medio anual del escurrimiento de la cuenca aguas arriba del sitio de interés, conforme a la NOM-011-CNA-2000. **c)** Cuando tenga que utilizarse algún cauce de cualquier tipo de corriente para ubicar el depósito, determinar el gasto correspondiente en el sitio de interés. **d)** Determinar el área de inundación de la subcuenca, representándola en cartas topográficas de INEGI a escala 1:50,000 o a una adecuada, si la zona de estudio es pequeña**.** **e)** Determinar la calidad del agua de los cuerpos superficiales, tanto aguas arriba como aguas abajo, con base en las concentraciones de parámetros físicos y químicos: pH, conductividad, sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno, grasas y aceites, sólidos disueltos totales, cianuro total, coliformes fecales y metales como plomo, cadmio, cobre, zinc o cualquier otro que pueda en un momento dado derivarse del depósito de jales.	El marco hidrológico superficial del proyecto se definió mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (ArcGIS) y modelación determinística (HEC-HMS / HEC-RAS). En cumplimiento normativo, se delimitó planimétricamente la subcuenca de aportación y se calculó un volumen medio anual de escurrimiento de 123,254,670.27 m³ (NOM-011-CNA-2000). A partir del tránsito de avenidas para la tormenta de diseño (TR = 100 años), se calcularon los gastos de aportación al sitio. Con base a la cartografía del INEGI a escala 1:50,000, no se determinaron zonas de inundación ni cuerpos de agua permanentes. Para establecer la línea base ambiental de la calidad del agua, actualmente se encuentra en proceso de ejecución el programa de monitoreo hídrico en puntos aguas arriba y aguas abajo del área del proyecto. La campaña realizada por personal acreditado por la CONAGUA realizará el muestreo para abarcar la totalidad de los parámetros fisicoquímicos exigidos por la norma (pH, conductividad, sólidos suspendidos y disueltos, DBO, coliformes, cianuro total y metales pesados). Los resultados analíticos generados por un laboratorio acreditado se integrarán al expediente técnico del proyecto una vez concluida esta fase de campo
5.3.4.2 Subterránea **5.3.4.2.1** Cuando en el sitio seleccionado para establecer una presa de jales exista un acuífero, se debe evaluar la vulnerabilidad de éste de acuerdo con el Anexo Normativo 2. **5.3.4.2.2** Cuando en el sitio seleccionado para la construcción de la presa de jales exista un acuífero se debe: **a)** Verificar la existencia de aprovechamientos hidráulicos subterráneos en una franja perimetral de 500 metros alrededor de los límites de la presa colmada. Esta condición no se aplicará en los casos de aprovechamientos ubicados aguas arriba y cuyo radio máximo de influencia se localice a una distancia mínima de 100 m en dirección del sitio de depósito. En caso de que existan parteaguas de la subcuenca a menos de 500 m, se tomarán éstos como límites. **b)** Efectuar la caracterización física y química del agua subterránea nativa, seleccionando aquellos parámetros directamente asociados a la generación de lixiviados derivados de la presa de jales. La caracterización se debe realizar directamente en el sitio de interés o a través del muestreo en aprovechamientos hidráulicos subterráneos aledaños a la presa de jales.	En estricto apego al Anexo Normativo 2 de la norma, la vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea subyacente se evaluó mediante la aplicación del método G.O.D. (Foster, 1987). El análisis integró el grado de confinamiento, la litología del sustrato y la profundidad al nivel estático, determinando el índice bajo de vulnerabilidad, lo que permitió fundamentar la necesidad de impermeabilización del sitio, debido a que con datos recientes de perforación se detectó la presencia de artesianismo en la zona lo cual debe de tomarse en cuenta, en la zona de la cortina y poza A partir de la presa presa, se trazó una franja perimetral de 500 metros. Dentro de este polígono, y acotando la búsqueda a los límites topográficos (parteaguas) de la subcuenca, se realizó la verificación espacial para identificar la existencia de aprovechamientos hidráulicos subterráneos (pozos o norias) con los que se descartó la presencia de aprovechamientos. La caracterización físico-química del agua subterránea se encuentra actualmente en la fase de muestreo como parte de la integración de la línea base hidrogeológica. El diseño de la red de monitoreo prioriza el análisis de aquellos parámetros identificados como lixiviables en las pruebas de extracción de los jales (específicamente arsénico, sulfatos y metales disueltos). Los resultados analíticos permitirán establecer las concentraciones de fondo del acuífero.
5.3.5 Biodiversidad y ecosistemas frágiles o únicos.	

<table>
<tr><th>Especificación</th><th>Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)</th></tr>
<tr><td>Se refiere a caracterizar el sitio, identificando la presencia de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT- 2001, así como la ubicación de ecosistemas frágiles o únicos.
5.3.5.1 El manejo de las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo se debe llevar a cabo de acuerdo a lo establecido en la Ley General de Vida Silvestre.
5.3.5.2 El sitio seleccionado debe corresponder a un área que no represente riesgo a las especies definidas en la Norma de referencia bajo cualquier categoría de riesgo, y aquella que produzca el mínimo impacto ambiental sobre los recursos naturales.</td><td>En los anexos 09 y 10 de esta MIA-R se incluyen los Estudios de Caracterización de Vegetación y Fauna, como resultado de muestreos realizados en 2 temporadas en el área del Proyecto, su Área de Influencia y Región Ecológica.

Derivado de lo cual se identificó la afectación a ecosistema tropical de selva baja caducifolia y se identificaron 5 especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales 2 estuvieron presentes en el AP: Handroanthus impetiginosus y Sideroxylon capiri, sin embargo, sólo la primera estuvo presente en las áreas sujetas a CUSTF. Con respecto a fauna, se registraron especies que se encuentran dentro de alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010, 27 se encuentran dentro de la norma oficial mexicana, tres de ellas en categoría de amenazada, y 24 en protección especial.
Por lo tanto, se implementarán las siguientes medidas con énfasis en especies en riesgo y endémicas.
• Programa de monitoreo de fauna
• Programa de rescate y reubicación de fauna
• Programa de rescate y reubicación de flora</td></tr>
<tr><td>5.3.5.3 Definir los tipos de vegetación que serían afectados, especificando la superficie por cada tipo de vegetación, así como la densidad y abundancia relativa por especie con nombres comunes y científicos.</td><td>En la siguiente tabla se muestra la superficie de remoción de vegetación que se obtuvo por medio de una clasificación de uso de suelo y vegetación realizados in situ.

<table><tr><th rowspan="2">Uso de suelo y vegetación</th><th colspan="3">CUSTF</th></tr><tr><th>Autorizado</th><th>Por autorizar</th><th>Total</th></tr><tr><td>Selva baja caducifolia</td><td>12.648</td><td>57.905</td><td>70.553</td></tr><tr><td>Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia</td><td>10.262</td><td>6.030</td><td>16.292</td></tr><tr><td>Total general</td><td>22.911</td><td>63.935</td><td>86.846</td></tr></table>
La densidad y abundancia relativa por especie, así como la información en extenso de diversidad de flora y fauna, se presenta en los anexos 09 y 10 de esta MIA-R.</td></tr>
<tr><td>5.3.6 Potencial de daño
5.3.6.1 Identificar centros de población, cuerpos de agua superficiales, ecosistemas frágiles, especies en riesgo o áreas de suelos agropecuarios que puedan ser afectados en caso de derrame o fuga por falla parcial o total de la cortina contenedora y proceder de la siguiente manera:</td><td>El Proyecto instalará diez sistemas de contención secundaria independientes. El criterio volumétrico exige que cada dique aloje el ciento diez por ciento del volumen del mayor recipiente que contiene, más el volumen de precipitación pluvial correspondiente a una lámina de doscientos cincuenta milímetros en veinticuatro horas sobre la superficie completa del recinto. Las características de los sistemas de contención se encuentran en la memoria técnica descriptiva en el anexo 5 del Estudio de Riesgo Ambiental.

El potencial de daño de la infraestructura proyectada se mitiga sustancialmente al prescindir del método de disposición en pulpa. Como se detalla en el Capítulo II de la MIA-R, los jales</td></tr>
</table>

Especificación	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
	serán espesados y filtrados previamente a su disposición para alcanzar un contenido de humedad óptimo. Esta baja saturación anula los riesgos de licuación y escurrimiento asociados a las presas convencionales. Geotécnicamente, el material depositado conformará un macizo estable, caracterizado por una cohesión efectiva nula (c'=0), un ángulo de fricción interna efectivo alto (φ=35°) y una relación de resistencia no drenada pico de 0.24, parámetros que garantizan su integridad estructural.
5.3.6.1.1 Si existe posibilidad de afectación a un centro de población o de daño a un cuerpo de agua superficial, se deben aplicar las medidas de proyecto, construcción, operación y monitoreo clasificadas con el número 1 en el Anexo Normativo 3: Clasificación de presas de jales en la República Mexicana. También se aplicarán las medidas señaladas en el punto 5.7 relativas a la etapa de postoperación. **5.3.6.1.2** Cuando la posibilidad de daño no implique cuerpos de agua superficiales, pero se pueden afectar ecosistemas frágiles, especies en riesgo o áreas de suelos agropecuarios vulnerables, se deben aplicar las medidas recomendadas como 1 o 2 en el Anexo Normativo 3 de la presente Norma Oficial Mexicana. **5.3.6.2** Cuando no exista potencial de daño, se pueden aplicar libremente las disposiciones del Anexo Normativo 3 de la presente Norma.	Se descarta el potencial de afectación a centros de población y cuerpos de agua superficiales. La comunidad más cercana, Tomixtlahuacán (257 habitantes), se ubica a 1.4 km de distancia, mientras que el único cuerpo hidrológico perenne, el Río Balsas, se localiza a 6.5 km aguas abajo. La protección de estos receptores se garantiza mediante el depósito de jales espesados y el sistema integral de impermeabilización de la presa, diseño que mitiga el riesgo de infiltraciones o escurrimientos. Para asegurar este desempeño, se aplicarán estrictamente las medidas de control de construcción, operación y monitoreo correspondientes a la clasificación número 1 del Anexo Normativo 3, así como los lineamientos de postoperación estipulados en la MIA-R. Respecto a los suelos de uso agrícola de temporal localizados en Cuetzala del Progreso, estos se ubican a 3 km de distancia, topográficamente aguas arriba del área del proyecto. Esta configuración de drenaje natural disminuye el riesgo de afectación hacia dichos terrenos. Sin embargo, se implementarán de manera las medidas de protección correspondientes a los niveles 1 y 2 del Anexo Normativo de la presente Norma. Con el propósito de garantizar el máximo nivel de seguridad estructural y ambiental, se implementarán las medidas estipuladas en el Anexo Normativo 3 de la presente Norma, integrándolas desde las fases de ingeniería de diseño y construcción, hasta la operación y cierre del proyecto.
5.3.6.3 Analizar si los polvos fugitivos del depósito pueden llegar a algún centro de población y alterar la calidad del aire; en este caso, se tienen que implementar las medidas descritas en los criterios de construcción-operación y de la etapa de postoperación, enfocados a mitigar estas emisiones.	Durante la etapa operativa de la presa de jales, la potencial generación de polvos fugitivos por erosión eólica sobre el material seco será mitigada de manera continua mediante la propia logística de vertido. El método de depósito secuencial asegura que las capas de jal que han perdido humedad sean cubiertas rápidamente por material fresco, confinando el depósito anterior y evitando su exposición prolongada al viento. Este proceso también se cubre por el régimen pluviométrico de la región, el cual concentra las precipitaciones durante aproximadamente cuatro meses y medio (de mayo a octubre), reduciendo significativamente la ventana temporal susceptible a la dispersión de partículas. Se implementará un programa de monitoreo perimetral de Partículas Suspendidas Totales (PST)

Especificación	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
	distribuido en puntos de control. Para la etapa de cierre, se ejecutará un programa integral de restauración y revegetación que estabilizará permanentemente la superficie, suprimiendo de forma definitiva cualquier emisión de material particulado.
5.4 Criterios de preparación del sitio Si de acuerdo a los estudios de caracterización del sitio se encuentran elementos ambientales vulnerables o susceptibles de daño por el depósito de jales, se debe preparar el sitio para evitar o mitigar el daño sobre los elementos identificados; para lo anterior, se debe proceder de la siguiente manera: **5.4.1** La preparación del sitio no considera elementos de control de la contaminación de acuíferos cuando el jal resulte no peligroso, y **a)** El acuífero no sea vulnerable, o **b)** Las fuentes de abastecimiento de agua subterránea se localicen más allá de 500 metros del perímetro de la presa colmada, o **c)** El jal no altere negativamente la calidad del agua subterránea en cuanto a las especificaciones para su uso.	Al respecto, se establece lo siguiente: el emplazamiento proyectado para la presa no se ubica sobre un acuífero vulnerable y, dentro de un radio de 500 metros, no se registra la presencia de aprovechamientos de agua subterránea. Adicionalmente, los análisis de composición geoquímica y toxicidad clasifican al jal como un residuo no peligroso. No obstante, como medida precautoria y de máxima seguridad ambiental, el diseño constructivo contempla el recubrimiento total del vaso de la instalación con un sistema de revestimiento consistente en una geomembrana sintética de polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) colocada sobre una subbase preparada de 0.15 m de espesor. Esta barrera garantiza el aislamiento del material, impidiendo cualquier contacto entre los jales y el terreno natural
5.4.2 La preparación del sitio de la presa de jales debe incluir medidas de prevención o control a la contaminación, a través de obras de ingeniería complementarias que acrediten técnicamente que no se afectará a los acuíferos o a los aprovechamientos hidráulicos subterráneos cuando: **a)** Exista un acuífero vulnerable de acuerdo con la evaluación del Anexo Normativo 2; **b)** El jal sea peligroso, o **c)** Existan aprovechamientos hidráulicos subterráneos dentro de una franja de 500 metros alrededor del perímetro de la presa colmada. **5.4.3** Cuando el agua de la presa de jales se recircule al proceso de beneficio, debe evitarse que entre en contacto con los cuerpos naturales de agua superficiales.	Al respecto, se establece lo siguiente: el emplazamiento proyectado para la presa no se ubica sobre un acuífero vulnerable y, dentro de un radio de 500 metros, no se registra la presencia de aprovechamientos de agua subterránea. Adicionalmente, los análisis de composición geoquímica y toxicidad clasifican al jal como un residuo no peligroso. No obstante, como medida precautoria y de máxima seguridad ambiental, el diseño constructivo contempla el recubrimiento total del vaso de la instalación con un sistema de revestimiento consistente en una geomembrana sintética de polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) colocada sobre una subbase preparada de 0.15 m de espesor. Esta barrera garantiza el aislamiento del material, impidiendo cualquier contacto entre los jales y el terreno natural
5.4.4 De los resultados obtenidos del punto 5.3.5.3, las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo que se localicen en el área del proyecto deben ser protegidas mediante programas o acciones encaminadas a su reubicación, salvamento o enriquecimiento mediante viveros y criaderos, conforme lo establece la Ley General de Vida Silvestre y apegándose a la normatividad de referencia.	Se implementarán las siguientes medidas con énfasis en especies en riesgo y endémicas. • Programa de monitoreo de fauna • Programa de rescate y reubicación de fauna • Programa de rescate y reubicación de flora
5.4.4.1 Identificar previamente a las actividades de desmonte, las especies arbóreas que se conservarán in situ o se integren al diseño de áreas verdes, así como, especies biológicas de especial interés como cactus, bromelias y orquídeas, entre otras, susceptibles de trasplante, y aquéllas con algún tipo de valor regional o biológico. **5.4.4.2** Definir y ubicar superficies cercanas al área de afectación con dimensiones y condiciones ambientales que permitan reubicar, trasplantar, reforestar y proteger el	Previo al derribo de arbolado, los ejemplares son marcados y la zona delimitada, para realizar el derribo direccional, de manera que se retiren únicamente los que se encuentran presentes en el área de desplante.

Especificación	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
germoplasma nativo en una proporción de especies similar a la original. **5.4.4.3** Realizar las labores de reubicación, trasplante y monitoreo con métodos que garanticen su sobrevivencia. **5.4.4.4** El desmonte y despalme se deben realizar en forma gradual y unidireccional para permitir el desplazamiento de la fauna hacia zonas menos perturbadas. **5.4.4.5** Definir y señalar las zonas en que se mantendrá la vegetación rescatada. **5.4.5** Cuando la capa de suelo sea retirada para preservar el germoplasma, y utilizarse para forestar o restituir la cubierta vegetal, el sitio de almacenamiento temporal del suelo rescatado deberá contar con medidas de protección que eviten pérdidas por erosión eólica o pluvial. **5.4.6** Debe asegurarse que el sitio seleccionado sea capaz de soportar y almacenar el volumen de jales proyectado. **5.4.7** Los estudios, proyectos de ingeniería y demás información técnica o científica utilizada para definir las actividades de preparación, así como la evidencia de su cumplimiento, debe mantenerse clasificada y disponible para que la autoridad verifique su existencia y contenido en el momento que lo considere necesario.	Los sitios de almacenamiento de material se mantendrán alejados de escurrimientos intermitentes. Para el caso de la presa, los jales filtrados se conformarán mediante un sistema de apilamiento con un talud exterior general de 7.0H:1V, alcanzando una cota máxima de corona de 885 m.s.n.m. Esta configuración geométrica define una capacidad máxima de almacenamiento de 3,900,000 m³ (equivalente a 5.6 millones de toneladas métricas, considerando una densidad de 1.44 t/m³). Con el objetivo de garantizar la estabilidad física y la seguridad operativa, se respetará esta capacidad de diseño. Asimismo, la aptitud del sitio para el emplazamiento ha sido avalada mediante exhaustivas campañas de caracterización geológica, geotécnica e hidrológica. La integración de la cartografía superficial, la barrenación, el muestreo y las pruebas de laboratorio, demuestra que el basamento (conformado por una secuencia de lutitas-calizas y un intrusivo granodiorítico) posee una alta competencia mecánica, garantizando un soporte seguro y estable para la construcción de la presa de jales. Estas medidas han sido incorporadas en el Capítulo IV de esta MIA-R para la atención de los impactos identificados. La información se encuentra en el expediente del Proyecto de forma organizada en medios electrónicos y disponible para su consulta en caso de que sea solicitado por la autoridad.
5.5 Criterios de proyecto En el proyecto de una presa de jales deben considerarse los siguientes factores: **5.5.1** Estimar el volumen de almacenamiento, utilizando el método de las áreas medias y la vida útil del depósito, considerando la clasificación por tamaño y peso volumétrico de los jales.	La presa de jales tendrá una capacidad máxima de almacenamiento de 3,900,000 m³ (equivalente a 5.6 millones de toneladas métricas, considerando una densidad de 1.44 t/m³), por lo anterior se indica que se tiene un margen de seguridad amplio. La sección propuesta para la cortina contenedora ha sido diseñada y evaluada numéricamente para cumplir los Factores de Seguridad que menciona el Anexo Normativo 3. La confiabilidad de estos análisis de estabilidad se

<table>
<tr><th>Especificación</th><th>Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)</th></tr>
<tr><td>5.5.2 La sección propuesta de la cortina contenedora debe cumplir con los análisis de estabilidad indicados en el Anexo Normativo 3 de esta Norma.

5.5.3 El manejo de los escurrimientos superficiales se debe proyectar de tal manera que cumpla con los métodos establecidos en el Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y/o los Manuales equivalentes de la Comisión Nacional del Agua (CNA).

5.5.4 Los sistemas de recuperación deben contemplar los escurrimientos pluviales que aportan carga hidráulica causados por la precipitación máxima probable, estimada de acuerdo al Manual de Diseño de Obras Civiles de la CFE.</td><td>sustenta en una caracterización conservadora de los materiales constituyentes. Considerando: Parametrización del Contrafuerte y Bordo: Para los materiales estructurales, la resistencia al corte en condición drenada se modeló utilizando una envolvente de falla no lineal. Para absorber las incertidumbres inherentes a los materiales de préstamo, se seleccionó la frontera inferior de resistencia reportada en la literatura. Esto significa que la resistencia real en campo será mayor a la evaluada, añadiendo redundancia estructural al diseño. La variación de la resistencia al corte y el ángulo de fricción secante en función del esfuerzo normal (confinamiento), integrados en el modelo de estabilidad, se presentan a continuación:

<table>
<tr><th>Esfuerzo normal (kPa)</th><th>Esfuerzo cortante (kPa)</th><th>Ángulo de fricción secante (grados)</th></tr>
<tr><td>6.9</td><td>8.2</td><td>50.0</td></tr>
<tr><td>13.8</td><td>15.3</td><td>48.0</td></tr>
<tr><td>34.5</td><td>35.0</td><td>45.5</td></tr>
<tr><td>69.0</td><td>65.3</td><td>43.4</td></tr>
<tr><td>137.9</td><td>122.3</td><td>41.6</td></tr>
<tr><td>344.7</td><td>279.1</td><td>39.0</td></tr>
<tr><td>689.5</td><td>519.0</td><td>37.0</td></tr>
<tr><td>1379.0</td><td>966.5</td><td>35.0</td></tr>
<tr><td>3447.4</td><td>2192.7</td><td>32.5</td></tr>
</table>

Para garantizar la estabilidad de la presa y evitar la contaminación de escurrimientos limpios, el sistema opera bajo una separación estricta de caudales, dimensionada con base en los siguientes eventos de diseño: Sistema de Aguas de No Contacto (Tormenta de 100 años / 24 horas - 159 mm): Se proyectaron canales perimetrales (Oeste y Este) con un ancho de fondo de 4.0 m para interceptar la escorrentía de las cuencas naturales circundantes. El canal Oeste captará un caudal pico de 3.0 m³/s, mientras que el canal Este derivará 0.5 m³/s. Ambos descargan hacia el drenaje natural aguas abajo de la instalación, incorporando tanques disipadores de energía en sus remates para anular el potencial erosivo y la sedimentación. Sistema de Aguas de Contacto (Tormenta de 25 años / 24 horas - 115 mm): El agua precipitada directamente sobre la superficie de los jales será captada por una red de zanjas interiores de sección triangular (Canales de contacto 1 al 4). Estos derivan la escorrentía hacia un canal colector Norte (ancho de 5.0 m). La red interior y perimetral está diseñada para soportar de manera segura los caudales pico generados por la tormenta de diseño.

Los sistemas de recuperación de la instalación contemplan la absorción, tránsito y control de la carga hidráulica generada por los eventos de tormenta máximos y la escorrentía pluvial incidental. El control de estas cargas hidráulicas se logra a través de un sistema de doble captación (superficial y subsuperficial): Recuperación Superficial (Poza de Colección): Toda la carga hidráulica generada por el volumen de precipitación de la cuenca operativa es dirigida íntegramente por el Canal Norte hacia la poza de colección aguas abajo. Esta poza actúa como el vaso regulador y sistema de recuperación primario, garantizando que el agua en contacto con los jales no</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>Especificación</th><th>Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)</th></tr>
<tr><td>

5.5.5 La cortina contenedora de la presa de jales se debe formar por suelos y materiales definidos según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Anexo Normativo 4) o con fragmentos de roca. El procedimiento constructivo será el indicado en el Anexo Normativo 3 de esta Norma. Los números utilizados en el Anexo Normativo 3 representan los criterios de aplicación para cada método constructivo y su interpretación se indica en la Tabla 3:

TABLA 3
Criterios de aplicación para cada método constructivo

OPCION	INTERPRETACION
1	Permitido
2	Permitido con condicionantes (con un análisis de estabilidad)
3	Condicionado a justificación (de posible aplicación para presas ubicadas en zonas de transición)
4	La resolución depende de la elaboración de estudios adicionales dictaminados por la Secretaría
-	Prohibido

5.5.6. En el caso de la derivación del curso de los escurrimientos en donde se construye una presa de jales, se deben considerar:
a) Obras de retención y derivación de los escurrimientos normales y extremos, desde aguas arriba de la zona de almacenamiento de jales, por medio de canales o túneles de derivación, como obras de excedencias que deben calcularse para recibir la avenida del proyecto y construirse para resistir fallas, en caso de inundación.
b) El escurrimiento generado por la tormenta de diseño puede derivarse por debajo de la cortina de la presa, a través de un túnel de concreto reforzado, con base en la avenida de diseño.

5.5.7 El proyecto de la presa de jales debe contemplar sistemas de recuperación del agua para su recirculación al proceso o las medidas de tratamiento para su descarga a cuerpos receptores y bienes nacionales de acuerdo a la normatividad aplicable.

</td><td>

sature el talud aguas abajo ni rebase la infraestructura de contención. Recuperación Subsuperficial (Sumidero de Infiltración): Para abatir la carga hidráulica interna generada por la infiltración de eventos pluviales extraordinarios, se proyecta la construcción de un sumidero de colección estratificado. Este se ubicará estratégicamente en el pie aguas arriba del contrafuerte interior, actuando como un dren de recuperación que evitará la saturación del macizo de jales y mantendrá la presión de poro controlada bajo los parámetros de diseño.

La sección propuesta para la cortina contenedora ha sido diseñada y evaluada numéricamente de acuerdo a los Factores de Seguridad mencionados en el Anexo Normativo 3. La confiabilidad de estos análisis de estabilidad se sustenta en una caracterización conservadora de los materiales constituyentes. Considerando: Parametrización del Contrafuerte y Bordo: Para los materiales estructurales, la resistencia al corte en condición drenada se modeló utilizando una envolvente de falla no lineal. Para absorber las incertidumbres inherentes a los materiales de préstamo, se seleccionó la frontera inferior de resistencia reportada en la literatura. Esto significa que la resistencia real en campo será mayor a la evaluada, añadiendo redundancia estructural al diseño. La variación de la resistencia al corte y el ángulo de fricción secante en función del esfuerzo normal (confinamiento), integrados en el modelo de estabilidad, se presentan a continuación:

Esfuerzo normal (kPa)	Esfuerzo cortante (kPa)	Ángulo de fricción secante (grados)
6.9	8.2	50.0
13.8	15.3	48.0
34.5	35.0	45.5
69.0	65.3	43.4
137.9	122.3	41.6
344.7	279.1	39.0
689.5	519.0	37.0
1379.0	966.5	35.0
3447.4	2192.7	32.5

Recuperación Superficial (Poza de Colección): Toda la carga hidráulica generada por el volumen de precipitación de la cuenca operativa es dirigida íntegramente por el Canal Norte hacia la poza de colección aguas abajo. Esta poza actúa como el vaso regulador y sistema de recuperación primario, garantizando que el agua en contacto con los jales no sature el talud aguas abajo ni rebase la infraestructura de contención. Recuperación Subsuperficial (Sumidero de Infiltración): Para abatir la carga hidráulica interna generada por la infiltración de eventos pluviales extraordinarios, se proyecta la construcción de un sumidero de colección estratificado. Este se ubicará estratégicamente en el pie

</td></tr>
</table>

Especificación	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
	aguas arriba del contrafuerte interior, actuando como un dren de recuperación que evitará la saturación del macizo de jales y mantendrá la presión de poro controlada bajo los parámetros de diseño. La poza de recolección estará ubicada en el pie aguas abajo del bordo principal, con una capacidad de 25,800 m³. El diseño de la poza de recolección incluye crestas de 6 m de ancho a una elevación de 795 msnm, y un sistema de revestimiento consistente en una geomembrana de HDPE colocada sobre una capa de revestimiento de suelo arcilloso de 0.3 m de espesor. Las cantidades de nivelación incluyen 25,000 m³ de corte y 50,000 m³ de relleno.
5.6 Criterios de construcción-operación El proceso de construcción de una presa de jales debe seguir los siguientes criterios: **5.6.1** En la construcción y operación de la presa de jales se debe evitar la degradación de la calidad del agua subterránea y la afectación a las fuentes de abastecimiento subterráneas, de acuerdo a lo establecido en 5.4.2.	En la cuenca donde se colocarán los jales será revestido con un sistema de revestimiento compuesto, que consistirá en una geomembrana sintética de polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) colocada sobre una subbase preparada de 0.15 m de espesor. Se implementarán drenes chimenea alrededor de la cara exterior inclinada de los jales filtrados, en contacto con el contrafuerte interno, para captar las filtraciones laterales y conducirlas hacia la geomembrana de fondo y posteriormente hacia el sumidero de colección interno. Con el fin de promover el drenaje interior hacia el sumidero de colección y reducir la posible carga hidráulica dentro de la instalación, se prevé la instalación de un sistema de drenes secundarios tipo dedo, integrado por tuberías corrugadas perforadas, alojadas en grava drenante y envueltas en geotextil, dispuestas sobre la geomembrana a lo largo de las líneas de drenaje natural del vaso.
5.6.2 Para obtener un buen contacto entre la base de la cortina contenedora y la superficie del terreno natural, se debe realizar una excavación de limpia para eliminar toda la materia vegetal, suelos y/o fragmentos de roca sueltos en el área de cimentación de la misma.	Para garantizar la integridad estructural y el anclaje óptimo entre la base de la cortina contenedora y el terreno natural, las especificaciones constructivas del proyecto contemplan trabajos de limpieza y saneamiento previo al desplante. Estas actividades consistirán en el desmonte, despalme y excavación profunda de la huella de cimentación, removiendo en su totalidad la capa vegetal, retirando y apilando la capa de suelo vegetal de 0.3 m de espesor en promedio, así como depósitos coluviales y fragmentos de roca suelta o altamente intemperizada. La excavación de limpia continuará hasta alcanzar los horizontes del basamento rocoso competente (secuencia de lutitas-calizas y el intrusivo granodiorítico). Finalmente, se realizará un amacice y limpieza detallada de la superficie de las unidades litológicas para asegurar el anclaje.
5.6.3 Los defectos que se encuentren en el área de desplante de la cortina contenedora o del bordo iniciador, tales como arcillas agrietadas, grietas abiertas en la roca, depósitos de materiales de derrumbe incrustados y suelos permeables, deben corregirse o mejorarse, retirando los	Para disminuir el riesgo de filtración o falla por tubificación por debajo de la cortina contenedora, el proyecto contempla la inspección y tratamiento geotécnico de la cimentación. Una vez ejecutada la excavación de limpia y expuesto la

Especificación	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
materiales sueltos y frágiles, y sellando las grietas abiertas para evitar la tubificación debajo de la cortina contenedora o del bordo iniciador. **5.6.4** Cuando la cortina contenedora o el bordo iniciador se desplante sobre una superficie rocosa inclinada, que tiende a ser lisa, se debe excavar un dentellón para anclarlos. **5.6.5** La conformación del cuerpo de la cortina contenedora se debe realizar verificando que la distribución y colocación de los materiales en el terraplén de la misma se efectúe de acuerdo a las condiciones especificadas en el proyecto. Para la colocación de los materiales debe alcanzarse el grado de compactación y humedad que se estipulen en cada proyecto en particular. **5.6.6** La construcción de los elementos y obras complementarias se deben realizar considerando pendientes superficiales apropiadas para asegurar un buen manejo del agua superficial.	secuencia de lutitas-calizas y granodiorita, se realizará un mapeo geológico de detalle para identificar posibles anomalías. Cualquier defecto estructural detectado será intervenido con material compactado de baja permeabilidad. Por su parte, las fracturas o grietas abiertas serán limpiadas con agua o aire a presión y selladas mediante la aplicación de concreto e inyecciones de lechada de cemento, garantizando así un bloque de desplante uniforme, impermeable y mecánicamente continuo. Para el manejo de agua superficial (poza de colección y canales de derivación) ha sido proyectada bajo criterios geométricos que garantizan el flujo eficiente, la contención y la estabilidad de la infraestructura. el canal de derivación esta dimensionado para transitar el evento de tormenta de 100 años/24 horas se construirá con una pendiente longitudinal mínima del 1.00%, asegurando un flujo por gravedad continuo que evita encharcamientos, y taludes laterales de 2.0H:1V para mantener la estabilidad de la sección transversal (complementados con recubrimiento de *rip-rap* para control erosivo). Por su parte, la poza de colección operará con taludes de confinamiento (aguas arriba y aguas abajo) de 2.5H:1V y un ancho de corona de 6 m; esta configuración de pendientes superficiales provee un soporte óptimo para su sistema de revestimiento (geomembrana HDPE de 60-mil y arcilla) y asegura la gestión segura de sus 25,800 m³ de capacidad.
5.6.7 Cuando el envío de los jales a la presa se realice por gravedad a través de canales o conductos abiertos, se debe asegurar que no habrá derrames e infiltraciones. En este caso se deben colocar avisos de advertencia ubicados en forma apropiada a las condiciones de topografía y visibilidad del sitio.	Este lineamiento no es aplicable al presente proyecto. Como se detalló en apartados anteriores, la instalación operará bajo el método de "jales filtrados" (humedad del 15% al 18%), prescindiendo del manejo de jales convencionales en pulpa. En consecuencia, el transporte y envío del material hacia el vaso de la presa no se realizará por gravedad a través de canales o conductos hidráulicos abiertos, sino mediante medios mecánicos y/o vehiculares. Al no existir un flujo de pulpa, se anula físicamente el riesgo de infiltraciones o derrames líquidos en las vías de conducción. Sin embargo, como medida de prevención y seguridad industrial, en todas las rutas de tránsito mecánico y áreas de descarga del jal se instalará señalética de advertencia y restricción de velocidad, ubicada estratégicamente en función de la topografía y las líneas de visibilidad del sitio.
5.6.8 En el caso del método constructivo aguas arriba, la distribución de los jales sobre la cortina contenedora debe iniciarse por la parte interior del talud de la cortina, para permitir que los sólidos más gruesos se depositen en la parte más cercana a ésta y los más finos en la parte más alejada de la misma. De esta manera, se debe garantizar la formación del estanque alejado de la cortina, evitando la saturación en el	Este lineamiento no es aplicable al diseño del presente proyecto, ya que regula instalaciones operadas mediante el "método constructivo aguas arriba" para jales en pulpa. Al utilizar la tecnología de disposición de jales filtrados, el depósito se construye mediante la conformación mecánica y compactación del material, y no mediante descargas

Especificación	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
talud exterior de la misma y favoreciendo el sellado del vaso del depósito con los finos de los jales. **5.6.9** Los primeros jales depositados deben retenerse para que el agua contenida en ellos se clarifique y se pueda extraer para su posterior reutilización mediante alguno de los métodos establecidos en el Anexo Normativo 3 de la presente Norma Oficial Mexicana. **5.6.10** Los jales se pueden utilizar en la construcción de la cortina contenedora, siempre y cuando su contenido de arenas mayores a 76 µm (malla 200) sea igual o mayor a 15% y su contenido de sólidos sea igual o mayor a 50%; en caso de ser generadores potenciales de drenaje ácido, de acuerdo a los criterios del punto 5.2.2, su uso está supeditado a la aplicación de un método de estabilización química o por cubierta de material de préstamo. **5.6.11** De acuerdo con el método seleccionado para su construcción y en apego a lo establecido en 5.5.5. de esta Norma, la cortina contenedora se debe formar paulatinamente y como resultado del depósito de jales en la presa.	hidráulicas. En consecuencia, no existe una segregación granulométrica inducida (separación de sólidos gruesos y finos), ni se formará un estanque o espejo de agua sobre la superficie de los jales. Al eliminar el agua libre del proceso de disposición, se anula intrínsecamente el riesgo de saturación del talud exterior que esta disposición normativa busca prevenir, garantizando una estabilidad geotécnica de los taludes. Debido a que el proyecto emplea el proceso de jales filtrados, no se generan volúmenes de agua sobrenadante que requieran un proceso de decantación y clarificación en el vaso de la presa, como ocurre en los depósitos convencionales. El proyecto contempla un sistema de recuperación de alta eficiencia. Toda la cuenca de depósito estará impermeabilizada con un revestimiento compuesto por una geomembrana de LLDPE desplantada sobre una subbase de 0.15 m de espesor. Para captar cualquier filtración residual, se implementarán drenes tipo chimenea en el contrafuerte interno y una red de drenes secundarios tipo "dedo" (tuberías corrugadas perforadas, alojadas en grava drenante y envueltas en geotextil) distribuidos a lo largo de las líneas de escurrimiento natural. Este sistema filtrará y conducirá el agua por gravedad hacia la poza, disminuyendo carga hidráulica de la instalación y permitiendo la extracción del líquido clarificado para su posterior reutilización en el proceso. El diseño constructivo de la instalación no contempla el uso de jales para la conformación de la cortina contenedora principal (bordo y contrafuerte). Como se indicó en los análisis de estabilidad física (numeral 5.5.2), las estructuras de retención serán construidas utilizando material de préstamo externo (enrocamientos/suelos competentes), garantizando los más altos factores de seguridad. Por lo tanto, las restricciones normativas para el uso estructural de jales no son aplicables a este diseño. La caracterización geoquímica del material confirma que se trata de un residuo no peligroso, descartando riesgos asociados a la generación de drenaje ácido. Como se justificó en los numerales anteriores, el presente proyecto se basa en jales filtrados y el diseño estructural contempla una cortina contenedora (bordo perimetral y contrafuerte interno) construida en su totalidad con material de préstamo externo altamente competente (enrocamientos y gravas). Por consiguiente, la cortina de contención se construye como una estructura de ingeniería civil independiente para brindar soporte, y no se forma paulatinamente como resultado de la segregación y depósito de los jales.

Especificación	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
5.6.12 El vaso de almacenamiento debe tener el área suficiente para permitir la clarificación del agua contenida en los jales, para facilitar la extracción de la misma ya clarificada a través de las tomas del depósito o de las torres decantadoras. Se debe dejar la playa amplia con el nivel del agua alejado del talud, de tal manera que la longitud de la misma sea igual o mayor a la altura de la cortina, o se demuestre técnicamente que la cortina contenedora es estable. Debe consultarse el Anexo Normativo 3, en lo relativo al sistema decantador drenante.	El diseño de la instalación prescinde de los elementos convencionales señalados en este inciso, dando cumplimiento a los objetivos de seguridad y recuperación de agua mediante jales filtrados. Al respecto se establece lo siguiente: Ausencia de Torres Decantadoras y Estanque: El depósito y compactación de jales con consistencia seca (82-85% de sólidos) imposibilita la formación de un espejo de agua en el vaso. Por consiguiente, no se requiere un área de clarificación superficial ni torres decantadoras. El agua será extraída internamente mediante la red de subdrenaje basal (descrita en el apartado 5.6.9). Ausencia de Playa de Jales: En las presas en pulpa, la "playa" sirve para mantener el agua alejada de la cortina y evitar su saturación. En este proyecto, el material se distribuye mecánicamente en toda la huella, por lo que el concepto de "playa de jales" no aplica operativamente. En apego a la salvedad de la propia norma (*"...o se demuestre técnicamente que la cortina contenedora es estable"*), la integridad del talud exterior está plenamente justificada. Como se demostró en los análisis geotécnicos referidos en el punto 5.5.2 (empleando envolventes de falla no lineales para material de préstamo), la cortina estructural es estable bajo condiciones estáticas y dinámicas, operando sin la presión hidrostática que generaría una laguna superficial.
5.6.13 El vaso de almacenamiento debe tener una capacidad suficiente para mantener un bordo libre (BL) de 3 metros en zonas ciclónicas, 2 metros en zonas húmedas y 1 metro en zonas secas.	De acuerdo con la clasificación climática establecida en la normatividad vigente, el proyecto se encuentra emplazado en una zona húmeda, por lo que el diseño y operación de la instalación exigen un Bordo Libre (BL) mínimo de 2 metros. Al tratarse de un depósito de jales filtrados, el manejo hidrológico de la instalación no contempla el almacenamiento de un espejo de agua sobre la superficie de los jales; la precipitación pluvial es rápidamente drenada hacia el sistema de canales de contacto perimetrales y derivada hacia la poza de colección aguas abajo. No obstante, para dar estricto cumplimiento a este lineamiento, la geometría operativa de la instalación garantiza que la elevación de la corona de la cortina contenedora (bordo perimetral) se mantendrá en todo momento, como mínimo, 2 metros por encima del nivel máximo de desplante de los jales y de la elevación de flujo de las tormentas de diseño, eliminando cualquier riesgo de desbordamiento.
5.6.14 El agua clarificada que se recupere se debe conducir hasta las piletas o tanques de asentamiento, donde se retienen los sólidos que hayan sido arrastrados, para enviar el agua recuperada al cárcamo de bombeo que la retorne nuevamente al proceso de beneficio.	La infraestructura del proyecto cumple con el requerimiento de retención de sólidos y retorno de agua mediante un circuito cerrado, sustentado en el modelado del balance hídrico de la instalación: Clarificación y Asentamiento: Los flujos recuperados (escurrimientos, infiltración del macizo de jales y subdrenajes del vaso) se unifican en la poza de colección. Dicha estructura actúa como tanque de asentamiento para retener sólidos arrastrados, entregando agua clarificada lista para su reutilización. Cárcamo de

Especificación	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
	Bombeo y Capacidad de Retorno: La poza de colección opera como el cárcamo central del sistema. Para asegurar el envío del agua recuperada a la planta de procesos, el proyecto considera una capacidad de descarga de bombeo de 150 m³/hr. Seguridad y Cero Descargas Ambientales: El modelo dinámico, basado en registros climáticos históricos y la configuración final del, demuestra que la capacidad de extracción de 150 m³/hr es suficiente para evitar acumulaciones permanentes. De este modo, se garantizan cero descargas al medio ambiente a través del vertedero, incluso en escenarios críticos (volumen promedio determinístico, tormenta EDF de 25 años/24 h, y eventos húmedos del percentil 99). Aprovechamiento Integral: El 100% del agua clarificada bombeada desde el cárcamo retorna al proceso de beneficio. Dado que la planta operará con un déficit hídrico aproximado del 87% del tiempo, esta recuperación de agua de la presa de jales es vital para satisfacer la demanda de reposición del proyecto, complementándose con almacenamientos externos estratégicos durante las estaciones húmedas.
5.6.15 Según el método constructivo que sea utilizado, se deben llevar a cabo las acciones necesarias para evitar que la cortina contenedora del depósito se convierta en una fuente de emisión de partículas a la atmósfera, de acuerdo a 5.7.1 a), 5.7.2.1. y 5.7.4.	El riesgo de que la cortina contenedora actúe como una fuente de emisión de material particulado (polvos fugitivos) es intrínsecamente bajo. Como se mencionó en los numerales 5.5.2 y 5.6.10, el contrafuerte y el bordo perimetral no se construirán con jales, sino con material de préstamo externo (enrocamientos y gravas estructurales). Esta granulometría gruesa es mecánicamente estable y no susceptible a la erosión eólica. Adicionalmente, durante las etapas de acarreo, conformación y elevación de la cortina, se aplicarán riegos de humectación sistemáticos; esto con el doble propósito de alcanzar la humedad óptima de compactación estructural y actuar como supresor de polvos. Finalmente, a largo plazo, el talud exterior será integrado al programa de cierre y revegetación, estableciendo una cobertura radicular que anulará de forma definitiva cualquier dispersión de partículas, en estricto apego a las disposiciones de calidad del aire.
5.6.16 Los estudios, planos y demás información técnica o científica utilizada para definir las actividades de construcción, así como la evidencia de su cumplimiento, debe mantenerse clasificada y disponible para que la autoridad verifique su existencia y contenido, en el momento que lo considere necesario.	Los estudios, planos y demás información técnica y científica son puestos a disposición de esta autoridad, a través de la presente MIA-R
5.7 Criterios de Postoperación **5.7.1** Una vez que el depósito de jales llegue al final de su vida útil, se deben implementar medidas que aseguren que: **a)** No se emitan partículas sólidas a la atmósfera como producto de la pérdida de humedad de la superficie de la presa de jales o del talud de la cortina contenedora, entre otras;	Al concluir la vida útil de la instalación, el proyecto ejecutará un plan integral de cierre y postoperación diseñado para garantizar el confinamiento permanente y seguro de los residuos. En cumplimiento del inciso (a), se erradicará la emisión de polvos fugitivos a la atmósfera mediante la estabilización física y biológica de la superficie del depósito y los taludes; esto consistirá en la colocación de una capa de suelo fértil y la ejecución de un programa de

Especificación	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
b) No se formen escurrimientos que afecten a cuerpos de agua superficiales y subterráneos. **c)** No falle la presa de jales.	reforestación y revegetación que anulará la erosión eólica. Respecto al inciso (b), se mantendrán operativas y con mantenimiento permanente las obras de protección (canales de derivación de aguas de no contacto) para evitar el ingreso de flujos ajenos al vaso. El agua de lluvia precipitada directamente sobre la instalación clausurada será gestionada mediante obras de recuperación para su control y descarga segura; como medida de contingencia ambiental, se mantendrá un monitoreo de calidad del agua para garantizar que, ante cualquier alteración en las condiciones de no peligrosidad del material, los efluentes reciban el tratamiento necesario previo a su vertido, protegiendo así los acuíferos y cuerpos superficiales. Para dar cumplimiento al inciso (c), la prevención de fallas de la presa queda asegurada desde la ingeniería de diseño; la cortina de material de préstamo, la geometría de los taludes (7.0H:1V) y los controles estructurales garantizan una estabilidad física, capaz de resistir eventos telúricos y riesgos hidrometeorológicos extremos.
5.7.2 Cuando los jales sean generadores potenciales de ácido se debe cumplir con los siguientes aspectos: **5.7.2.1** Cubrir con un material mineral o con agua, para evitar la formación de drenaje ácido del jal, cuidando de no solubilizar otros elementos tóxicos. También se podrán utilizar otros materiales que impidan la acidificación. **5.7.2.2** No se deben utilizar especies vegetales que promuevan la acidificación del sustrato. **5.7.2.3** Cuando no sea pertinente establecer medidas que eviten la formación de drenaje ácido, se deben establecer medidas de tratamiento del mismo para evitar daños en cuerpos de agua, suelos y sedimentos, ya sea por su acidez o por contaminación con elementos tóxicos. **5.7.3** El cubrir con agua los jales para evitar el drenaje ácido, sólo se permite cuando el depósito cumpla con las especificaciones de proyecto y construcción de presas para almacenamiento de agua.	La aplicabilidad de estos incisos está condicionada a la capacidad del residuo para generar acidez. Con base en la caracterización geoquímica detallada del proyecto, se establece el siguiente cumplimiento técnico: Clasificación Geoquímica (No-PAG): Los resultados derivados de pruebas estáticas (ABA, NAG, SFE) y cinéticas (celdas de humedad HCT por 18 semanas) demuestran de manera concluyente que la mezcla de jales totales (incluyendo residuos CIL BIOX y flotación) no genera ácido. No aplican los incisos 5.7.2.1, 5.7.2.2 y 5.7.3: Al carecer de potencial de generación ácida, el proyecto no requiere implementar cubiertas neutralizantes (5.7.2.1), no tiene restricciones para especies vegetales por acidificación (5.7.2.2), y descarta por completo el método de cubrir los jales con agua (5.7.3), lo cual además es incompatible con la tecnología de disposición en seco (jales filtrados) adoptada por la mina. Cumplimiento del inciso 5.7.2.3 (Protección Hídrica contra Elementos Tóxicos): Si bien el material no genera acidez, las pruebas NAG y SFE indicaron el potencial de lixiviación de elementos como arsénico, sulfatos y sólidos disueltos totales (TDS). Atendiendo la recomendación de, el diseño de la presa de jales incorpora una medida preventiva de contención que consiste en un sistema de revestimiento basal (geomembrana). Este aislamiento físico limita la movilidad de cualquier posible lixiviado, protegiendo los cuerpos de agua subterráneos de la contaminación por elementos tóxicos móviles.
5.7.4 La superficie del depósito debe ser cubierta con el suelo recuperado, de ser el caso, o con materiales que permitan la fijación de especies vegetales.	El diseño de postoperación de la presa tiene en cuenta la estabilización biológica de la superficie del depósito mediante la implementación del siguiente ciclo de manejo de suelos: Rescate y Conservación (Etapa de Preparación): Previo al desplante de la infraestructura, se ejecutará el despalme de la capa edáfica fértil. Este suelo será recuperado y

Especificación	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
5.7.5 Las especies vegetales que se utilicen para cubrir el depósito deben ser originarias de la región, para garantizar la sucesión y permanencia con un mínimo de conservación.	almacenado temporalmente bajo medidas de conservación para mantener su viabilidad orgánica y banco de semillas. Cobertura Superficial (Etapa de Cierre): Una vez que el depósito de jales filtrados alcance su configuración final, la superficie superior y los taludes exteriores serán recubiertos íntegramente con el suelo recuperado. Fijación de Especies Vegetales: La restitución de esta capa orgánica fungirá como el sustrato idóneo para la siembra y plantación de las especies vegetales contempladas en el programa de cierre. Este revestimiento biológico no solo cumple con el presente inciso, sino que actúa como la principal barrera contra la erosión hídrica y eólica. Únicamente se emplearán especies nativas, originarias de la región.
5.7.6 Cuando sea necesario, los taludes de la cortina contenedora deben ser ajustados para dar una inclinación que garantice la estabilidad estática y dinámica de la misma.	El requerimiento de ajustar la inclinación de los taludes para garantizar la estabilidad estática y dinámica en la etapa de cierre se encuentra contemplado por el diseño original de la instalación. Como se indicó previamente, el apilamiento de jales filtrados y la configuración de la cortina contenedora contempla una pendiente exterior general de 7.0H:1V. Esta geometría, evaluada en los modelos de equilibrio límite (numeral 5.5.2), garantiza márgenes de seguridad física que cumple con los mínimos normativos, incluso bajo los escenarios de aceleración sísmica más severos. Por consiguiente, no se prevé la necesidad de realizar abatimientos masivos del talud al final de la vida útil. No obstante, durante la etapa de postoperación se llevará a cabo un reperfilado fino y reconformación geomorfológica de la superficie para asegurar el correcto drenaje pluvial, mitigar la erosión y facilitar la integración paisajística del sitio cerrado.
5.8 Monitoreo En el caso de que la presa de jales se encuentre dentro de una de las condiciones que establece la especificación 5.4.2, el generador debe entregar a la autoridad antes de iniciar la operación de la presa de jales, un programa de monitoreo que permita evaluar la eficacia de las acciones de protección aplicables. El programa debe contar con los siguientes elementos:	Como fue debidamente acreditado y justificado en el numeral 5.4.2 de este instrumento, el emplazamiento de la presa de jales no se ubica sobre un acuífero vulnerable, y se ha corroborado la inexistencia de aprovechamientos de agua subterránea dentro de un radio de 500 metros. En estricto sentido regulatorio, la condicionante de obligatoriedad establecida en el numeral 5.8 no es aplicable. Se cuenta con una red piezométrica para que por medio de muestreo se evaluara la eficacia del sistema de revestimiento basal (geomembrana) de la instalación.
5.8.1 Monitoreo de aguas subterráneas. **5.8.1.1** La construcción y operación de un mínimo de dos pozos de monitoreo, uno ubicado aguas arriba de la presa y otro aguas abajo. Este último debe colocarse a una distancia máxima de 1.5 veces del ancho de la cortina contenedora en dirección perpendicular al flujo subterráneo local, cuando la presa de jales esté colmada.	Para dar cumplimiento al numeral 5.8.1.1, la red contemplará, habilitación y operación de un mínimo de dos pozos de monitoreo: un pozo ubicado aguas arriba de la instalación para determinar la calidad hidrogeológica de línea base, y un pozo de cumplimiento ubicado aguas abajo. Este último será emplazado respetando el criterio de distancia máxima de 1.5 veces el ancho de la cortina

Especificación	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
En el caso de que la presa de jales tenga una geometría irregular, en la que la cortina contenedora sea muy angosta, se debe considerar la dimensión mayor de la presa.	contenedora (o la dimensión mayor de la presa, según la topografía final) en dirección perpendicular al flujo de agua subterránea local.
5.8.1.2 Para el muestreo representativo y análisis del agua subterránea, se deben considerar los parámetros utilizados en la caracterización física y química del agua subterránea indicada en 5.3.4.2.2. b).	El programa de monitoreo de la calidad del agua contempla todos los parámetros analizados en los estudios de línea base para la caracterización fisicoquímica del agua. Para evaluar el comportamiento hidrogeológico y prevenir impactos potenciales, el proyecto aprovechara la infraestructura instalada en el sitio. Actualmente, se cuenta con dos pozos de monitoreo construidos estratégicamente (aguas arriba y aguas abajo del patio de lixiviación, área que comprende la huella de las presas de jales). Estos pozos están sujetos a un riguroso programa que contempla al menos dos campañas anuales de muestreo. Para garantizar el control y aseguramiento de calidad (QA/QC), el muestreo y los análisis son realizados por laboratorios acreditados por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) y aprobados por la CONAGUA.
5.8.1.3 Los resultados del monitoreo en el pozo aguas arriba, se deberán comparar con los del pozo de monitoreo aguas abajo. Cuando los resultados de la calidad del agua monitoreada registren una elevación en el índice de contaminantes, con respecto a la calidad de agua nativa determinada en 5.3.4.2.2. b), se debe hacer del conocimiento de la autoridad competente y llevar a cabo las medidas de corrección y saneamiento pertinentes. En el caso de que la comparación indique que no hay alteración de la calidad del agua subterránea nativa, no se requerirá de pozos de monitoreo adicionales.	Como protocolo de evaluación, los resultados del pozo aguas abajo serán comparados sistemáticamente con los del pozo aguas arriba y con la caracterización de la calidad del agua de la zona. En caso de que se registre una alteración o elevación en el índice de contaminantes, la empresa asumirá la obligación de hacerlo del conocimiento de la autoridad competente, procediendo a la ejecución de las medidas de corrección y saneamiento pertinentes.
5.8.1.4 Se debe realizar un muestreo semestral durante la construcción y operación del depósito, y anual durante un periodo determinado por el resultado del monitoreo, a partir de la fecha del cierre definitivo de la presa de jales.	En congruencia con la planeación ambiental del proyecto, los monitoreos se realizarán con la estricta periodicidad señalada para cada etapa de la instalación. Específicamente, durante las fases de construcción y operación del depósito, el muestreo se ejecutará de forma semestral (dando cumplimiento a las dos campañas anuales mencionadas en el numeral anterior). Posteriormente, a partir de la fecha del cierre definitivo de la presa de jales y durante la etapa de postoperación, la frecuencia de muestreo se ajustará a un régimen anual. Este programa de monitoreo post-cierre se mantendrá vigente durante el periodo que resulte necesario, el cual será determinado técnicamente en función del análisis de tendencias y la estabilidad de los resultados analíticos de calidad del agua, garantizando la certidumbre ambiental a largo plazo.
5.8.1.5 Cada pozo de monitoreo debe contar con un registro que indique el número o clave de identificación; la ubicación geográfica en coordenadas (x,y,z), ligadas a un mismo banco de referencia; el corte litológico de las formaciones atravesadas; las características constructivas;	Para garantizar la trazabilidad y la calidad técnica de la red de monitoreo, cada pozo habilitado en el sitio (tanto aguas arriba como aguas abajo) contará con un Expediente Técnico individualizado y disponible para consulta de la autoridad. Este registro integrará de manera detallada la clave de

Especificación	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
el diámetro, la profundidad total y el proyecto de terminación, así como los resultados de los análisis fisicoquímicos que complementarias que garanticen la no afectación a los acuíferos. Cuando no se conozca el acuífero, el monitoreo debe hacerse hasta 50 m de profundidad.	identificación oficial del pozo; su ubicación topográfica en coordenadas (x,y,z) referenciadas al banco de nivel del proyecto; y el corte litológico resultante de la perforación, validando la estratigrafía del sitio (secuencia de lutitas-calizas y basamento granodiorítico). Asimismo, el expediente documentará las características constructivas, incluyendo diámetros, proyecto de terminación (ademe, ranurado y empaque de grava) y la profundidad total. Dado que la geohidrología del sitio ha sido evaluada, la profundidad de los pozos está diseñada para interceptar eficientemente el flujo subterráneo local (cumpliendo o excediendo el criterio preventivo de 50 metros). Finalmente, este expediente servirá como bitácora para archivar los resultados históricos de los análisis fisicoquímicos semestrales y anuales, constituyendo la prueba documental de la no afectación al acuífero.
5.8.2 Monitoreo de aguas superficiales. **5.8.2.1** El monitoreo de las aguas superficiales en los sitios aledaños a la presa de jales, se debe realizar de acuerdo a las consideraciones de los puntos 5.3.4.1.	El proyecto contempla la ejecución de un programa de monitoreo de calidad del agua superficial en los drenajes naturales aledaños a la instalación. La red de monitoreo considerará estaciones de muestreo ubicadas estratégicamente aguas arriba de la presa (para caracterizar la calidad del escurrimiento pluvial de referencia) y estaciones aguas abajo del proyecto (específicamente en las zonas de descarga de los canales de agua de no contacto y aguas abajo de la poza de colección). Al igual que el monitoreo subterráneo, estas campañas se realizarán semestralmente, considerando la recolección y análisis de las muestras en laboratorios acreditados por la EMA y aprobados por CONAGUA. Este programa permitirá comprobar sistemáticamente que el manejo de caudales es efectivo y validar la condición operativa de la red de monitoreo.
5.8.2.2 Se deben especificar los puntos de muestreo aguas arriba y aguas abajo de los cuerpos de agua superficiales que puedan encontrarse en el sitio seleccionado. El sitio de muestreo aguas abajo debe estar ubicado antes de cualquier afluente.	Para dar estricto cumplimiento a la normatividad, la evaluación de la calidad de los escurrimientos en el área de estudio se llevará a cabo por medio de un muestreo sistemático. Los sitios de control hidrológico quedarán rigurosamente especificados en el programa ambiental de la siguiente manera: el punto de muestreo aguas arriba se ubicará sobre los escurrimientos naturales previos a su intercepción por los canales perimetrales, asegurando la captura inalterada de la calidad del agua nativa. Por su parte, el sitio de muestreo aguas abajo se establecerá en el cauce receptor principal, posicionándolo estratégicamente después de la poza de colección, pero de manera obligatoria *antes de la confluencia con cualquier otro afluente*. Esta disposición espacial asegura que el muestreo sistemático refleje de manera representativa y aislada el desempeño ambiental de la presa de jales, evitando cualquier efecto de dilución o contaminación cruzada proveniente de corrientes ajenas al proyecto.

Especificación	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
5.8.2.3 Se debe indicar la técnica de muestreo y los parámetros a analizar, haciendo énfasis en aquellos que pudiesen variar a causa del depósito de jales, la periodicidad de muestreo y el número de muestras. Deben llevarse a cabo dos análisis de la calidad del agua superficial, el primero al finalizar la temporada de lluvias y el segundo durante el estiaje.	El monitoreo de aguas superficiales se ejecutará mediante técnicas de muestreo sistemático estandarizadas por la normatividad mexicana y ejecutadas por laboratorios con acreditación EMA. Para dar cumplimiento a la periodicidad exigida, se llevarán a cabo dos campañas de muestreo al año (semestral): la primera al finalizar la temporada de lluvias y la segunda durante la temporada de estiaje. En cada campaña se obtendrán las muestras correspondientes a los sitios aguas arriba y aguas abajo.
5.8.2.4 Se debe tomar como base la normatividad vigente sobre descargas de aguas residuales, con respecto a los parámetros, límites máximos permisibles, cuerpos receptores y usos indicados, y frecuencias de monitoreo. En su caso, se tomará como base la calidad del agua que sea monitoreada aguas arriba de la presa de jales.	Los parámetros fisicoquímicos a analizar corresponderán a los criterios de calidad recomendados para la operación minera, dando cumplimiento a la NOM-001-SEMARNAT-1996 y la NOM-127-SSA1-1994. Haciendo énfasis en aquellos elementos que pudiesen variar a causa del depósito de jales, se analizarán los metales pesados y aniones identificados en las pruebas geoquímicas (arsénico, sulfatos, sólidos disueltos totales), así como el estricto seguimiento del Código Internacional para el Manejo del Cianuro (Cianuro libre, total y WAD). El criterio de control y referencia para este programa serán los resultados de calidad del agua del escenario de "línea base". De esta manera, cualquier variación que se registre por encima de los límites máximos permisibles definidos por las normas se tomarán las acciones para verificar de manera oportuna las anomalías detectadas.
5.8.2.5 Cuando los resultados de la calidad del agua monitoreada registren una elevación en el índice de contaminantes con respecto a la calidad de agua nativa determinada en 5.3.4.1. e), se debe hacer del conocimiento de la autoridad competente y llevar a cabo las medidas de corrección pertinentes.	En el escenario de que los resultados del monitoreo superficial sistemático registren una elevación en el índice de contaminantes con respecto a la calidad del agua nativa (escenario de línea base determinado en el numeral 5.3.4.1), la empresa tiene contemplado activar de manera inmediata su protocolo de comunicación con las autoridades y aplicación de acciones de respuesta ante emergencias ambientales.
5.8.3 Estabilidad de taludes. Cuando se deban instalar líneas de piezómetros para determinar el nivel de saturación acuosa de los jales y evitar un deslizamiento o agrietamiento -conforme a los incisos 5.3.6.1 y 5.3.6.2-, el número de líneas de piezómetros será como mínimo de una y el proyecto del depósito deberá determinar la cantidad específica para asegurar el monitoreo correcto y oportuno.	El diseño incluye una red de subdrenaje (drenes chimenea y tipo dedo) diseñada específicamente para abatir cualquier carga hidráulica, bajo esta condición se considera la nula presencia de un nivel estático permanente.
5.8.4 Testigos de movimiento. Estos se deben instalar y registrar periódicamente las observaciones, con el fin de correlacionar si los movimientos detectados en la estructura se deben a sismos, a sobresaturación acuosa o asentamiento del terreno, ya que pueden provocar una falla de la estructura.	El monitoreo de la deformación superficial se realizará mediante la colocación de bancos de nivel (control topográfico). Las observaciones periódicas permitirán correlacionar el comportamiento del macizo frente a los tres factores de riesgo señalados por la norma: Control de Sobresaturación Acuosa: Las mediciones topográficas se

Especificación	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
	cruzarán con los datos de los piezómetros, Respuesta ante Sismos (Eventos Dinámicos): Tras cualquier evento sísmico regional de magnitud relevante, se realizará un levantamiento topográfico extraordinario de los bancos de nivel. Asentamiento del Terreno (Consolidación): El monitoreo vertical de los bancos de nivel permitirá registrar los asentamientos milimétricos esperados. Debido a la acumulación y compactados, el material experimenta una consolidación mecánica predecible.
5.8.5 Dispersión de partículas. Periódicamente se deben realizar muestreos perimetrales de partículas, para garantizar que no se modifica la calidad del aire por este factor.	Este programa se lleva a cabo en la periferia de la presa de jales se ejecutarán monitoreos internos periódicos a cargo del personal técnico de la empresa y para garantizar la certidumbre, se ejecutan campañas de monitoreo de validación a cargo de laboratorios debidamente acreditados.
5.8.6 Sismología. Cuando la presa de jales se ubique en una región sísmica, de acuerdo a la Figura 1, se debe instalar un sismógrafo en la cortina contenedora.	De acuerdo con la regionalización sísmica establecida en la Figura 1 de la normatividad, y dada la ubicación geográfica del proyecto, la presa de jales se encuentra emplazada en una región sísmica, por lo que se dará observancia a esta medida.
5.8.7 Acciones de estabilización. Cuando los datos del sismógrafo o los testigos de movimiento indiquen riesgo de derrumbe o desborde, deben realizarse las acciones de estabilización de los taludes y la cortina, que sean necesarias.	Si la correlación de datos provenientes del sismógrafo y los bancos de nivel (descritos en los numerales 5.8.4 y 5.8.6) llegara a indicar aceleraciones, desplazamientos o deformaciones anómalas que amenacen la integridad del macizo, la empresa ejecutará de manera inmediata las acciones de estabilización necesarias. Estas medidas contingentes incluyen: el cese preventivo e inmediato del depósito de jales, la construcción de bermas de contrapeso en la base (pie del talud) utilizando material de préstamo externo competente, y el reperfilado estructural de los taludes para restituir y garantizar los factores de seguridad necesarios.
5.8.8 Protección de especies en riesgo: cuando se desarrollen programas de acuerdo al numeral 5.4.4 se deben establecer registros en bitácoras de las actividades con respecto a la conservación de especies en riesgo y rescate de flora y fauna. Esto debe aplicarse desde el inicio de las actividades del proyecto, además de contar con evidencia fotográfica o videográfica y estar disponible para la autoridad competente que requiera su revisión. Las acciones de monitoreo deben realizarse con una periodicidad de seis meses. **5.8.9.** Postoperación: se debe mantener una bitácora y evidencia gráfica, de todas las actividades realizadas en la etapa de postoperación se realicen en este punto.	Se contempla un Programa de Rescate y Reubicación de Flora y Fauna desde la etapa inicial de preparación del sitio (previo a las actividades de despalme y remoción de cubierta vegetal). Para garantizar la trazabilidad y el cumplimiento de las acciones de conservación, especialmente aquellas dirigidas a especies en estatus de riesgo, la empresa establecerá un riguroso sistema de control documental. Este sistema consistirá en el registro detallado en bitácoras de campo oficiales de todos los individuos rescatados y reubicados, respaldado de manera invariable por evidencia fotográfica y videográfica georreferenciada. Todo este expediente documental formará parte del archivo del proyecto y estará permanentemente a disposición de la autoridad competente (SEMARNAT/PROFEPA) que requiera su revisión. Finalmente, para evaluar la supervivencia y adaptación de las especies reubicadas, las acciones de monitoreo biológico se realizarán con una periodicidad

Especificación	Congruencia o cumplimiento del Proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el Proyecto se ajustará al instrumento)
	estricta de seis meses, emitiendo los informes de cumplimiento correspondientes. A través del plan de cierre como medida de compensación ambiental que se formulará a partir de los lineamientos dictados por la autoridad, se llevará el registro de los avances y de las actividades desarrolladas posteriormente a la vida útil del proyecto.
5.8.1.6 Las distancias señaladas en 5.8.1.1 pueden modificarse en función de las condiciones topográficas, así como de la variación del gradiente hidráulico, la conductividad hidráulica y la profundidad del nivel freático, siempre y cuando no cambie el monitoreo periódico y confiable del acuífero.	La ubicación definitiva de los pozos de monitoreo de aguas subterráneas (descritos en el numeral 5.8.1.1) estará sujeta a la validación geohidrológica final en campo. La distancia podrá ser ajustada de manera estratégica. Este ajuste se realizará única y exclusivamente si las condiciones topográficas del terreno, o bien, los parámetros del acuífero local (tales como variaciones en el gradiente hidráulico, conductividad hidráulica de la secuencia estratigráfica o la profundidad real del nivel freático) indican que un sitio alternativo interceptará el flujo subterráneo con mayor eficacia. Cualquier modificación en las distancias estará fundamentada en garantizar que la captación sea representativa, asegurando que el monitoreo periódico (semestral/anual) sea técnica confiable.
5.8.1.7 Si hay un acuífero vulnerable o hay aprovechamientos alrededor y el jal es peligroso, el monitoreo debe llegar hasta el nivel del agua. En este caso se deben construir obras de ingeniería.	La aplicabilidad de lo indicado establecidas en este numeral se encuentra condicionada a la coexistencia de un acuífero vulnerable, Como ha sido sustentado y comprobado a lo largo del presente documento técnico, el emplazamiento de la presa de jales no se ubica sobre un acuífero vulnerable (numeral 5.4.2); se ha corroborado la inexistencia de pozos o aprovechamientos en un radio de 500 metros (numeral 5.4.2); y la caracterización geoquímica (pruebas ABA, NAG, SFE) ha clasificado al material depositado como No Potencialmente Generador de Ácido. Por consiguiente, al no cumplirse los tres supuestos condicionantes, no se considera la instalación de obras de ingeniería.

II.6 Localidad(es) con población indígena en las que incide el sitio de intervención del Proyecto y/o su zona de influencia

Conforme el Catálogo Nacional de Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas[1] en el municipio de Cuetzala del Progreso se identifica una comunidad indígena nahua rural denominada Chilacachapa, para la cual se reporta una población de 1,784 habitantes, dicha localidad se encuentra ubicada a más de 23 km al noreste del área del Proyecto, como se muestra en la siguiente figura, por lo tanto, el Proyecto no tiene influencia en localidades indígenas.

[1] https://catalogo.inpi.gob.mx/cedulas/

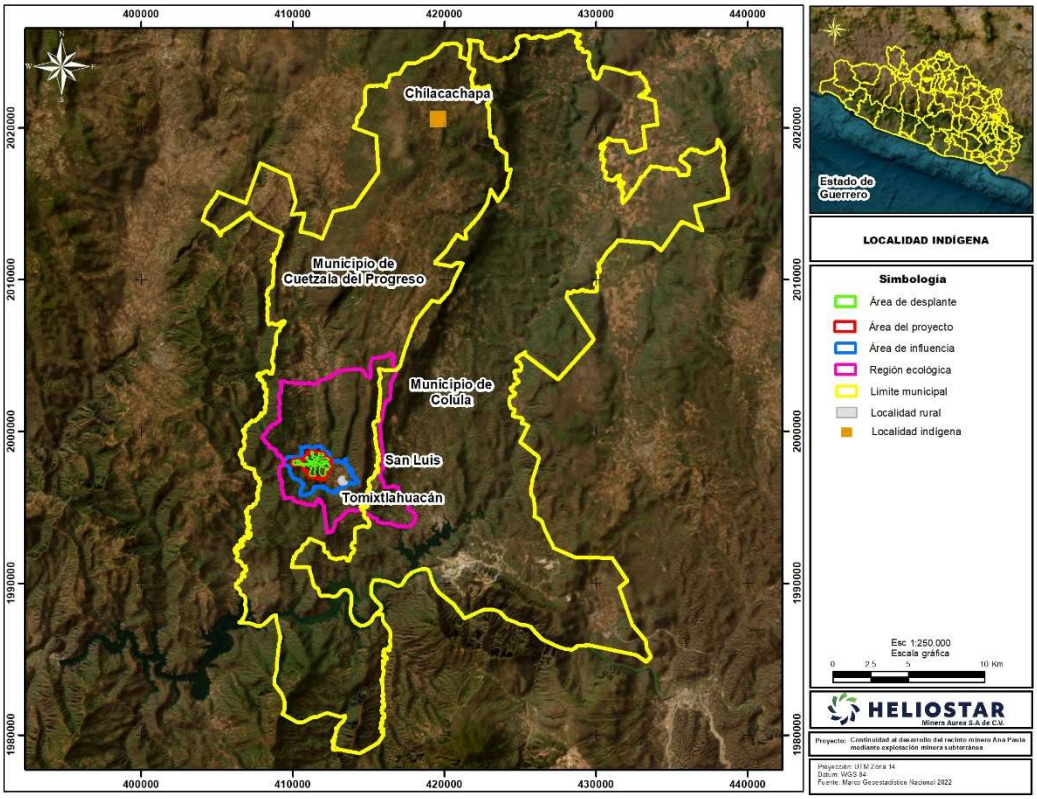


Figura 11. Ubicación de la localidad indígena Chilacachapa.

PROYECTO

“CONTINUIDAD AL DESARROLLO DEL RECINTO MINERO ANA PAULA MEDIANTE EXPLOTACIÓN MINERA SUBTERRÁNEA”

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA

Índice

III. DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA 7

III.1. ELEMENTOS UTILIZADOS PARA LA DELIMITACIÓN DE LA REGIÓN O REGIONES ECOLÓGICAS DE ACUERDO CON LAS CARACTERÍSTICAS Y ALCANCES DEL PROYECTO.....7

III.1.1. Criterios para delimitación.....*9*

III.1.2. Superficie de la Región Ecológica.....*12*

III.2. DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN PRESENTES EN LA REGIÓN O REGIONES ECOLÓGICAS 13

III.3. ESPECIES POTENCIALES.....16

III.3.1. Flora.....*16*

III.3.2. Fauna.....*21*

III.4. RESUMEN Y METODOLOGÍA DE MUESTREOS EN EL ÁREA DEL PROYECTO (AP), ÁREA DE INFLUENCIA (AI) Y REGIÓN ECOLÓGICA (RE).....26

III.5. ESPECIES IDENTIFICADAS EN CAMPO ENDÉMICAS O QUE SE ENCUENTREN EN ALGUNA CATEGORÍA DE RIESGO CONFORME A LA NOM-059-SEMARNAT-2010.....28

III.5.1. Flora.....*28*

III.5.2. Fauna.....*31*

III.6. ÍNDICES DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA.....34

III.6.1. Flora.....*34*

III.6.2. Fauna.....*37*

III.7. ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES AMBIENTALES AL INTERIOR DE LA REGIÓN ECOLÓGICA 39

III.7.1. Medio biótico.....*40*

III.7.2. Medio abiótico.....*53*

III.7.2.1 Tipos de clima.....53

III.7.2.2 Precipitación y temperatura.....55

III.7.2.3 Fenómenos meteorológicos.....57

III.7.2.4 Microclima.....58

III.7.2.5 Vulnerabilidad al cambio climático 59

III.7.2.6 Provincias y subprovincias fisiográficas.....61

III.7.2.7 Sistema de topoformas 63

III.7.2.8 Relieve.....64

III.7.2.9 Pendientes.....65

III.7.2.10 Geología 66

III.7.2.11 Fallas y fracturas.....70

III.7.2.12 Susceptibilidad a fenómenos geológicos.....71

III.7.2.12.1 Deslizamiento de laderas.....71

III.7.2.12.2 Sismicidad.....71

III.7.2.13 Tipos de suelo.....73

III.7.2.14 Procesos erosivos 75

III.7.2.15 Degradación del suelo 78

III.7.2.16 Análisis de erosión.....78

III.7.2.16.1 Erosión hídrica 79

III.7.2.17 Ubicación en el contexto de la región hidrológica, cuencas, subcuencas y microcuencas.....80

III.7.2.18 Hidrología superficial.....83

III.7.2.18.1 Estudio de caudal ecológico 95

III.7.2.19 Agua subterránea 96

III.7.2.20 Aire 99

III.7.2.21 Confort sonoro 101

III.7.3. Medio socioeconómico.....*102*

III.7.4. Paisaje.....*107*

III.7.4.1 Visibilidad 108

III.7.4.2 Calidad paisajística 109

III.7.4.3 Fragilidad del paisaje 112
III.8. Diagnóstico ambiental 113
III.9. Problemáticas ambientales en la Región o Regiones Ecológicas 118
III.10. Reporte General de Incidencias del Proyecto y su AI 120
III.10.1. Uso de suelo y vegetación 120
III.10.2. Corrientes y cuerpos de agua 128
III.10.3. Áreas de importancia ambiental 129
III.10.4. Áreas Naturales Protegidas (incluye ADVC) 133
III.10.5. Sitios Ramsar 133
III.10.6. Humedales 134
III.10.7. Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) 136
III.10.8. Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP) 137
III.10.9. Áreas de Importancia para la Conservación de Aves (AICA) 138
III.10.1. Unidades de Manejo Ambiental (UMAS) 139
III.10.1. Sitios Prioritarios Acuáticos Epicontinentales (SPAE) 140
III.10.2. Sitios Prioritarios Terrestres (SPT) 142
III.10.3. Sitios de Atención Prioritaria para la Conservación de la Biodiversidad (SAP) 142
III.10.4. Sitios Prioritarios para la Restauración (SPR) 143
III.10.5. Corredores bioclimáticos 145

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación del AP y AI en el contexto de la RH, cuenca y subcuenca. 8
Figura 2. Ubicación del AP y AI en las microcuencas de FIRCO. 9
Figura 3. Delimitación de la RE en su porción al norte. 10
Figura 4. Delimitación de la RE en su porción sur. 11
Figura 5. Región Ecológica delimitada para el Proyecto. 12
Figura 6. Uso de suelo y vegetación del área de estudio de acuerdo con el INEGI. 13
Figura 7. Distribución de especies registradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. 29
Figura 8. Índices de diversidad por temporada. 38
Figura 9. Uso de suelo y vegetación presente en el área de estudio de acuerdo con el INEGI. 41
Figura 10. USV presente en el área de Proyecto de acuerdo con la reclasificación de campo (general). 43
Figura 11. USV presente en el área de Proyecto de acuerdo con la reclasificación de campo (1 de 5). 43
Figura 12. USV presente en el área de Proyecto de acuerdo con la reclasificación de campo (2 de 5). 44
Figura 13. USV presente en el área de Proyecto de acuerdo con la reclasificación de campo (3 de 5). 44
Figura 14. USV presente en el área de Proyecto de acuerdo con la reclasificación de campo (4 de 5). 45
Figura 15. USV presente en el área de Proyecto de acuerdo con la reclasificación de campo (5 de 5). 45
Figura 16. Ubicación de polígonos forestales autorizados (general). 46
Figura 17. Ubicación de polígonos forestales autorizados (1 de 5). 47
Figura 18. Ubicación de polígonos forestales autorizados (2 de 5). 47
Figura 19. Ubicación de polígonos forestales autorizados (3 de 5). 48
Figura 20. Ubicación de polígonos forestales autorizados (4 de 5). 48
Figura 21. Ubicación de polígonos forestales autorizados (5 de 5). 49
Figura 22. Ubicación de polígonos forestales por autorizar (general). 49
Figura 23. Ubicación de polígonos forestales por autorizar (1 de 7). 50
Figura 24. Ubicación de polígonos forestales por autorizar (2 de 7). 50
Figura 25. Ubicación de polígonos forestales por autorizar (3 de 7). 51
Figura 26. Ubicación de polígonos forestales por autorizar (4 de 7). 51
Figura 27. Ubicación de polígonos forestales por autorizar (5 de 7). 52

FIGURA 28. UBICACIÓN DE POLÍGONOS FORESTALES POR AUTORIZAR (6 DE 7). 52
FIGURA 29. UBICACIÓN DE POLÍGONOS FORESTALES POR AUTORIZAR (7 DE 7). 53
FIGURA 30. TIPOS DE CLIMA PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO. 54
FIGURA 31. ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS PRÓXIMAS A LA RE. 55
FIGURA 32. DIAGRAMA OMBROTÉRMICO DE LA INFORMACIÓN REGISTRADA POR LAS ESTACIONES. 57
FIGURA 33. ÍNDICE DE INTEGRIDAD ECOSISTÉMICA EN LA RE. 59
FIGURA 34. VARIABLES QUE INTEGRAN LA VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO (INECC, 2022). 60
FIGURA 35. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO CON RESPECTO A LAS PROVINCIAS FISIOGRÁFICAS. 62
FIGURA 36. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO CON RESPECTO A LAS SUBPROVINCIAS FISIOGRÁFICAS. 63
FIGURA 37. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO CON RESPECTO A LAS TOPOFORMAS. 64
FIGURA 38. RELIEVE PRESENTE EN EL ÁREA DE ESTUDIO. 65
FIGURA 39. PENDIENTES PRESENTADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO 66
FIGURA 40. DISTRIBUCIÓN DE TIPOS DE ROCA EN EL ÁREA DE ESTUDIO. 67
FIGURA 41. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO CON RESPECTO A FALLAS Y FRACTURAS GEOLÓGICAS 70
FIGURA 42. SUSCEPTIBILIDAD DEL ÁREA DE ESTUDIO A DESLIZAMIENTO DE LADERAS. 71
FIGURA 43. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO CON RESPECTO A LA REGIONALIZACIÓN SÍSMICA NACIONAL. 72
FIGURA 44. TIPOS DE SUELO PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO. 74
FIGURA 45. TIPOS DE EROSIÓN PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO 76
FIGURA 46. TIPO, GRADOS Y CAUSAS DE DEGRADACIÓN DEL SUELO PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO. 78
FIGURA 47. RESULTADOS DE LA PÉRDIDA DE SUELO. 80
FIGURA 48. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO CON RESPECTO A LAS REGIONES HIDROLÓGICAS, CUENCAS Y SUBCUENCAS. 81
FIGURA 49. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO CON RESPECTO A LAS MICROCUENCAS DE FIRCO. 82
FIGURA 50. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL PRESENTE EN LA RE. 84
FIGURA 51. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL PRESENTE EN EL AI Y AP. 85
FIGURA 52. UBICACIÓN DE LOS SITIOS VISITADOS SOBRE ESCURRIMIENTOS SUPERFICIALES. 92
FIGURA 53. UBICACIÓN DE ESCURRIMIENTOS VERIFICADOS POR LA CONAGUA. 94
FIGURA 54. UBICACIÓN DE LA ZONA FEDERAL DE ESCURRIMIENTO. 95
FIGURA 55. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO CON RESPECTO A LOS ACUÍFEROS. 97
FIGURA 56. UBICACIÓN DE MUNICIPIOS Y LOCALIDADES EN EL ÁREA DE ESTUDIO. 103
FIGURA 57. PORCENTAJE DE POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA Y PEA OCUPADA. 107
FIGURA 58. VISIBILIDAD HACIA EL SURESTE DE LA RE (SE FONDO SE APRECIA LA ZONA MINERA MEDIA LUNA, EL CUAL SE ENCUENTRA FUERA DE LA RE). 108
FIGURA 59. VISIBILIDAD HACIA EL ESTE DE LA RE 108
FIGURA 60. VISIBILIDAD HACIA EL NORTE DE LA RE. 109
FIGURA 61. VISIBILIDAD DESDE EL ÁREA DEL PROYECTO DE SUR A NOROESTE. 109
FIGURA 62. ÍNDICE DE INTEGRIDAD ECOSISTÉMICA EN LA RE. 115
FIGURA 63. ÍNDICE DE FRAGMENTACIÓN DE ÁREAS NATURALES 116
FIGURA 64. ÍNDICE DE IMPACTO ANTROPOGÉNICO. 118
FIGURA 65. UBICACIÓN DEL PROYECTO RESPECTO DE ANP. 133
FIGURA 66. UBICACIÓN DEL PROYECTO CON RESPECTO A SITIOS RAMSAR. 134
FIGURA 67. HUMEDALES POTENCIALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO (INEGI). 135
FIGURA 68. HUMEDALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO (CONAGUA). 136
FIGURA 69. UBICACIÓN DEL PROYECTO RESPECTO A LA RTP -118 CAÑÓN DEL ZOPILOTE. 137
FIGURA 70. UBICACIÓN DEL PROYECTO RESPECTO A LA RHP -67 “RÍO AMACUZAC-LAGUNAS DE ZEMPOALA”. 138
FIGURA 71. UBICACIÓN DEL PROYECTO RESPECTO A LA AICA-18 CAÑÓN DEL ZOPILOTE. 139
FIGURA 72. UBICACIÓN DEL PROYECTO RESPECTO A UNIDADES DE MANEJO AMBIENTAL (UMAS) 140
FIGURA 73. UBICACIÓN DEL PROYECTO RESPECTO SPAE. 141
FIGURA 74. UBICACIÓN DEL PROYECTO RESPECTO SPT. 142
FIGURA 75. UBICACIÓN DEL PROYECTO RESPECTO A SAP. 143

FIGURA 76. UBICACIÓN DEL PROYECTO RESPECTO A SPR. 144
FIGURA 77. UBICACIÓN DEL..... 145

Índice de tablas

TABLA 1. LISTADO DE ESPECIES DE FLORA REGISTRADAS BIBLIOGRÁFICAMENTE PARA EL ÁREA DE ESTUDIO..... 18
TABLA 2. ESPECIES REPORTADAS PARA EL ÁREA DE ESTUDIO QUE SE ENCUENTRAN CATALOGADAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE PROTECCIÓN POR IUCN, CITES O LA NOM-059-SEMARNAT-2010. 22
TABLA 3. ESPECIES DE FLORA EN LA NOM-059-SEMARNAT-2010. 28
TABLA 4. ESPECIES DE FLORA ENDÉMICAS (1: PRESENCIA, 0: AUSENCIA). 29
TABLA 5. ESPECIES DE FAUNA EN LA NOM-059-SEMARNAT-2010. 31
TABLA 6. ESPECIES DE FAUNA ENDÉMICAS. 32
TABLA 7. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE FLORA. 34
TABLA 8. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE FAUNA PARA RE-AI Y AP. 37
TABLA 9. SUPERFICIE POR USO DE SUELO Y VEGETACIÓN PRESENTE EN EL RE (INEGI). 41
TABLA 10. SUPERFICIE POR USO DE SUELO Y VEGETACIÓN PRESENTE EN EL AI (INEGI). 41
TABLA 11. SUPERFICIE POR USO DE SUELO Y VEGETACIÓN PRESENTE EN EL AP Y ÁREA DE DESPLANTE (INEGI). 41
TABLA 12. SUPERFICIE POR USV DEL ÁREA DEL PROYECTO..... 42
TABLA 13. ÁREAS DE CUSTF AUTORIZADAS Y POR AUTORIZAR. 42
TABLA 14. DATOS GENERALES DE LAS ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS LOCALIZADAS EN LA RE, AI Y ÁREA DEL PROYECTO..... 56
TABLA 15. VARIABLES CLIMATOLÓGICAS REGISTRADAS POR LAS ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS..... 56
TABLA 16. CLASIFICACIÓN DE PELIGRO, RIESGO Y/O VULNERABILIDAD POR LA PRESENCIA DE FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS EN LA RE, AI Y PROYECTO. 57
TABLA 17. VULNERABILIDAD ACTUAL Y CON MODELOS DE CAMBIO CLIMÁTICO (NE: NO EVALUADO). 60
TABLA 18. SUPERFICIE POR TIPO DE SUELO EN LA RE Y AI. 74
TABLA 19. SUPERFICIE POR TIPO DE SUELO EN EL AP, ÁREA DE DESPLANTE Y ÁREA DE CUSTF. 75
TABLA 20. SUPERFICIE POR GRADO DE EROSIÓN EN LA RE..... 76
TABLA 21. SUPERFICIE POR GRADO DE EROSIÓN EN EL AI..... 76
TABLA 22. SUPERFICIE POR GRADO DE EROSIÓN EN EL AP..... 77
TABLA 23. SUPERFICIE POR CLASE DE EROSIÓN EN LA RE. 77
TABLA 24. SUPERFICIE POR CLASE DE EROSIÓN EN EL AI. 77
TABLA 25. SUPERFICIE POR CLASE DE EROSIÓN EN EL ÁREA DEL PROYECTO. 77
TABLA 26. DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE AGUAS SUPERFICIALES..... 82
TABLA 27. TIPO Y CANTIDAD DE ESCURRIMIENTOS Y CUERPOS DE AGUA PRESENTES EN EL AI, RE, AP Y DESPLANTE 83
TABLA 28. INCIDENCIA DEL AP EN ESCURRIMIENTOS Y CUERPOS DE AGUA..... 83
TABLA 29. COORDENADAS DE LOS SITIOS VISITADOS SOBRE ESCURRIMIENTOS SUPERFICIALES..... 92
TABLA 30. DISPONIBILIDAD DE LOS ACUÍFEROS SOBRE LOS CUALES INCIDE EL ÁREA DE ESTUDIO. 99
TABLA 31. TONELADAS DE CONTAMINANTES CRITERIO EMITIDOS POR EL MUNICIPIO DE CUETZALA DEL PROGRESO..... 100
TABLA 32. TONELADAS DE CONTAMINANTES CRITERIO EMITIDOS POR TIPO Y CATEGORÍA. 100
TABLA 33. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE RUIDO. 101
TABLA 34.INDICADORES DE POBLACIÓN DEL MUNICIPIO DE CUETZALA DEL PROGRESO Y LOCALIDADES DE LA RE. 104
TABLA 35.INDICADORES DE MIGRACIÓN DEL MUNICIPIO DE CUETZALA DEL PROGRESO Y LOCALIDADES DE LA RE. 104
TABLA 36. INDICADORES DE ETNICIDAD DEL MUNICIPIO DE CUETZALA DEL PROGRESO Y LOCALIDADES DE LA RE..... 104
TABLA 37. INDICADORES DE EDUCACIÓN DEL MUNICIPIO DE CUETZALA DEL PROGRESO Y LOCALIDADES DE LA RE. 105
TABLA 38. INDICADORES DE SALUD DEL MUNICIPIO DE CUETZALA DEL PROGRESO Y LOCALIDADES DE LA RE. 105
TABLA 39. INDICADORES DE VIVIENDA DEL MUNICIPIO DE CUETZALA DEL PROGRESO Y LOCALIDADES DE LA RE. 106
TABLA 40.INDICADORES ECONÓMICOS DEL MUNICIPIO DE CUETZALA DEL PROGRESO Y LOCALIDADES DE LA RE..... 107
TABLA 41. EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES PAISAJÍSTICOS, SU VALORACIÓN Y LA PUNTUACIÓN PARA LA RE, AI Y PROYECTO..... 110

TABLA 42. ESCALA DE REFERENCIA UTILIZADA PARA DETERMINAR LA CLASE DE CALIDAD VISUAL. 111
TABLA 43. EVALUACIÓN DE LA CAV. 112
TABLA 44. ESCALA DE REFERENCIA DEL CAV. 113
TABLA 45. INDICADORES DE CALIDAD AMBIENTAL. 114
TABLA 46. SUPERFICIES POR CATEGORÍA DE FRAGMENTACIÓN DE ÁREAS NATURALES EN EL AI Y RE. 117
TABLA 47. SUPERFICIES POR CATEGORÍA DE FRAGMENTACIÓN DE ÁREAS NATURALES EN EL AP Y ÁREA DE CUSTF. 117
TABLA 48. INCIDENCIA DEL PROYECTO POR USO DE SUELO Y VEGETACIÓN DETERMINADO EN CAMPO. 120
TABLA 49. INCIDENCIA DEL AP EN USO DE SUELO CLASIFICADO COMO CUERPO DE AGUA, CORRESPONDIENTE A ESCURRIMIENTOS INTERMITENTES IDENTIFICADOS EN CAMPO. 128
TABLA 50. SUPERFICIES DE INCIDENCIA DEL AP CON ÁREAS DE IMPORTANCIA AMBIENTAL. 130

III. DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA

III.1. Elementos utilizados para la delimitación de la Región o Regiones Ecológicas de acuerdo con las características y alcances del Proyecto

Considerando que la Región Ecológica (RE) se define como el conjunto de elementos independientes que interactúan mediante interrelaciones que interfieren en las funciones ecológicas de cada elemento, tales interacciones pueden llegar a modificar uno o a todos los demás componentes del mismo; la Región Ecológica se delimita con el fin de identificar las alteraciones o impactos ambientales que pudieran ser generados por el desarrollo de este proyecto en cualquiera de sus etapas sobre los recursos naturales en los cuales tienen que establecer medidas y acciones necesarias para disminuir las afectaciones que puedan ser generados sobre éstos.

Bajo esta óptica, para la delimitación de la RE en donde se establecerá el Proyecto se consideró la revisión de la ubicación del área del Proyecto (en adelante AP o Proyecto) y área de influencia (AI) en el contexto geohidrológico (cuencas, subcuencas y microcuencas), lo anterior debido a que, el Proyecto comprende actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

Considerando la naturaleza de las cuencas, subcuencas o microcuencas, estas pueden considerarse como unidad de análisis, ya que comprenden un ámbito geográfico, hidrográfico, económico, social y ambiental, en el que ocurren las interacciones más fuertes entre el uso y manejo de los recursos naturales (acción antrópica) y el comportamiento de estos mismos recursos (reacción del ambiente). De esta manera, una acción ligada al uso y manejo de la tierra que se realice en la microcuenca normalmente presenta un impacto medible a corto o mediano plazo, ya sea positivo o negativo, sobre la recuperación o deterioro del suelo, el balance de biomasa y la cobertura vegetal, la cantidad y calidad del agua, la fauna, entre otras variables importantes para la sostenibilidad (FAO, s/a).

En este sentido, las obras y actividades que impliquen remoción de vegetación y cambio de uso de suelo en terrenos forestales podrán generar impactos sobre componentes como vegetación, fauna, suelo, agua y paisaje. La naturaleza, magnitud, extensión y significancia de dichos impactos deberán determinarse mediante la evaluación ambiental específica del Proyecto, evitando asumir de manera anticipada una afectación generalizada al resto de la microcuenca o a su población.

La RE dentro de la cual se inserta el Proyecto corresponde al espacio geográfico utilizado para analizar, de manera integrada, las características ecológicas, edáficas, de vegetación, topografía e interacciones ambientales relevantes para la evaluación de sus posibles impactos.

La escala de las subcuencas resulta grande ya que su superficie supera notablemente el área del Proyecto y su área de influencia, por lo que el análisis de los elementos abióticos y bióticos principalmente no sería representativo; razón por la que es necesario considerar una unidad de menores dimensiones, tales como las microcuencas.

En este sentido, como se explicó al inicio de este capítulo, para realizar la delimitación de la RE se consideró la ubicación del AP y AI en el contexto de las unidades hidrológicas, para lo cual se hizo uso de la siguiente información cartográfica:

- Regiones Hidrológicas de México escala 1:1 000 000 (CONAGUA, 1998)
- Cuencas Hidrológicas escala 1:250 000 (CONAGUA, 1998)
- Red hidrográfica escala 1:50 000 (INEGI, 2010)

- Microcuencas del Programa Nacional de Microcuencas del Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO, 2007), las cuales coinciden con las microcuencas mostradas por el Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA).
- Curvas de nivel escala 1:50,000 (INEGI).

De acuerdo con los datos vectoriales mencionados anteriormente, se determinó que, el Proyecto y su área de influencia se ubican en la RH-18 Balsas, Cuenca R. Balsas-Mezcala, Subcuenca R. Cocula o Iguala.

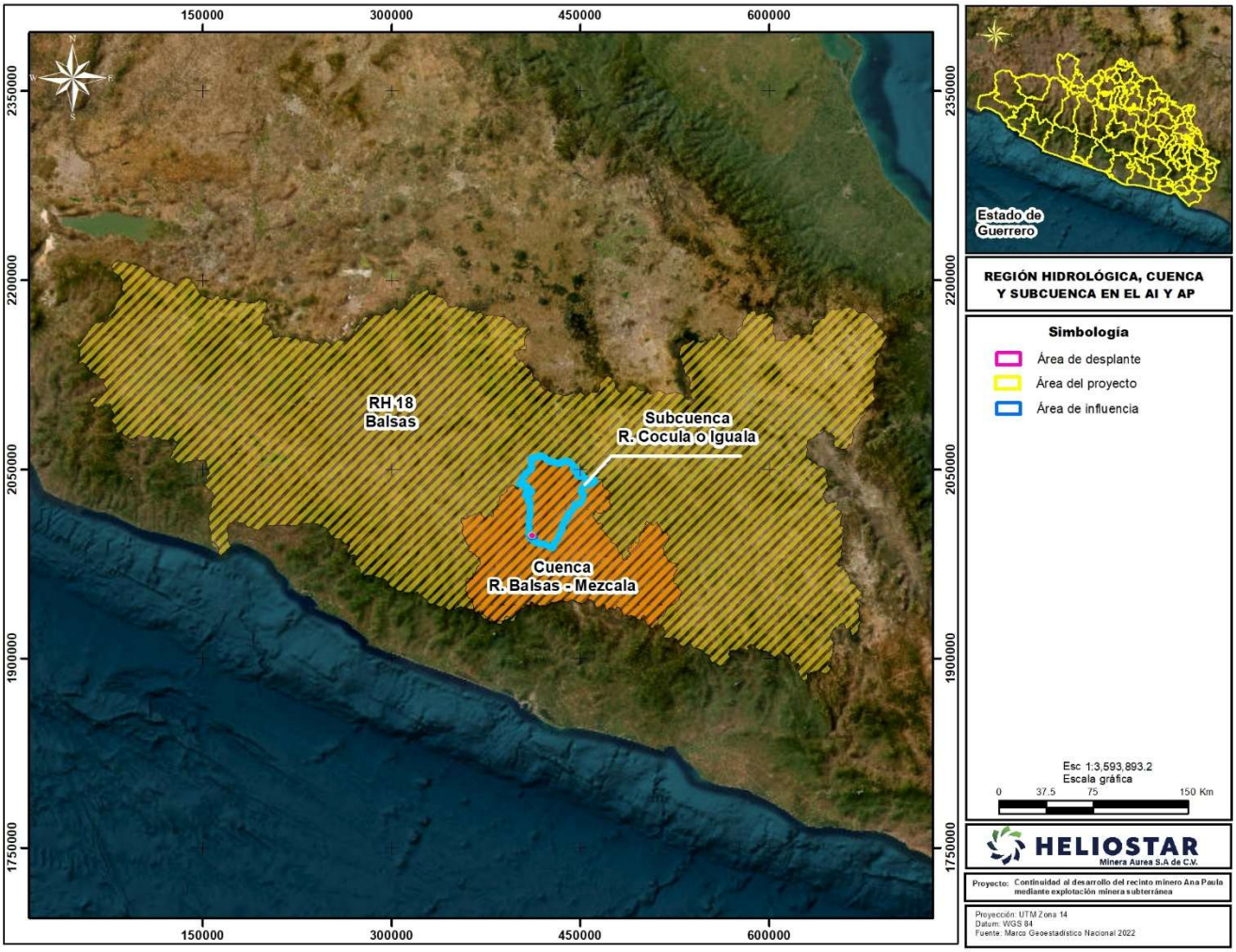


Figura 1. Ubicación del AP y AI en el contexto de la RH, cuenca y subcuenca.

Mientras que, de acuerdo con el Programa Nacional de Microcuencas del Fideicomiso de Riesgo Compartido de 2007 y el SIGEIA, el Proyecto y su AI se ubicarían en la microcuenca Cuetzala del Progreso, como se observa en la siguiente tabla y figura.

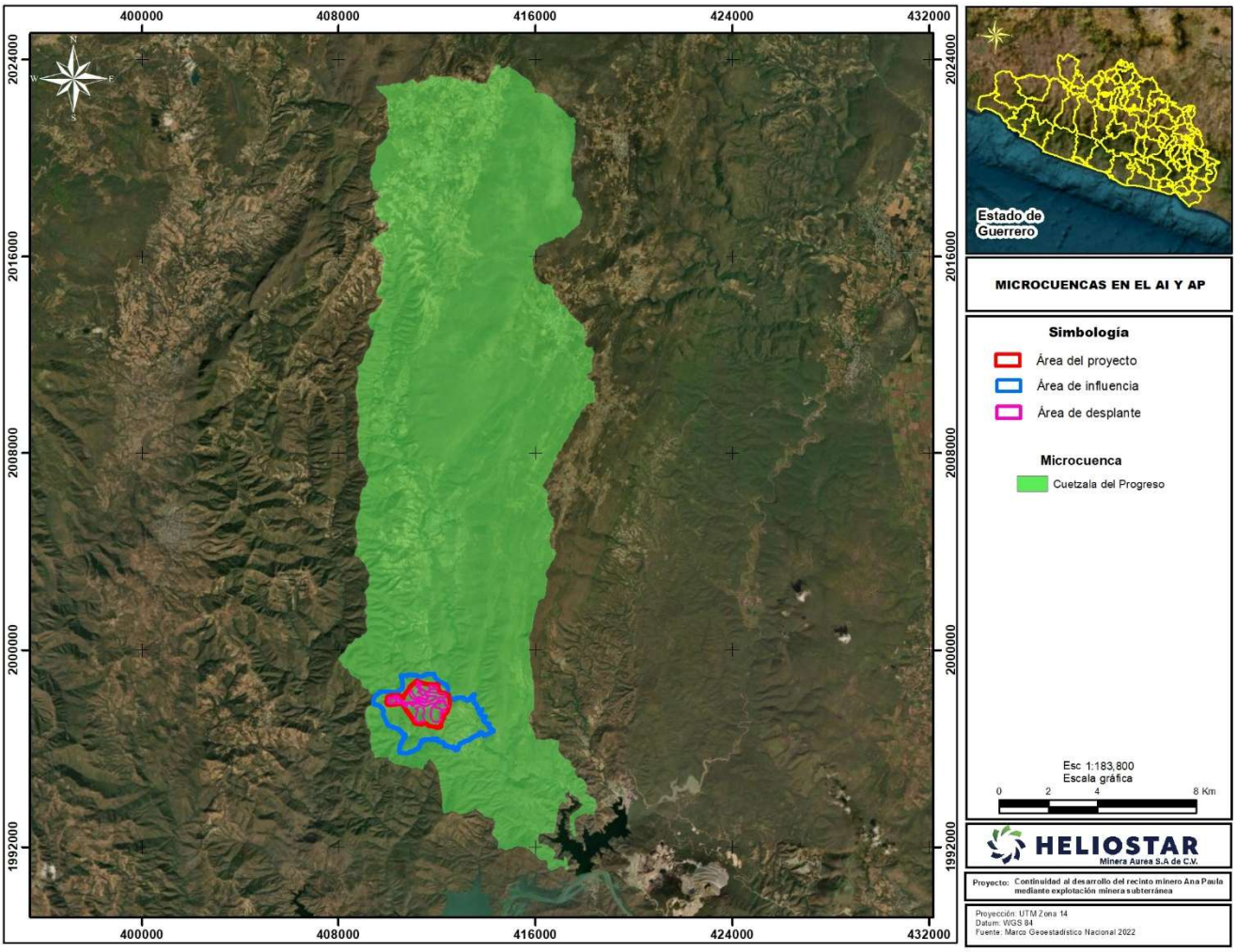


Figura 2. Ubicación del AP y AI en las microcuencas de FIRCO.

III.1.1. Criterios para delimitación

Por lo tanto, la delimitación de la RE se realizó partiendo del polígono de la microcuenca Cuetzala del Progreso, sin embargo, dada su extensión se identificaron rasgos para delimitar la RE en su porción norte y sur, mientras que al este y oeste se conservaron los límites de la microcuenca mencionada.

Los criterios empleados para esta delimitación fueron los mismos que se emplean para la delimitación de microcuencas, es decir parteaguas y escurrimientos, para lo cual, en el software QGIS 3.28.10, se realizó la sobreposición de la microcuenca, curvas de nivel y escurrimientos a escala 1:50,000.

Al norte, la RE quedó delimitada por parteaguas, de manera que se incluyeran los escurrimientos potencialmente relacionados con el área de estudio; el único cauce interceptado por el límite de la RE es el Río Cuetzala, debido a que constituye la vertiente principal de la microcuenca y se prolonga a lo largo de ésta.

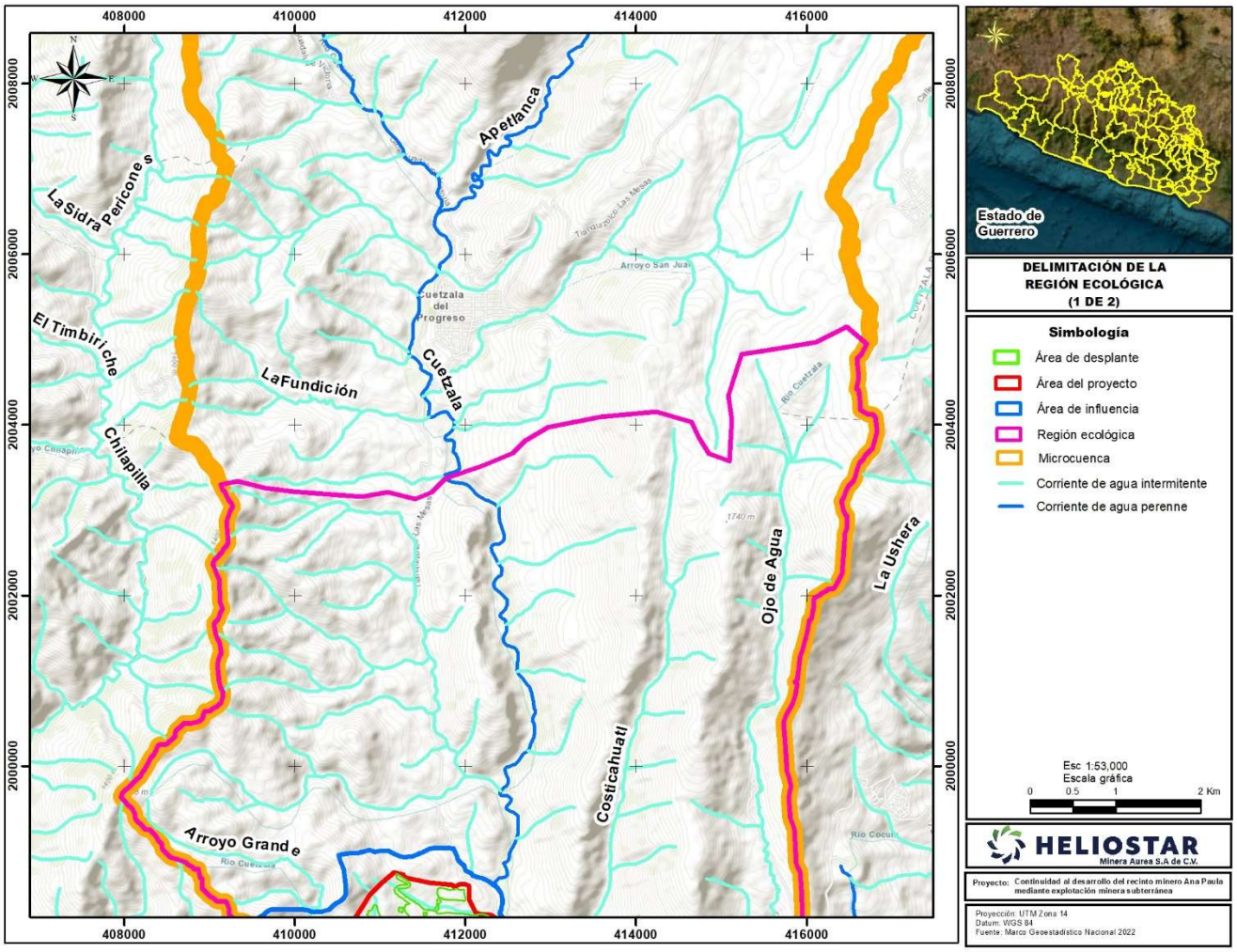


Figura 3. Delimitación de la RE en su porción al norte.

Al sur, la RE se delimitó por parteaguas hasta la desembocadura del Río Cuetzala a la microcuenca El Caracol, como se muestra en la siguiente figura.

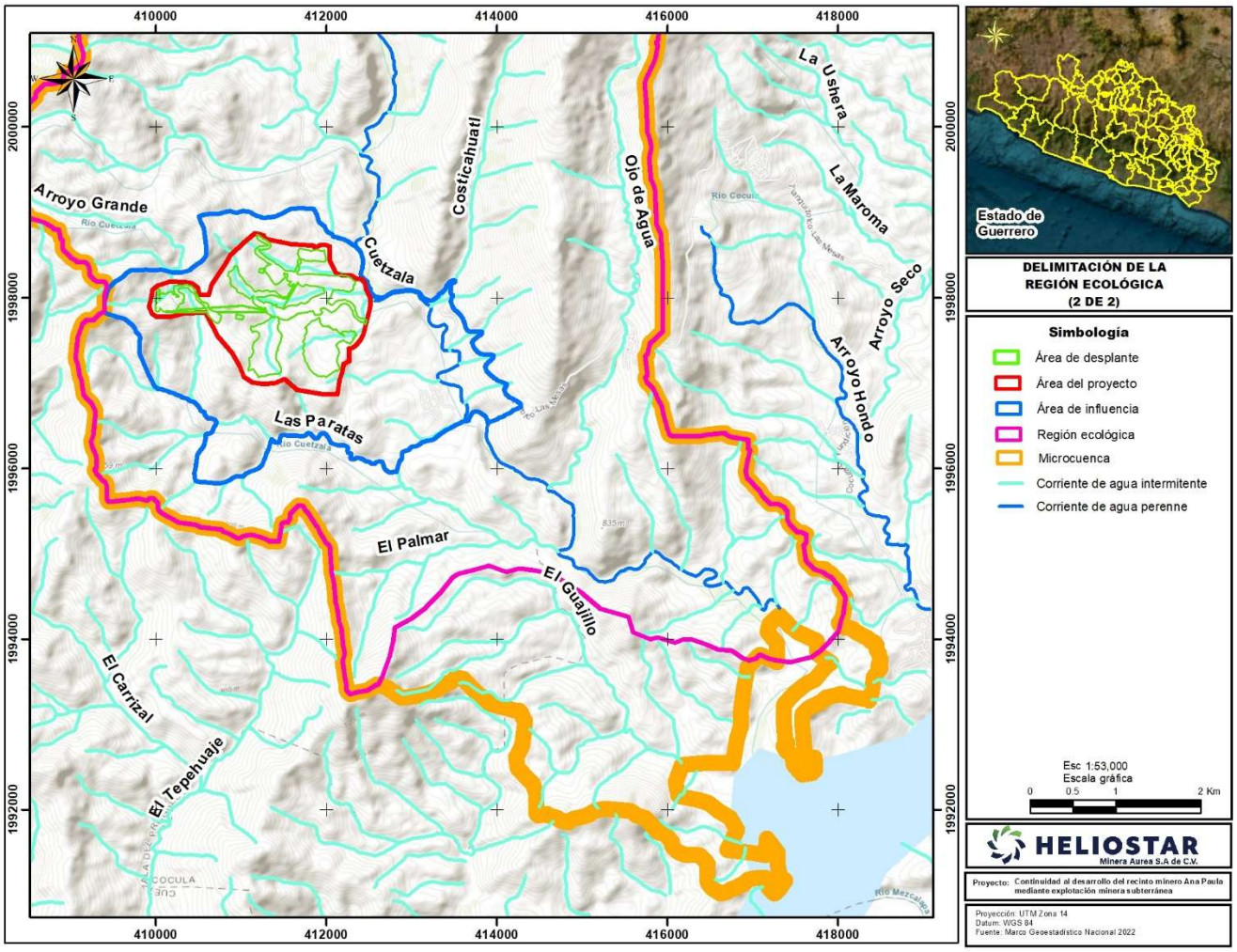


Figura 4. Delimitación de la RE en su porción sur.

De esta forma, se obtuvo un polígono de menores dimensiones pero que integra los componentes ambientales que podrían tener alguna interacción con el Proyecto, tomando como base el criterio de microcuenca.

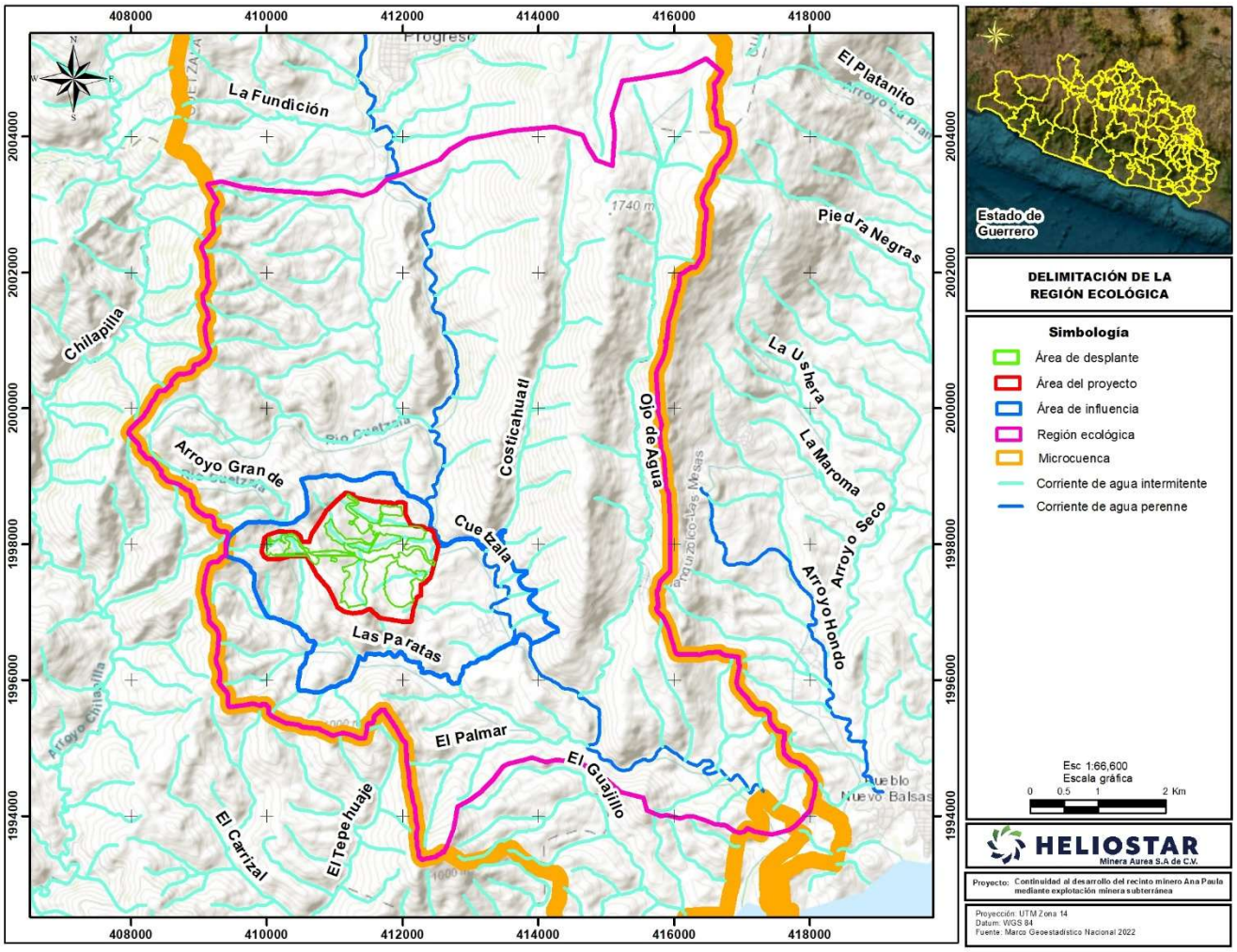


Figura 5. Región Ecológica delimitada para el Proyecto.

III.1.2. Superficie de la Región Ecológica

La Región Ecológica delimitada presenta una superficie de 6,749.847 ha.

En el Anexo 8 se presenta el plano georreferenciado en UTM, Datum WGS84, de la Región Ecológica delimitada en formato PDF y JPG, así como los archivos en formato shapefile, KML/KMZ y coordenadas en formato CSV y excel.

III.2. Descripción de los tipos de uso de suelo y vegetación presentes en la Región o Regiones Ecológicas

De acuerdo con la cartografía de uso de suelo y vegetación (USV), serie VII escala 1:250 000 del INEGI (2017), en la RE se tiene la presencia de tipos de vegetación de bosque de encino en fase primaria y secundaria, así como selva baja caducifolia en fase secundaria; también se tienen usos de suelo no forestales de pastizal inducido, agricultura de temporal anual y cuerpo de agua, siendo dominante la vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino; mientras que, en el AI y AP se tiene pastizal inducido y vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino, como se observa en la siguiente figura.

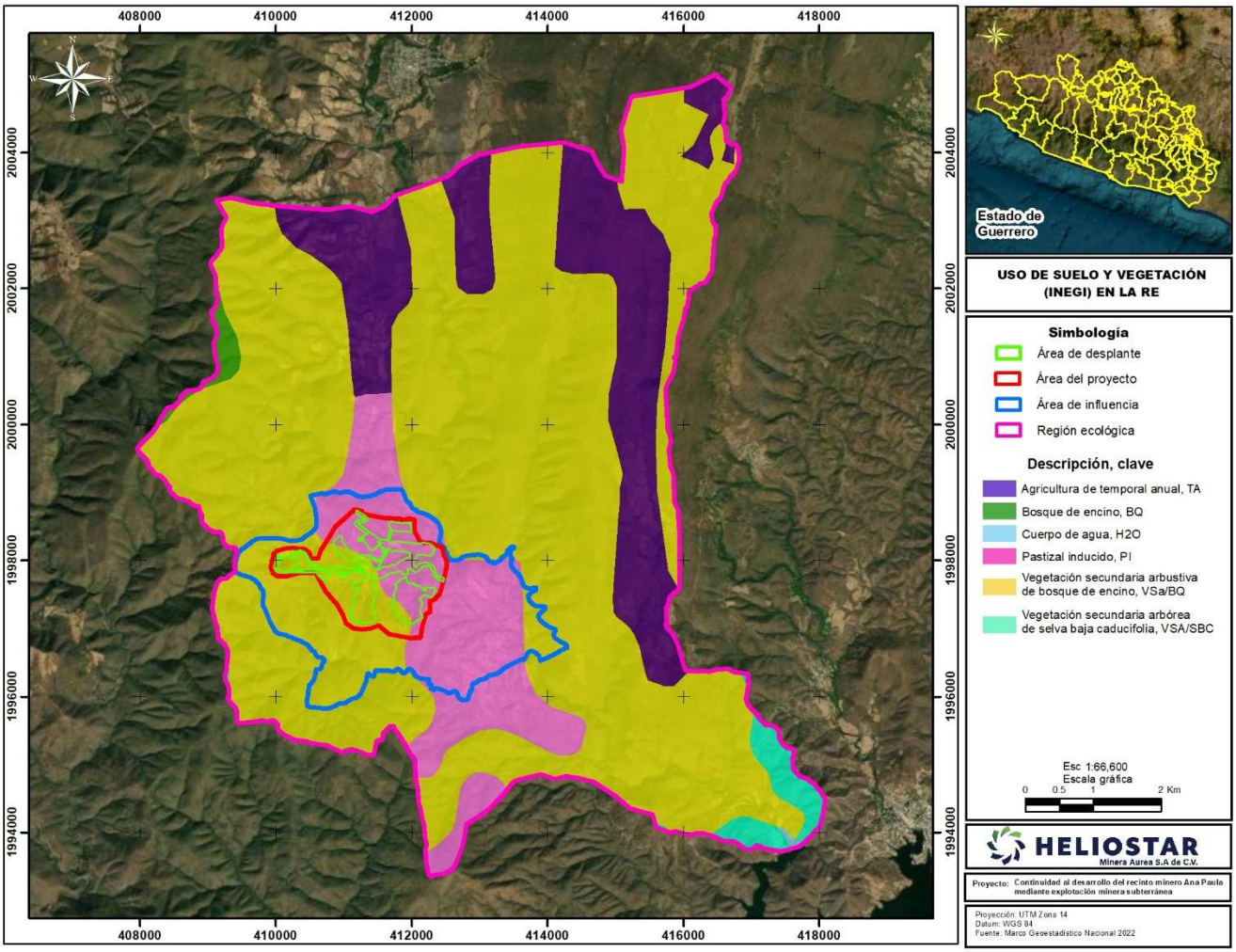


Figura 6. Uso de suelo y vegetación del área de estudio de acuerdo con el INEGI.

En seguida se presenta la descripción de estos usos de suelo y vegetación presentes en la RE según el INEGI.

- Desprovisto de vegetación

Son áreas que carecen de cobertura vegetal. Dentro de la RE y AI, estas áreas corresponden a vialidades, caminos, brechas áreas en donde no hay un uso aparente.

- Asentamientos humanos

Un asentamiento humano se define como el establecimiento de un conglomerado demográfico, con el conjunto de sus sistemas de convivencia, en un área físicamente localizada, considerando dentro de la misma los elementos naturales y las obras materiales que la integran, (SNIEG, 2010).

Dentro de la RE y AI este uso corresponde a las diferentes localidades: Ojo de Agua, San Luis y Tomixtlahuacán.

- Pastizal inducido

Esta comunidad dominada por gramíneas o graminoides aparece como consecuencia del desmonte de cualquier tipo de vegetación; también puede establecerse en áreas agrícolas abandonadas o bien como producto de áreas que se incendian con frecuencia.

Los pastizales inducidos algunas veces corresponden a una fase de la sucesión normal de comunidades vegetales, cuyo clímax es por lo común un bosque o un matorral. A consecuencia del pastoreo intenso o de los fuegos periódicos, o bien de ambos factores juntos, se detiene a menudo el proceso de la sucesión y el pastizal inducido permanece como tal mientras perdura la actividad humana que lo mantiene. Otras veces el pastizal inducido 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.

- Agricultura

Agricultura de temporal: tipo de agricultura de todos aquellos terrenos donde el ciclo vegetativo de los cultivos depende del agua de lluvia, por lo que su éxito está en función de la cantidad de precipitación y de la capacidad del suelo para retener el agua, su clasificación es independiente del tiempo que dura el cultivo en el suelo, puede llegar a más de diez años, en el caso de los frutales, o bien por periodos dentro de un año como los cultivos de verano. Incluye los que reciben agua invernal como el garbanzo. Estas zonas, para ser clasificadas como de temporal deberán permanecer sembradas al menos un 80% del ciclo agrícola. Pueden ser áreas de monocultivo o de policultivo y pueden combinarse con pastizales o bien estar mezcladas con zonas de riego, lo que conforma un mosaico complejo, difícil de separar, pero que generalmente presenta dominancia de los cultivos cuyo crecimiento depende del agua de lluvia.

Por su duración, los cultivos se clasifican en:

Anuales: son aquellos cuyo ciclo vegetativo dura solamente un año, por ejemplo, maíz, trigo, sorgo.

Semipermanentes: su ciclo vegetativo dura entre dos y diez años, como el caso de la papaya, la piña y la caña de azúcar.

Permanentes: la duración del cultivo es superior a diez años, como el caso del agave, el coco y frutales como el aguacate.

- Bosque de encino

Comunidades vegetales distribuidas en los macizos montañosos de México, en la Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental, Eje Neovolcánico y Sierra Madre del Sur, Sierra Norte de Oaxaca en los estados de Baja California, Baja California Sur, Nuevo León, Veracruz, Oaxaca, Michoacán México, Jalisco, Guerrero, entre otros, a excepción de la península de Yucatán. En climas cálidos, templados

húmedos, subhúmedos a secos, con temperaturas anuales que va 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 3000 m de altitud. Preferentemente se encuentra sobre la exposición norte y oeste, pero se le puede encontrar en otras. Este tipo de vegetación se ha observado en diferentes clases de roca madre, tanto ígneas, sedimentarias y metamórficas, en suelos profundos o someros como regosoles, leptosoles, cambisoles, andosoles, luvisoles, entre otros. Estas comunidades están formadas por diferentes especies de encinos o robles del género Quercus (más de 200 especies en México); estos bosques generalmente se encuentran como una transición entre los bosques de coníferas y las selvas, el tamaño varía desde los 4 hasta los 30 m de altura desde abiertos a muy densos. En general, este tipo de comunidad se encuentra muy relacionada con los de pino, formando una serie de mosaicos complejos.

Las especies más comunes de estas comunidades son encino laurelillo (Quercus laurina), encino nopis (Q. magnoINEGI. Guía para la interpretación de cartografía Uso del suelo y vegetación Escala 1:250 000 Serie V. liifolia), 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 y en zona tropicales Quercus oleoides. Son arboles perennifolios o caducifolios con un periodo de floración y fructificación variable, pero generalmente la floración se da en la época seca del año de diciembre a marzo, y los frutos maduran entre junio y agosto.

- Selva baja caducifolia

La selva baja caducifolia se desarrolla en condiciones climáticas en donde predominan los tipos cálidos subhúmedos, semisecos o subsecos. El más común es Aw, aunque también se presenta BS y Cw. La temperatura media anual oscila entre los 18 a 28°C. Las precipitaciones anuales se encuentran entre 300 a 1 500mm. Con una estación seca bien marcada que va de 6 a 8 meses la cual es muy severa. Se le encuentra desde el nivel del mar hasta unos 1 900 m, rara vez hasta 2 000 m de altitud, principalmente sobre laderas de cerros con suelos de buen drenaje.

Los componentes arbóreos de esta selva presentan baja altura, normalmente de 4 a 10 m (eventualmente hasta 15m). El estrato herbáceo es bastante reducido y sólo se puede apreciar después de que ha empezado claramente la época de lluvias y retoñan o germinan las especies herbáceas. Las formas de vidas crasas y suculentas son frecuentes, especialmente en los géneros Agave, Opuntia, Stenocereus y Cephalocereus. En este tipo de selva son comunes: *Bursera simaruba* (chaka, palo mulato); *Bursera sp.* (cuajiote, papelillo, copal, chupandia*); Lysiloma sp*. (tsalam, tepeguaje); *Jacaratia mexicana* (bonete); *Ceiba sp.* (yaaxche, pochote); *Bromelia penguin* (chom); *Pithecellobium keyense* (chukum); *Ipomoea sp*. (cazahuate); *Pseudobombax sp*. (amapola, clavellina); *Cordia sp*. (ciricote, cuéramo); *Havardia acatlensis* (barbas de chivo); *Amphipterygium adstringens* (cuachalalá); *Leucaena leucocephala* (waxim, guaje); *Erythrina sp*. (colorín), *Lysiloma divaricatum, Ocotea tampicensis, Acacia coulteri, Beaucarnea inermis, Lysiloma acapulcense, Zuelania guidonia, Pseudophoenix sargentii* (kuká), *Beaucarnea pliabilis, Guaiacum sancturm, Plumeria obtusa, Caesalpinia vesicaria, Ceiba aesculifolia, Diospyros cuneata, Hampea trilobata, Maclura tinctoria, Metopium brownei, Parmenteria aculeata, Piscidia piscipula, Alvaradoa amorphoides* (camarón o plumajillo), *Heliocarpus terebinthinaceus* (namo), *Fraxinus purpusii* (aciquité o saucillo), *Lysiloma acapulcense* (tepeguaje), *Haematoxylum campechianum, Ceiba acuminata* (mosmot o lanita), *Cochlospermum vitifolium, Pistacia mexicana* (achín), *Bursera bipinnata* (copalillo), *Sideroxylon celastrinum* (rompezapote), *Gyrocarpus jatrophifolius* (tincui, San Felipe), *Swietenia humilis* (caoba), *Bucida machrostachya* (cacho de toro), *Euphorbia*

pseudofulva (cojambomó de montaña), *Lonchocarpus longipedicellatus, Hauya microcerata* (yoá), *Colubrina arborescens* (cascarillo) *Lonchocarpus minimiflorus* (ashicana), *Ficus aurea* (higo), *Gymnopodium floribundum* (aguana), *Leucanea collinsii* (guaje), *Leucanea esculenta* (guaje blanco), *Lysiloma microphyllum, Jatropha cinerea, Cyrtocarpa edulis, Bursera laxiflora, Lysiloma candidum, Cercidium peninsulare, Leucaena lanceolata, Senna atomaria, Prosopis palmeri, Esenbeckia flava, Sebastiania bilocularis, Bursera microphylla, Plumeria rubra, Bursera odorata, Bursera excelsa var. Favonialis* (copal), *Bursera fagaroides var. elongata y Bursera fagaroides var. purpusii, Comocladia engleriana, Cyrtorcarpa procera, Lonchocarpus eriocarinalis, Pseudosmodingium perniciosum, Spondias purpurea, Trichilia americana, Bursera longipes, B. morelensis, B. fagaroides, B. lancifolia, B. copallifera, B. vejarvazquesii, B. submoniliformis, B. bipinnata, B. bicolor, Ceiba aesculifolia subsp. parvifolia, Ipomoea murucoides, Merremia aegyptia, I. wolcottiana, I. arborescens, Brahea dulcis* (palma de sombrero), *Thevetia ovata, Indigofera platycarpa, Calliandra grandiflora, Celtis iguanaea, Diphysa floribunda, Bonelllia macrocarpa, Malpighia mexicana Pseudobombax ellipticum, Crateva palmeri. C. tapia, Guazuma ulmifolia, Cordia dentata, Parkinsonia florida, Acacia farnesiana, Prosopis laevigata, Licania arborea, Prosopis juliflora, Pithecellobium dulce, Zygia conzattii, Achatocarpus nigricans* (limoncillo), *Coccoloba caracasana* (papaturro), C*. floribundia* (carnero), *Randia armata* (crucecita), *Rauvolfia tetraphylla* (coralillo), *Trichilia hirta, T. trifolia* (mapahuite); además, de cactáceas como *Pereskia lychnidiflora, Pachycereus sp.* (cardón); *Stenocereus sp., Cephalocereus spp, Pilosocereus gaumeri, Stenocereus griseus, Acanthocereus tetragonus, Pachycereus pecten-aboriginum y Pterocereus gaumeri.* Los bejucos son abundantes y las plantas epífitas se reducen principalmente a pequeñas bromeliáceas como *Tillandsia sp.,* cactáceas y algunas orquídeas.

De acuerdo con el INEGI esta puede estar en un estado sucesional secundario cuando ha sufrido un disturbio que altera su estructura o incluso cambian la composición florística de la comunidad, entre alguno de esos elementos podemos citar: Incendios, huracanes, erupciones, heladas, nevadas, sequías, inundaciones, deslaves, plagas, variaciones climáticas, etcétera.

Actualmente y a causa de la actividad humana, la definición y determinación 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 de definir los tipos de fases sucesionales, dada su heterogeneidad florística y ecológica y su difícil interpretación, aún en campo; se consideran con base en las formas de vida presentes y su altura tres fases: *vegetación secundaria herbácea, vegetación secundaria arbustiva y vegetación secundaria arbórea*.

III.3. Especies potenciales

III.3.1. Flora

Con la finalidad de presentar información de manera integral de la diversidad vegetal, se elaboró un listado de especies florísticas con distribución potencial en las áreas del Proyecto, AI y RE, para lo cual se consultaron diferentes bases de datos de colecciones científicas, tales como Global Biodiversity Information Facility (GBIF[1]), Integrated Digitalized Biocollections[2] (iDigBio), el Sistema Nacional de

[1]GBIF. https://www.gbif.org/
[2]INDIGBIO. https://www.idigbio.org/

Información sobre Biodiversidad de México[3] (SNIB) y Naturalista[4] de CONABIO; estas bases de datos incluyen información a nivel nacional e internacional, concentra todos los registros provenientes de colecciones científicas y cuenta con registros georreferenciados.

Como resultado de la revisión bibliográfica realizada, se obtuvo el registro de 76 especies correspondientes a 59 géneros, 30 familias, 18 órdenes y una clase; dicho listado corresponde a registros presentes en la RE, AI y AP, pero también en las proximidades de la RE fuera de esta, se señala que se consideraron estos registros puesto que se encuentran en usos de suelo similares a los presentes en la RE y dada los escases de registros al interior del área de estudio.

En la siguiente tabla se muestra el listado de las especies, indicándose su clasificación taxonómica, nombre común, forma de crecimiento, ambiente, categorías de riesgo y distribución, de estas se indican aquellas que incidieron en la RE, AI o AP. Como se observa, se registraron 3 especies presentes en alguna categoría de riesgo de la NOM-059 así como 22 especies endémicas.

[3]SNIB. https://www.snib.mx/
[4]Naturalista. https://www.naturalista.mx/

Tabla 1. Listado de especies de flora registradas bibliográficamente para el área de estudio.

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Forma de crecimiento	Ambiente	NOM 059[5]	IUCN[6]	CITES	Distribución[7]
Arecales	Arecaceae	*Chamaedorea tepejilote*	Cola de pescado	Arbusto; Palma	Terrestre	-	LC	-	N
Asparagales	Asparagaceae	*Agave angustifolia rubescens*	Maguey	Rosetófila; Suculenta	Terrestre	-	LC	-	End
Asterales	Asteraceae	*Brickellia diffusa*	-	Hierba anual; Hierba perenne	Terrestre	-	-	-	N
Asterales	Asteraceae	*Carminatia alvarezii*	-	-	Terrestre	-	-	-	End
Asterales	Asteraceae	*Sanvitalia procumbens*	Baakem boox (Maya)	Hierba anual	Terrestre	-	-	-	N
Asterales	Asteraceae	*Sclerocarpus papposus*	-	-	Terrestre	-	-	-	End
Asterales	Asteraceae	*Tithonia rotundifolia*	Acahual	Hierba anual; Hierba perenne	Terrestre	-	-	-	N
Brassicales	Caricaceae	*Jacaratia mexicana*	Bonete	Árbol; Arborescente	Terrestre	-	LC	-	N
Caryophyllales	Cactaceae	*Opuntia karwinskiana*	Lengua de vaca	Arbusto; Suculenta	Terrestre	-	-	Apéndice II	End
Caryophyllales	Polygonaceae	*Coccoloba barbadensis*	Boliche	Árbol; Arbusto	Dulceacuícola; Terrestre	-	LC	-	N
Commelinales	Commelinaceae	*Commelina erecta*	Atlic (NÃ¡huatl)	Hierba perenne	Dulceacuícola; Terrestre	-	-	-	N
Fabales	Fabaceae	*Acacia cochliacantha*	Chi'may (Maya)	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	-	-	N
Fabales	Fabaceae	*Acacia coulteri*	Acacia	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	LC	-	N
Fabales	Fabaceae	*Acacia pennatula*	Acacia	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	LC	-	N
Fabales	Fabaceae	*Aeschynomene americana flabellata*	Pegajosa	Hierba perenne; Sufrútice	Terrestre	-	-	-	N
Fabales	Fabaceae	*Bauhinia pauletia*	Pata de cabra	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	LC	-	N
Fabales	Fabaceae	*Caesalpinia pulcherrima*	Bandaa-yu (Zapoteco)	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	LC	-	N
Fabales	Fabaceae	*Desmodium glabrum*	K'iin taj (Maya)	Hierba perenne	Terrestre	-	-	-	N
Fabales	Fabaceae	*Eysenhardtia polystachya*	Coatl (NÃ¡huatl)	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	LC	-	N
Fabales	Fabaceae	*Eysenhardtia texana*	Palo dulce	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	LC	-	N
Fabales	Fabaceae	*Haematoxylum brasiletto*	Azulillo	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	LC	-	N
Fabales	Fabaceae	*Lachesiodendron viridiflorum*	Tepeguaje	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	LC	-	N
Fabales	Fabaceae	*Lackeya viridiflora*	-	Liana	Terrestre	-	-	-	End
Fabales	Fabaceae	*Lonchocarpus rugosus apricus*	Mata buey	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	LC	-	N
Fabales	Fabaceae	*Lysiloma acapulcense*	Cacho de toro	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	LC	-	N

[5] Categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010: A: amenazada.
[6] Categoría en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Vida Silvestre: LC: Preocupación Menor, NT: Casi Amenazada, VU: Vulnerable.
[7] Distribución: N: nativa, End: endémica, I: invasora, Ex: exótica.

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Forma de crecimiento	Ambiente	NOM 059[5]	IUCN[6]	CITES	Distribución[7]
Fabales	Fabaceae	*Lysiloma divaricatum*	Espina blanca	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	LC	-	N
Fabales	Fabaceae	*Lysiloma tergeminum*	Palo blanco	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	LC	-	End
Fabales	Fabaceae	*Mimosa affinis*	Dormilona	Hierba; Sufrútice	Terrestre	-	-	-	N
Fabales	Fabaceae	*Mimosa benthamii*	Espina de herrero	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	LC	-	End
Fabales	Fabaceae	*Mimosa galeottii*	Espino	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	LC	-	End
Fabales	Fabaceae	*Phaseolus leptostachyus*	-	Hierba perenne; Rastrera; Trepadora	Terrestre	-	LC	-	N
Fabales	Fabaceae	*Phaseolus microcarpus*	-	Hierba anual; Trepadora	Terrestre	-	LC	-	End
Fabales	Fabaceae	*Tamarindus indica*	Pachuhuc (Maya)	Árbol	Terrestre	-	-	-	Ex
Gentianales	Apocynaceae	*Polystemma guatemalense*	-	Liana	Terrestre	-	-	-	N
Gentianales	Apocynaceae	*Tabernaemontana glabra*	Chiquilillo	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	LC	-	N
Gentianales	Rubiaceae	*Crusea setosa*	-	Hierba anual; Hierba perenne	Dulceacuícola; Terrestre	-	-	-	N
Gentianales	Rubiaceae	*Eumachia microdon*	Baake aak' (Maya)	Árbol; Arbusto; Hierba	Terrestre	-	LC	-	End
Gentianales	Rubiaceae	*Hamelia patens*	Aretillo	Árbol; Arbusto; Hierba	Terrestre	-	LC	-	N
Lamiales	Acanthaceae	*Ruellia foliosepala*	-	-	Terrestre	-	-	-	End
Lamiales	Bignoniaceae	*Handroanthus chrysanthus*	Ahan-ché (Maya)	Árbol; Arbusto	Terrestre	A	VU	Apéndice II	N
Lamiales	Bignoniaceae	*Handroanthus impetiginosus*	Amapa	Árbol	Terrestre	A	NT	Apéndice II	N
Lamiales	Bignoniaceae	*Jacaranda mimosifolia*	Azulillo	Árbol	Terrestre	-	-	-	Ex
Lamiales	Bignoniaceae	*Tecoma stans*	San francisco	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	LC	-	N
Lamiales	Gesneriaceae	*Achimenes grandiflora*	-	Hierba perenne	Terrestre	-	-	-	N
Lamiales	Gesneriaceae	*Eucodonia verticillata*	-	Geófita; Rizomatosa	Terrestre	-	-	-	End
Lamiales	Lamiaceae	*Vitex mollis*	Aceitunillo	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	LC	-	End
Lamiales	Verbenaceae	*Lantana achyranthifolia*	Hierba mariposa	Arbusto	Terrestre	-	-	-	N
Lamiales	Verbenaceae	*Priva lappulacea*	Cadillo	Hierba anual; Hierba perenne	Terrestre	-	-	-	N
Magnoliales	Annonaceae	*Annona macroprophyllata*	Anona	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	LC	-	N
Malpighiales	Chrysobalanaceae	*Microdesmia arborea*	Cacahoanantzi (NÃ¡huatl)	Árbol	Terrestre	A	LC	-	N
Malpighiales	Euphorbiaceae	*Cnidoscolus multilobus*	Ac (Huasteco)	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	LC	-	N
Malpighiales	Euphorbiaceae	*Dalembertia populifolia*	Jícama de cerro	Árbol; Arbusto; Hierba; Liana	Terrestre	-	-	-	End
Malpighiales	Malpighiaceae	*Gaudichaudia albida*	Aak' (Maya)	Liana	Terrestre	-	-	-	N
Malvales	Malvaceae	*Anoda cristata*	Alache	Hierba anual; Hierba perenne	Terrestre	-	-	-	N
Malvales	Malvaceae	*Guazuma ulmifolia*	Acashti (Totonaco)	Árbol; Arbusto	Dulceacuícola; Terrestre	-	LC	-	N

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Forma de crecimiento	Ambiente	NOM 059[5]	IUCN[6]	CITES	Distribución[7]
Malvales	Malvaceae	*Heliocarpus appendiculatus*	Balsa	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	LC	-	N
Malvales	Malvaceae	*Sida glabra*	Escobilla	Arbusto; Hierba perenne	Terrestre	-	-	-	N
Picramniales	Picramniaceae	*Alvaradoa amorphoides*	Ardillo	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	LC	-	N
Poales	Poaceae	*Zea mays mays*	Maíz ancho	Hierba anual	Terrestre	-	LC	-	N
Rosales	Cannabaceae	*Celtis iguanaea*	Acebuche	Árbol; Arbusto; Liana	Terrestre	-	LC	-	N
Rosales	Rhamnaceae	*Karwinskia humboldtiana*	Buayabito	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	LC	-	N
Santalales	Opiliaceae	*Agonandra racemosa*	Chicharroncillo	Árbol; Arbusto; Liana	Terrestre	-	LC	-	N
Sapindales	Anacardiaceae	*Pistacia mexicana*	Achín (Zoque)	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	NT	-	N
Sapindales	Anacardiaceae	*Pseudosmodingium perniciosum*	Cuajilote	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	LC	-	End
Sapindales	Burseraceae	*Bursera aptera*	Copal	Árbol	Terrestre	-	LC	-	End
Sapindales	Burseraceae	*Bursera bipinnata*	Chutama	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	LC	-	N
Sapindales	Burseraceae	*Bursera copallifera*	C'uajtsutacu (Tarasco)	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	LC	-	End
Sapindales	Burseraceae	*Bursera fagaroides*	Aceitillo	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	LC	-	N
Sapindales	Burseraceae	*Bursera glabrifolia*	Copal	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	LC	-	End
Sapindales	Burseraceae	*Bursera lancifolia*	Aceitillo	Árbol	Terrestre	-	LC	-	End
Sapindales	Burseraceae	*Bursera xochipalensis*	Cominillo	Árbol	Terrestre	-	VU	-	End
Sapindales	Sapindaceae	*Serjania schiedeana*	-	Liana	Terrestre	-	-	-	End
Sapindales	Sapindaceae	*Serjania triquetra*	Bejuco colorado	Arborescente; Arbusto; Liana	Terrestre	-	-	-	N
Solanales	Convolvulaceae	*Ipomoea bracteata*	Azalea de barranca	Arbusto; Liana	Terrestre	-	-	-	End
Solanales	Convolvulaceae	*Ipomoea wolcottiana*	Acote	Árbol; Arbusto	Terrestre	-	LC	-	N
Solanales	Solanaceae	*Physalis nicandroides*	Matapulgas	Hierba anual	Terrestre	-	LC	-	N

En el Anexo 9_5 Listado potencial, se presenta el listado, así como el archivo shapefile de los registros.

III.3.2. Fauna

Para conocer la diversidad de fauna silvestre dentro de la RE, se revisaron datos históricos en la base de datos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (SNIB) de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), asimismo, se consultó la base de datos del Global Biodiversity Information Facility (GBIF), que es una red internacional que mantiene el acceso libre a datos de distribución de especies en el mundo. En ambas bases de datos la consulta se realizó en agosto del 2026, se tomó como polígono para filtrar datos los límites del municipio de Cuetzala y los dos municipios colindantes, ya que de manera preliminar la información filtrada usando como polígono objetivo a la RE no arrojo datos suficientes para estructurar un listado potencial, por lo que, dado la similitud del territorio y ecosistemas, se amplió el polígono.

Se obtuvieron 350 especies reportadas de fauna silvestre, perteneciente al Phylum Chordata, de las cuales una pertenece a la Clase Actinopteri, 23 especies pertenecen a la Clase Amphibia; 233 de la Clase Aves; 46 de la Clase Mammalia y 47 especies de la Clase Reptilia.

Respecto al atributo de distribución, se encontró que se tienen un total de 249 especies nativas, siete especies consideradas con exótico-invasoras, 78 especies endémicas, 13 especies semiendémicas, y tres especies cuasiendémicas.

En cuanto a su estatus de protección por parte de la NOM-059-SEMARNAT-2010, se tiene un total de 60 especies dentro de alguna categoría de la norma, 14 de las especies dentro de la categoría de amenazada, cinco especies en peligro de extinción, y 41 especies sujetas a protección especial.

En cuanto al estatus de protección por parte de la IUCN, se registraron 16 especies con alguna categoría, nueve especies catalogadas como casi amenazada y una especie en peligro crítico, seis especies en categoría vulnerable.

Finalmente, para la categorización de CITES, se registraron 58 especies dentro de alguno de los apéndices, para el Apéndice I se registraron cinco especies, para el Apéndice II se registraron 50 especies, dentro del Apéndice III se registraron tres especies.

En la siguiente tabla se muestran las especies que se encuentran catalogadas en alguna categoría de protección por IUCN, CITES o la NOM-059-SEMARNAT-2010, mientras que, **En el Anexo 10.4 Listado potencial se presenta el listado completo.**

Tabla 2. Especies reportadas para el área de estudio que se encuentran catalogadas en alguna categoría de protección por IUCN, CITES o la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común	NOM-059[8]	UICN[9]	CITES[10]
Amphibia	Anura	Craugastoridae	*Craugastor saltator*	Rana ladradora	Pr	EN	SC
Amphibia	Anura	Eleutherodactylidae	*Eleutherodactylus nitidus*	Rana fisgona deslumbrante	Pr	LC	SC
Amphibia	Anura	Hylidae	*Dryophytes arenicolor*	Ranita de cañón	Pr	LC	SC
Amphibia	Anura	Hylidae	*Dryophytes walkeri*	Rana de árbol de Walker	P	VU	SC
Amphibia	Anura	Hylidae	*Smilisca baudinii*	Rana arborícola mexicana	Pr	LC	SC
Amphibia	Anura	Hylidae	*Tlalocohyla smithii*	Rana arborícola mexicana enana	Pr	LC	SC
Amphibia	Anura	Phyllomedusidae	*Agalychnis dacnicolor*	Ranita verduzca	SC	LC	Apéndice II
Amphibia	Anura	Ranidae	*Lithobates forreri*	Rana leopardo de Forrer	Pr	LC	SC
Amphibia	Anura	Ranidae	*Lithobates pustulosus*	Rana de rayas blancas	Pr	LC	SC
Amphibia	Anura	Ranidae	*Lithobates sierramadrensis*	Rana de la Sierra Madre Occidental	Pr	LC	SC
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	*Accipiter striatus*	Gavilán Pecho Canela	Pr	LC	Apéndice II
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	*Astur cooperii*	Gavilán de Cooper	Pr	LC	Apéndice II
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	*Buteo albonotatus*	Aguililla aura	Pr	LC	Apéndice II
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	*Buteo jamaicensis*	Aguililla cola roja	SC	LC	Apéndice II
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	*Buteo plagiatus*	Aguililla gris	SC	LC	Apéndice II
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	*Buteo platypterus*	Aguililla alas anchas	Pr	LC	Apéndice II
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	*Buteo swainsoni*	Aguililla de Swainson	Pr	LC	Apéndice II
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	*Buteogallus anthracinus*	Aguililla negra menor	Pr	LC	Apéndice II
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	*Buteogallus urubitinga*	Aguililla Negra Mayor	Pr	LC	Apéndice II
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	*Circus hudsonius*	Gavilán rastrero	SC	LC	Apéndice II
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	*Elanus leucurus*	Milano cola blanca	SC	LC	Apéndice II
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	*Geranoaetus albicaudatus*	Aguililla cola blanca	Pr	LC	Apéndice II
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	*Haliaeetus leucocephalus*	Águila cabeza blanca	P	LC	Apéndice II
Aves	Accipitriformes	Pandionidae	*Pandion haliaetus*	Águila Pescadora	SC	LC	Apéndice II
Aves	Anseriformes	Anatidae	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije Alas Blancas	SC	LC	Apéndice III

[8] NOM-059-SEMARNAT-2010: SC-sin categoría, A-amenazada, Pr-protección especial, P: en peligro de extinción
[9] IUCN: Lc-preocupación menor, NT-casi amenazado, VU-vulnerable, CR-peligro crítico, EN-en peligro.
[10] CITES: SC-sin categoría.

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común	NOM-059[8]	UICN[9]	CITES[10]
Aves	Anseriformes	Anatidae	*Dendrocygna bicolor*	Pijije canelo	SC	LC	Apéndice III
Aves	Apodiformes	Apodidae	*Streptoprocne semicollaris*	Vencejo nuca blanca	Pr	LC	SC
Aves	Apodiformes	Trochilidae	*Amazilia rutila*	Colibrí canelo	SC	LC	Apéndice II
Aves	Apodiformes	Trochilidae	*Archilochus alexandri*	Colibrí barba negra	SC	LC	Apéndice II
Aves	Apodiformes	Trochilidae	*Archilochus colubris*	Colibrí garganta rubí	SC	LC	Apéndice II
Aves	Apodiformes	Trochilidae	*Calothorax lucifer*	Colibrí lucifer	SC	LC	Apéndice II
Aves	Apodiformes	Trochilidae	*Cynanthus auriceps*	Esmeralda Occidental	SC	LC	Apéndice II
Aves	Apodiformes	Trochilidae	*Cynanthus latirostris*	colibrí pico ancho	SC	LC	Apéndice II
Aves	Apodiformes	Trochilidae	*Heliomaster constantii*	Colibrí Picudo Occidental	SC	LC	Apéndice II
Aves	Apodiformes	Trochilidae	*Phaeoptila sordida*	Colibrí opaco	SC	LC	Apéndice II
Aves	Apodiformes	Trochilidae	*Ramosomyia violiceps*	Colibrí Corona Violeta	SC	LC	Apéndice II
Aves	Apodiformes	Trochilidae	*Ramosomyia viridifrons*	Colibrí frente verde	A	LC	Apéndice II
Aves	Apodiformes	Trochilidae	*Saucerottia beryllina*	Colibrí berilo	SC	LC	Apéndice II
Aves	Apodiformes	Trochilidae	*Tilmatura dupontii*	Colibrí cola pinta	A	LC	Apéndice II
Aves	Charadriiformes	Charadriidae	*Charadrius vociferus*	Chorlo tildío	SC	NT	SC
Aves	Charadriiformes	Scolopacidae	*Calidris mauri*	Playero Occidental	A	LC	SC
Aves	Charadriiformes	Scolopacidae	*Calidris minutilla*	Playero Diminuto	SC	NT	SC
Aves	Charadriiformes	Scolopacidae	*Limnodromus scolopaceus*	Costurero pico largo	SC	NT	SC
Aves	Charadriiformes	Scolopacidae	*Tringa flavipes*	Patamarilla menor	SC	VU	SC
Aves	Charadriiformes	Scolopacidae	*Tringa melanoleuca*	Patamarilla mayor	SC	NT	SC
Aves	Ciconiiformes	Ciconiidae	*Mycteria americana*	Cigüeña americana	Pr	LC	SC
Aves	Falconiformes	Falconidae	*Caracara plancus*	Caracara quebrantahuesos	SC	LC	Apéndice II
Aves	Falconiformes	Falconidae	*Falco columbarius*	Halcón esmerejón	SC	LC	Apéndice II
Aves	Falconiformes	Falconidae	*Falco peregrinus*	Halcón peregrino	Pr	LC	Apéndice I
Aves	Falconiformes	Falconidae	*Falco sparverius*	Cernícalo americano	SC	LC	Apéndice II
Aves	Falconiformes	Falconidae	*Herpetotheres cachinnans*	Halcón guaco	SC	LC	Apéndice II
Aves	Passeriformes	Cardinalidae	*Amaurospiza concolor*	Semillero Azul	P	LC	SC
Aves	Passeriformes	Cardinalidae	*Passerina ciris*	Colorín sietecolores	Pr	LC	SC
Aves	Passeriformes	Icteridae	*Euphagus cyanocephalus*	Tordo Ojos Amarillos	SC	NT	SC
Aves	Passeriformes	Laniidae	*Lanius ludovicianus*	Verdugo Americano	SC	NT	SC

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común	NOM-059[8]	UICN[9]	CITES[10]
Aves	Passeriformes	Parulidae	*Geothlypis tolmiei*	Chipe lores negros	A	LC	SC
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	*Xenotriccus mexicanus*	Mosquero del Balsas	Pr	LC	SC
Aves	Passeriformes	Vireonidae	*Vireo brevipennis*	Vireo pizarra	A	LC	SC
Aves	Piciformes	Picidae	*Campephilus guatemalensis*	Carpintero Pico Plateado	Pr	LC	SC
Aves	Podicipediformes	Podicipedidae	*Tachybaptus dominicus*	Zambullidor Menor	Pr	LC	SC
Aves	Psittaciformes	Psittacidae	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca	Pr	LC	Apéndice II
Aves	Psittaciformes	Psittacidae	*Ara militaris*	Guacamaya verde	P	VU	Apéndice I
Aves	Psittaciformes	Psittacidae	*Eupsittula canicularis*	Perico frente naranja	Pr	VU	Apéndice II
Aves	Strigiformes	Strigidae	*Athene cunicularia*	Tecolote llanero	SC	LC	Apéndice II
Aves	Strigiformes	Strigidae	*Glaucidium brasilianum*	Tecolote bajeño	SC	LC	Apéndice II
Aves	Strigiformes	Strigidae	*Glaucidium palmarum*	Tecolote colimense	A	LC	Apéndice II
Aves	Strigiformes	Strigidae	*Megascops seductus*	Tecolote del Balsas	A	LC	Apéndice II
Aves	Strigiformes	Strigidae	*Micrathene whitneyi*	Tecolote enano	SC	LC	Apéndice II
Aves	Strigiformes	Strigidae	*Strix virgata*	Búho café	SC	LC	Apéndice II
Aves	Strigiformes	Tytonidae	*Tyto furcata*	Lechuza de campanario	SC	LC	Apéndice II
Mammalia	Carnivora	Felidae	*Herpailurus yagouaroundi*	Yaguarundí	A	LC	Apéndice I
Mammalia	Carnivora	Felidae	*Leopardus pardalis*	Ocelote	Pr	LC	Apéndice I
Mammalia	Carnivora	Felidae	*Leopardus wiedii*	Gato pintado	P	NT	Apéndice I
Mammalia	Carnivora	Felidae	*Puma concolor*	Puma	SC	LC	Apéndice II
Mammalia	Carnivora	Mephitidae	*Spilogale pygmaea*	Zorrillo pigmeo	A	VU	SC
Mammalia	Carnivora	Procyonidae	*Nasua narica*	Coatí	SC	LC	Apéndice III
Mammalia	Chiroptera	Phyllostomidae	*Leptonycteris yerbabuenae*	Murciélago magueyero menor	Pr	NT	SC
Mammalia	Eulipotyphla	Soricidae	*Megasorex gigas*	Musaraña sureña	A	LC	SC
Mammalia	Lagomorpha	Leporidae	*Lepus callotis*	Liebre torda	SC	VU	SC
Mammalia	Rodentia	Geomyidae	*Orthogeomys grandis*	Tuza mayor	A	LC	SC
Reptilia	Squamata	Anolidae	*Anolis microlepidotus*	Abaniquillo guerrerense de encino	A	LC	SC
Reptilia	Squamata	Bipedidae	*Bipes canaliculatus*	Lagartija topo cuatro dedos	Pr	LC	SC
Reptilia	Squamata	Boidae	*Boa imperator*	Mazacuata	A	LC	Apéndice II
Reptilia	Squamata	Boidae	*Boa sigma*	Mazacuata	SC	LC	Apéndice II

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común	NOM-059[8]	UICN[9]	CITES[10]
Reptilia	Squamata	Colubridae	*Pseudoleptodeira latifasciata*	Culebra ojo de gato falsa cabeza roja	Pr	LC	SC
Reptilia	Squamata	Colubridae	*Salvadora mexicana*	Culebra chata del Pacífico	Pr	LC	SC
Reptilia	Squamata	Colubridae	*Tantilla calamarina*	Culebrita cabeza negra del Pacífico	Pr	LC	SC
Reptilia	Squamata	Dipsadidae	*Rhadinaea hesperia*	Culebra rayada occidental	Pr	LC	SC
Reptilia	Squamata	Elapidae	*Micrurus laticollaris*	Coralillo del Balsas	Pr	LC	SC
Reptilia	Squamata	Helodermatidae	*Heloderma horridum*	Lagarto de chaquira	A	LC	Apéndice II
Reptilia	Squamata	Iguanidae	*Ctenosaura pectinata*	iguana mexicana de cola espinosa	A	LC	Apéndice II
Reptilia	Squamata	Iguanidae	*Iguana rhinolopha*	Iguana verde	Pr	LC	Apéndice II
Reptilia	Squamata	Loxocemidae	*Loxocemus bicolor*	Serpiente chatilla	Pr	LC	Apéndice II
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	*Phrynosoma asio*	Camaleón gigante	Pr	LC	Apéndice II
Reptilia	Squamata	Phyllodactylidae	*Phyllodactylus bordai*	Salamanquesa del Alto Balsas	Pr	LC	SC
Reptilia	Squamata	Scincidae	*Mesoscincus altamirani*	Eslizón occidental	Pr	DD	SC
Reptilia	Squamata	Teiidae	*Aspidoscelis costatus*	Huico llanero	Pr	LC	SC
Reptilia	Squamata	Viperidae	*Agkistrodon bilineatus*	Pichicuata	Pr	NT	SC
Reptilia	Squamata	Viperidae	*Crotalus culminatus*	Cascabel tropical del Pacífico	Pr	SC	SC
Reptilia	Testudines	Kinosternidae	*Kinosternon integrum*	Tortuga pecho quebrado mexicana	Pr	LC	Apéndice II

III.4. Resumen y metodología de muestreos en el Área del Proyecto (AP), Área de Influencia (AI) y Región Ecológica (RE)

<table>
<tr><th>Componente</th><th>Tipos (Aleatorio, Simple, Sistemático, otro)</th><th>Métodos (Transecto, lineal, área, puntual)</th><th>Número de sitios de muestreo</th><th>Horario de muestreo (diurno, nocturno)</th><th>Estacionalidad (lluvias, secas, primavera, verano, otoño, invierno)</th><th>Fecha de realización y esfuerzo del muestreo</th><th>Comunidad Perenne o estacional</th><th>Comunidad Acuática o terrestre</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Flora</td><td rowspan="2">Aleatorio simple</td><td rowspan="2">Cuadrante</td><td>Temporada de lluvias
<table><tr><th>Área de estudio</th><th>Selva baja caducifolia</th><th>Vegetación secundaria de selva baja caducifolia</th></tr><tr><td>AP</td><td>52</td><td>1</td></tr><tr><td>AI</td><td>30</td><td>2</td></tr><tr><td>RE</td><td>45</td><td>0</td></tr><tr><td>Total</td><td>127</td><td>3</td></tr></table></td><td>Diurno</td><td>Lluvias</td><td>19 de agosto al 1 de septiembre 2025.</td><td rowspan="2">Perenne</td><td rowspan="2">Terrestre</td></tr>
<tr><td>Temporada de secas
<table><tr><th>Área de estudio</th><th>Selva baja caducifolia</th></tr><tr><td>AP</td><td>15</td></tr><tr><td>AI</td><td>4</td></tr><tr><td>RE</td><td>10</td></tr><tr><td>Total</td><td>29</td></tr></table></td><td>Diurno</td><td>Secas</td><td>19 al 24 de mayo 2026.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Fauna</td><td rowspan="3">Direccionado</td><td>Transectos de búsqueda intensiva</td><td><table><tr><th colspan="2">AP</th><th colspan="2">RE-AI</th></tr><tr><th>Lluvias</th><th>Secas</th><th>Lluvias</th><th>Secas</th></tr><tr><td>23</td><td>25</td><td>27</td><td>34</td></tr></table></td><td>Diurno y nocturno</td><td>Lluvias</td><td>20 al 30 de agosto 2025.</td><td rowspan="3">Perenne</td><td rowspan="3">Terrestre</td></tr>
<tr><td>Estaciones de monitoreo acústico</td><td><table><tr><th>AP</th><th>RE-AI</th></tr><tr><td>2</td><td>2</td></tr></table></td><td>Nocturno</td><td>Secas</td><td>19 al 27 de mayo 2026.
21 y 22 de mayo 2026.</td></tr>
<tr><td>Fototrampeo</td><td><table><tr><th colspan="2">AP</th><th colspan="2">RE-AI</th></tr><tr><th>Lluvias</th><th>Secas</th><th>Lluvias</th><th>Secas</th></tr><tr><td>5</td><td>5</td><td>6</td><td>14</td></tr></table></td><td>Diurno y nocturno</td><td>Lluvias</td><td>20 de agosto al 18 de septiembre 2025.</td></tr>
</table>

Componente	Tipos (Aleatorio, Simple, Sistemático, otro)	Métodos (Transecto, lineal, área, puntual)	Número de sitios de muestreo	Horario de muestreo (diurno, nocturno)	Estacionalidad (lluvias, secas, primavera, verano, otoño, invierno)	Fecha de realización y esfuerzo del muestreo	Comunidad Perenne o estacional	Comunidad Acuática o terrestre
					Secas	20 de mayo a 17 de junio 2026.		

III.5. Especies identificadas en campo endémicas o que se encuentren en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010

III.5.1. Flora

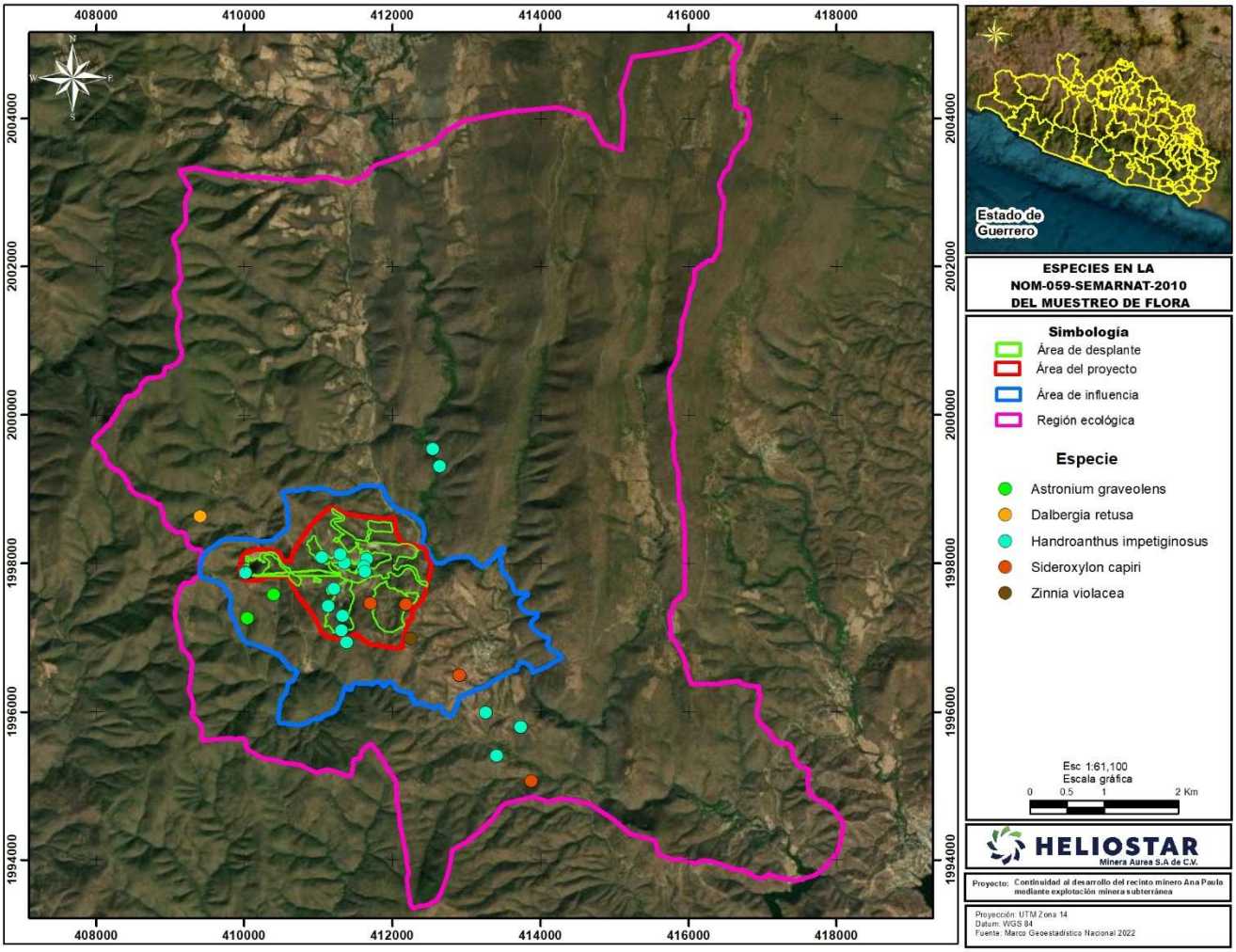
Derivado de los muestreos realizados se identificaron 5 especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales 2 estuvieron presentes en el AP: *Handroanthus impetiginosus* y *Sideroxylon capiri*, sin embargo, sólo la primera estuvo presente en las áreas sujetas a CUSTF; dichas especies se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3. Especies de flora en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Familia	Especie	Nombre común	NOM-059	RE	AI	AP	CUSTF
Anacardiaceae	*Astronium graveolens*	Amargoso	A	0	1	0	0
Fabaceae	*Dalbergia retusa*	Cocobolo	A	1	0	0	0
Bignoniaceae	*Handroanthus impetiginosus*	Tlameyahual	A	1	1	1	1
Sapotaceae	*Sideroxylon capiri*	Tempisque	A	1	1	1	0
Asteraceae	*Zinnia violacea*	Mal de Ojo	A	0	1	0	0

En seguida se presenta el mapa de distribución de estas especies en riesgo según los sitios en los cuales fueron registradas.

Figura 7. Distribución de especies registradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.



Con respecto a las especies endémicas, fueron registradas 52 especies, de las cuales 40 estuvieron presentes en el AP y 27 específicamente en las áreas de CUSTF, esta lista se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 4. Especies de flora endémicas (1: presencia, 0: ausencia).

Familia	Especie	Nombre común	Distribución	RE	AI	AP	CUSTF
Euphorbiaceae	*Acalypha filipes*	-	End	0	1	0	0
Asparagaceae	*Agave rhodacantha*	Maguey mexicano	End	1	0	0	0
Anacardiaceae	*Amphipterygium adstringens*	Cuachalalate	End	0	0	1	0
Aristolochiaceae	*Aristolochia cardiantha*	Guaco del Balsas	End	1	0	0	0
Aristolochiaceae	*Aristolochia foetida*	Hierba del indio	End	0	0	1	0
Orchidaceae	*Barkeria vanneriana*	Cacho de vendo	End	0	0	1	0
Fabaceae	*Brongniartia montalvoana*	Quebracha	End	1	1	1	1
Burseraceae	*Bursera aptera*	Copal, copal goma	End	1	1	1	0
Burseraceae	*Bursera ariensis*	Copal amarillo	End	1	1	1	1
Burseraceae	*Bursera aspleniifolia*	Copal	End	1	0	0	0
Burseraceae	*Bursera bicolor*	Copal	End	1	1	1	0

Familia	Especie	Nombre común	Distribución	RE	AI	AP	CUSTF
Burseraceae	*Bursera confusa*	Papelillo	End	0	0	1	1
Burseraceae	*Bursera copallifera*	Copalillo	End	1	1	1	0
Burseraceae	*Bursera cuneata*	Copal del Centro	End	1	1	1	1
Burseraceae	*Bursera lancifolia*	Aceitillo	End	1	1	1	1
Burseraceae	*Bursera multifolia*	Copalillo hediondo	End	0	0	1	1
Burseraceae	*Bursera sarukhanii*	Copal	End	0	0	1	0
Burseraceae	*Bursera xochipalensis*	Cominillo	End	1	1	1	0
Fabaceae	*Caesalpinia platyloba*	Frijolillo, quebracho	End	1	0	1	1
Cactaceae	*Cephalocereus mezcalaensis*	Tetecho de Mezcala	End	1	0	0	0
Anacardiaceae	*Comocladia mollissima*	Tetlatle, incha huevos	End	1	0	1	1
Fabaceae	*Conzattia multiflora*	Árbol de Águila	End	1	1	1	1
Euphorbiaceae	*Croton morifolius*	Palillo	End	1	0	0	0
Lythraceae	*Cuphea glossostoma*	-	End	1	1	0	0
Anacardiaceae	*Cyrtocarpa procera*	Ciruelillo, coco de cerro	End	0	1	1	0
Fabaceae	*Dalbergia glabra*	Bejuco de Estribo	End	1	0	1	1
Fabaceae	*Eysenhardtia platicarpa*	Palo dulce	End	1	1	1	1
Apocynaceae	*Funastrum pannosum*	Cochinito	End	0	0	1	1
Orchidaceae	*Habenaria oreophila*	-	End	1	1	1	1
Fabaceae	*Havardia acatlensis*	Barba de Chivo	End	1	1	1	1
Polygalaceae	*Hebecarpa rivinifolia*	-	End	1	1	1	1
Malvaceae	*Heliocarpus occidentalis*	Guácima	End	1	1	1	1
Malvaceae	*Heliocarpus terebinthinaceus*	Cicuito	End	0	1	1	0
Convolvulaceae	*Ipomoea igualensis*	-	End	1	0	0	0
Krameriaceae	*Krameria lanceolata*	Raíz de Ciruelilla Ratania	End	0	1	0	0
Fabaceae	*Leucaena esculenta*	Guaje rojo	End	1	0	1	0
Fabaceae	*Lysiloma tergeminum*	Pata de cabra	End	1	1	1	1
Fabaceae	*Mimosa benthamii*	Tepehuiztle	End	0	1	1	0
Cactaceae	*Nopalea karwinskiana*	Nopal Lengua de Vaca	End	1	1	1	1
Asteraceae	*Perymenium macrocephalum*	-	End	0	1	0	0
Asteraceae	*Pittocaulon praecox*	Palo loco	End	1	1	1	0
Asteraceae	*Porophyllum calcicola*	Papalo	End	1	1	1	1
Anacardiaceae	*Pseudosmodingium perniciosum*	Cuajiote	End	1	1	1	1
Fagaceae	*Quercus magnoliifolia*	Encino amarillo	End	0	1	0	0
Acanthaceae	*Ruellia bourgaei*	-	End	1	1	1	1
Asteraceae	*Sclerocarpus papposus*	-	End	1	0	0	0
Euphorbiaceae	*Sebastiania pavoniana*	Frijol brincador	End	1	0	1	1
Apocynaceae	*Tabernaemontana tomentosa*	Vaquita	End	1	1	1	1
Acanthaceae	*Tetramerium glandulosum*	Hierba del jabalí	End	0	0	1	1
Commelinaceae	*Thyrsanthemum goldianum*	-	End	1	1	1	1
Lamiaceae	*Vitex mollis*	Coyotomate	End	1	1	1	1
Lamiaceae	*Vitex pyramidata*	Canelillo	End	0	1	1	1

Anexos flora

Anexo 9 Caracterización de vegetación (apartado IV.2.1.1 y V.3) y Anexo 9.3. Análisis estadístico que demuestre la representatividad de los muestreos realizados, incluyendo los métodos utilizados y memorias de cálculo.

Anexo 9.6 Mapas georreferenciados en UTM, Datum WGS84, en formato PDF y archivos en formato shapefile, KML/KMZ y CSV, de la ubicación de las especies identificadas en campo que se encuentren en alguna categoría de riesgo de acuerdo con el listado actualizado de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Anexo 9.4 Listado completo de especies identificadas en campo; así como la información de soporte de los resultados de los muestreos de flora.

Anexo 9.7 Mapas de ubicación georreferenciada en UTM, Datum WGS84, de sitios de muestreo e imágenes de referencia.

Anexo 9 Caracterización de vegetación (apartado V.7) y Anexo 9.4 / archivo "Individuos por remover". Listado completo de individuos por especie que se pretenden afectar, que contenga nombre científico, nombre común, categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, si corresponde a especie endémica, número de individuos por afectar, tipo de afectación, tipo de vegetación (forestal o no forestal).

III.5.2. Fauna

De las especies registradas durante el muestreo en campo se registraron especies que se encuentran dentro de alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010, 27 se encuentran dentro de la norma oficial mexicana, tres de ellas en categoría de amenazada, y 24 en protección especial.

Tabla 5. Especies de fauna en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Clase	Especie	Nombre común	NOM-059[11]	CITES	IUCN[12]	AP	RE
Reptilia	*Aspidoscelis costatus*	Huico llanero	Pr	-	LC	X	X
Reptilia	*Aspidoscelis guttatus*	Ticuiliche mexicano	Pr	-	LC	X	X
Mammalia	*Bassariscus sumichrasti*	Cacomixtle tropical	Pr	-	LC	X	X
Reptilia	*Boa imperator*	Mazacuata	A	Apéndice II	LC		X
Aves	*Buteo swainsoni*	Aguililla de Swainson	Pr	Apéndice II	LC	X	
Aves	*Buteogallus anthracinus*	Aguililla negra menor	Pr	Apéndice II	LC		X
Aves	*Buteogallus urubitinga*	Aguililla negra mayor	Pr	Apéndice II	LC		X
Aves	*Campephilus guatemalensis*	Carpintero pico plateado	Pr	-	LC	X	X
Amphibia	*Craugastor omiltemanus*	Rana ladrona de Omilteme	Pr	-	LC	X	X
Reptilia	*Crotalus culminatus*	Cascabel tropical del pacífico	Pr	-	LC		X
Reptilia	*Ctenosaura pectinata*	Iguana negra de cola espinosa	A	Apéndice II	LC	X	X
Amphibia	*Dryophytes arenicolor*	Ranita de cañón	Pr	-	LC	X	X

[11] NOM-059-SEMARNAT-2010: A-amenazada, Pr-protección especial, P: en peligro de extinción
[12] IUCN: LC-preocupación menor, NT-casi amenazado, VU-vulnerable, CR-peligro crítico, EN-en peligro.

Clase	Especie	Nombre común	NOM-059[11]	CITES	IUCN[12]	AP	RE
Amphibia	*Eleutherodactylus nitidus*	Rana fisgona deslumbrante	Pr	-	LC	X	X
Aves	*Eupsittula canicularis*	Perico frente naranja	Pr	Apéndice II	VU	X	X
Aves	*Heliomaster longirostris*	Colibri picudo coroniazul	Pr	Apéndice II	LC		X
Mammalia	*Herpailurus yagouaroundi*	Yaguarundí	A	Apéndice I	LC		X
Reptilia	*Kinosternon hirtipes*	Tortuga casquito de pata rugosa	Pr	Apéndice II	LC	X	X
Reptilia	*Kinosternon integrum*	Tortuga pecho quebrado mexicana	Pr	Apéndice II	LC		X
Amphibia	*Lithobates berlandieri*	Rana leopardo	Pr	-	LC		X
Amphibia	*Lithobates forreri*	Rana leopardo de Forrer	Pr	-	LC	X	X
Reptilia	*Loxocemus bicolor*	Serpiente chatilla	Pr	Apéndice II	LC	X	
Reptilia	*Phrynosoma asio*	Camaleón gigante	Pr	Apéndice II	LC	X	X
Reptilia	*Pseudoleptodeira latifasciata*	Culebra ojo de gato falsa cabeza roja	Pr	-	LC	X	
Reptilia	*Rhadinaea hesperia*	Culebra rayada occidental	Pr	-	LC		X
Reptilia	*Salvadora mexicana*	Culebra chata del pacífico	Pr	-	LC	X	X
Amphibia	*Smilisca baudinii*	Rana arborícola mexicana	Pr	-	LC	X	
Aves	*Xenotriccus mexicanus*	Mosquerito del balsas	Pr	-	LC	X	

La revisión de la distribución de las especies registradas en campo mostró que se tienen 114 especies nativas, 38 especies endémicas, una cuasiendémica y dos especies semiendémicas. En la siguiente tabla se presenta la lista de especies de interés por su endemismo.

Tabla 6. Especies de fauna endémicas.

Clase	***Especie***	Nombre común	Distribución	AP	RE
Amphibia	*Incilius marmoreus*	Sapo jaspeado	Endémica	X	X
Amphibia	*Incilius perplexus*	Sapo confuso	Endémica	X	X
Amphibia	*Craugastor occidentalis*	Rana ladradora costeña	Endémica	X	X
Amphibia	*Craugastor omiltemanus*	Rana ladrona de Omilteme	Endémica	X	X
Amphibia	*Eleutherodactylus nitidus*	Rana fisgona deslumbrante	Endémica	X	X
Amphibia	*Eleutherodactylus petersi*	Rana fisgona de peters	Endémica	X	
Amphibia	*Agalychnis dacnicolor*	Ranita verduzca	Endémica	X	X
Amphibia	*Lithobates forreri*	Rana leopardo de Forrer	Endémica	X	X
Amphibia	*Lithobates zweifeli*	Rana leopardo	Endémica	X	X
Aves	Phaeoptila sordida	Colibrí opaco	Endémica	X	
Aves	Momotus mexicanus	Momoto corona canela	Cuasiendémica	X	X
Aves	Ortalis poliocephala	Chachalaca pálida	Endémica	X	X
Aves	Philortyx fasciatus	Codorniz barrada	Endémica	X	X

Clase	*Especie*	Nombre común	Distribución	AP	RE
Aves	*Melanotis caerulescens*	Mulato azul	Endémica	X	
Aves	*Melozone kieneri*	Rascador Nuca Canela	Endémica		X
Aves	*Empidonax oberholseri*	Papamoscas Matorralero	Semiendémica		X
Aves	Passerina leclancherii	Colorín pecho naranja	Endémica	X	X
Aves	Lepidocolaptes leucogaster	Trepatroncos mexicano	Endémica		X
Aves	Peucaea humeralis	Zacatonero pecho negro	Endémica	X	X
Aves	Sporophila torqueola	Semillero de collar	Endémica	X	X
Aves	Turdus rufopalliatus	Mirlo dorso canela	Endémica	X	X
Aves	Tyrannus crassirostris	Tirano pico grueso	Semiendémica	X	
Aves	Xenotriccus mexicanus	Mosquerito del balsas	Endémica	X	
Aves	Melanerpes chrysogenys	Carpintero enmascarado	Endémica	X	X
Aves	Trogon citreolus	Coa citrina	Endémica	X	X
Mammalia	Molossus sinaloae	Murciélago mastín de Sinaloa	Endémica		X
Mammalia	Rhogeessa parvula	Murciélago amarillo menor	Endémica		X
Mammalia	Sylvilagus cunicularius	Conejo de monte	Endémica	X	X
Reptilia	Anolis nebulosus	Abaniquillo pañuelo del pacífico	Endémica		X
Reptilia	Salvadora mexicana	Culebra chata del pacífico	Endémica	X	X
Reptilia	Pseudoleptodeira latifasciata	Culebra ojo de gato falsa cabeza roja	Endémica	X	
Reptilia	Rhadinaea hesperia	Culebra rayada occidental	Endémica		X
Reptilia	Ctenosaura pectinata	Iguana negra de cola espinosa	Endémica	X	X
Reptilia	Sceloporus horridus	Lagartija espinosa del pacífico	Endémica	X	X
Reptilia	Sceloporus pyrocephalus	Lagartija espinosa de cabeza roja	Endémica	X	X
Reptilia	Urosaurus bicarinatus	Lagartija de árbol del Pacífico	Endémica	X	X
Reptilia	Marisora aquilonaria	Eslizón occidental	Endémica	X	X
Reptilia	Aspidoscelis costatus	Huico llanero	Endémica	X	X
Reptilia	Aspidoscelis guttatus	Ticuiliche mexicano	Endémica	X	X
Reptilia	Crotalus culminatus	Cascabel tropical del pacífico	Endémica		X
Reptilia	Kinosternon integrum	Tortuga pecho quebrado mexicana	Endémica		X

Anexos fauna

Anexo 10 Caracterización de fauna silvestre (apartados V.1.2 y V.3). Análisis estadístico que demuestre la representatividad de los muestreos realizados, incluyendo los métodos utilizados y memorias de cálculo.

Anexo 10.10 Mapas georreferenciados en UTM, Datum WGS84, en formato PDF y archivos en formato shapefile, KML/KMZ y CSV, de la ubicación de las especies identificadas en campo que se encuentren en alguna categoría de riesgo de acuerdo con el listado actualizado de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Anexo 10.6 Listado completo de especies identificadas en campo

Anexo 10.5 Información de soporte de los resultados de los muestreos de fauna

Anexo 10.8 y 10.9 Mapas de ubicación georreferenciada en UTM, Datum WGS84, de sitios de muestreo e imágenes de referencia y archivos shapefile.

III.6. Índices de diversidad biológica

III.6.1. Flora

En este apartado se presentan los índices de diversidad obtenidos por área de estudio, estrato y temporada.

Tabla 7. Índices de diversidad de flora.

Componente	Estrato	Nombre del índice	Parámetro	Valor del índice (ambas temporadas)		Valor del índice (temporada de lluvias)		Valor del índice (temporada de secas)		Análisis y conclusiones de los resultados de los índices
				AP	RE-AI	AP	RE-AI	AP	RE-AI	
Flora	Todos los estratos	Riqueza (S)	Riqueza total	147	179	134	167	61	51	De forma general el AP reporta 147 especies registradas en ambas temporadas y la RE-AI 179 especies; en cada muestra los registros por temporada son complementarios, dado que gran número de las especies se registraron en las 2 temporadas, aunque se resalta que, en la temporada de lluvias se reporta una mayor riqueza, en su mayoría herbáceas.
		Shannon (H')	Media de diversidad	**3.8**	**4.018**	**3.77**	**3.97**	**3.22**	**3.17**	Los valores de Shannon arrojaron una diversidad alta para el AP y RE-AI tanto de forma general, como en la temporada de lluvias debido a que alcanzaron valores superiores a 3.5, mientras que en la temporada de secas se obtuvo un valor de diversidad media, pero próximos a diversidad alta, lo cual es atribuible al tamaño de muestra y a una baja riqueza en el estrato herbáceo, prácticamente ausente en esta temporada. Por lo cual se concluye que la diversidad tanto en AP como RE-AI es alta.
		Margalef (Mg)	Media de diversidad	18.26	21.33	17.12	20.28	9.37	7.77	De acuerdo con el índice Margalef las diversidades también resultaron similares sugiriendo una diversidad alta en todas las muestras.
		Equidad (J)	Media de equitatividad	0.76	0.77	0.77	0.78	0.78	0.81	Los valores de Equidad indican alta homogeneidad en las abundancias por especie, y se observan valores similares en todas las muestras.
	Arbóreo	Riqueza (S)	Riqueza total	80	89	74	84	44	34	La riqueza reportada para el estrato arbóreo resultó mayor para la muestra de la RE y AI, sin embargo, es similar entre muestras y es mayor a la de los estratos arbustivo y herbáceo,

Componente	Estrato	Nombre del índice	Parámetro	Valor del índice (ambas temporadas)		Valor del índice (temporada de lluvias)		Valor del índice (temporada de secas)		Análisis y conclusiones de los resultados de los índices
				AP	**RE-AI**	**AP**	**RE-AI**	**AP**	**RE-AI**	
										debido a que la mayor parte de la vegetación comprende vegetación primaria de selva baja caducifolia.
		Shannon (H')	Media de diversidad	**3.10**	3.27	**3.05**	3.20	**2.80**	2.73	Al realizar el análisis por estrato, se observa que, todas las muestras presentaron valores similares sugiriendo una diversidad media para el estrato arbóreo.
		Margalef (Mg)	Media de diversidad	10.37	11.01	9.93	10.64	6.98	5.30	Conforme al índice Margalef las diversidades resultaron similares entre muestras sugiriendo una diversidad alta en todos los análisis.
		Equidad (J)	Media de equitatividad	0.71	0.73	0.71	0.72	0.74	0.77	Los valores de Equidad indican alta homogeneidad en las abundancias por especie, y se observan valores similares en todas las muestras.
	Arbustivo	Riqueza (S)	Riqueza total	27	33	23	28	11	11	En el estrato arbustivo se reporta una menor riqueza que en el estrato arbóreo, se observa que las riquezas registradas son similares entre muestras, aunque es mayor en la RE y AI, lo cual puede deberse al tamaño de muestra y no a una diferencia significativa de diversidad.
		Shannon (H')	Media de diversidad	**2.42**	2.88	**2.26**	2.72	**1.77**	2.09	Tanto para el análisis de datos de ambas temporadas como para la temporada de lluvias las muestras presentaron valores similares sugiriendo una diversidad media para el estrato arbustivo, en el caso de la temporada de secas la RE-AI registra una diversidad media y el AP una diversidad baja.
		Margalef (Mg)	Media de diversidad	4.19	4.96	3.65	4.30	2.26	2.20	Conforme al índice Margalef las diversidades resultaron similares entre muestras sugiriendo una diversidad media en los análisis para ambas temporadas y en la temporada de lluvias, mientras que, para la temporada de secas se observa una diversidad baja.
		Equidad (J)	Media de equitatividad	0.73	0.82	0.72	0.82	0.74	0.87	Los valores de Equidad indican alta homogeneidad en las abundancias por especie, y se observan valores similares en todas las muestras.

Componente	Estrato	Nombre del índice	Parámetro	Valor del índice (ambas temporadas)		Valor del índice (temporada de lluvias)		Valor del índice (temporada de secas)		Análisis y conclusiones de los resultados de los índices
				AP	**RE-AI**	**AP**	**RE-AI**	**AP**	**RE-AI**	
	Herbáceo	Riqueza (S)	Riqueza total	40	57	37	55	6	6	La riqueza para el estrato herbáceo es mayor en la temporada de lluvias, prácticamente durante esta temporada fueron registradas todas las especies presentes en la muestra, ya que en la temporada de secas únicamente se registraron 6, 4 de las cuales ya habían sido reportadas, adicionándose sólo 2 especies nuevas.
		Shannon (H')	Media de diversidad	**2.96**	3.19	**2.94**	3.17	**1.57**	1.52	Tanto para el análisis de datos de ambas temporadas como para la temporada de lluvias las muestras presentaron valores similares sugiriendo una diversidad media aproximándose a alta para el estrato herbáceo, en el caso de la temporada de secas la RE-AI registra una diversidad baja, lo cual es un valor esperado puesto que en esta temporada el estrato herbáceo está prácticamente ausente en este tipo de vegetación.
		Margalef (Mg)	Media de diversidad	6.43	8.68	6.04	8.42	1.31	1.60	Conforme al índice Margalef las diversidades resultaron similares entre muestras sugiriendo una diversidad alta en los análisis para ambas temporadas y en la temporada de lluvias, mientras que, para la temporada de secas se confirma una diversidad baja.
		Equidad (J)	Media de equitatividad	0.80	0.79	0.81	0.79	0.88	0.85	Los valores de Equidad indican alta homogeneidad en las abundancias por especie, y se observan valores similares en todas las muestras.

Anexo 9 y 9.4. Memoria de cálculo con análisis de datos, que incluya la justificación de los índices utilizados; así como, el análisis descriptivo y comparativo de los resultados de la diversidad del predio o superficie total para el desarrollo del Proyecto y la diversidad de la región ecológica delimitada, por temporada de muestreo; considerando la ejecución del Proyecto, en las conclusiones se deberá señalar durante qué temporada y etapa del Proyecto se registran los mayores impactos a la biodiversidad.

III.6.2. Fauna

En seguida se presentan los índices de diversidad obtenidos por área de estudio, grupo taxonómico y temporada.

Tabla 8. Índices de diversidad de fauna para RE-AI y AP.

Componente	Clase	Nombre del índice	Parámetro	Valor del índice (ambas temporadas)		Análisis y conclusiones de los resultados de los índices
				AP	RE-AI	
Fauna	Todos los grupos	Riqueza (S)	Riqueza total	106	134	Se obtuvo un total de 156 especies de vertebrados terrestres, de las cuales 78 especies pertenecen a la Clase Aves, 43 a la Clase Mammalia, 22 a la Clase Reptilia, y 13 especies de la Clase Amphibia. Del total de especies, 106 especies se registraron dentro del AP y 134 dentro de la RE-AI.
		Dominancia (D)	Media de dominancia	0.0988	0.04178	En cuanto a la dominancia (D), este índice tiene valores similares entre AP y RE-AI, en ambas áreas el valor de dominancia es bajo.
		Simpson (1-D)	Media de diversidad	0.9012	0.9582	Respecto al índice de Simpson, para ambas áreas los valores obtenidos fueron mayor a 0.8, por lo que se considera que se tiene una diversidad alta.
		Shannon (H')	Media de diversidad	3.15	3.962	Los valores obtenidos del índice de Shannon son mayores a 3, por lo cual son considerados de diversidad alta, resultando notablemente mayor en la muestra de la RE-AI.
		Margalef (Mg)	Media de diversidad	14.32	18.67	Los resultados del índice de Margalef, en ambas áreas presentaron valores arriba de 5 puntos, por lo que se considera como una diversidad alta por este índice.
	Amphibia	Riqueza (S)	Riqueza total	12	11	La riqueza de anfibios fue similar entre áreas, con 12 especies para el AP y 11 para la RE-AI, de las cuales comparten 10 especies.
		Dominancia (D)	Media de dominancia	0.6419	0.6395	Los resultados de dominancia (D) indican un valor medio superior a 0.5, lo que refiere una comunidad donde una especie tiene cierta dominancia.
		Simpson (1-D)	Media de diversidad	0.3581	0.3605	Para el índice de Simpson, el valor de 0.35 refleja una probabilidad media (35%) de que dos anfibios tomados al azar pertenezcan a especies distintas. Esto indica baja diversidad y dominancia media (Magurran, 2004).
		Shannon (H')	Media de diversidad	0.8943	0.888	En cuanto al índice de Shannon, valores de H’ < 2 son considerados como diversidad baja.
		Margalef (Mg)	Media de diversidad	1.879	1.842	Finalmente, para el índice de Margalef, el valor obtenido indica una baja diversidad.
	Aves	Riqueza (S)	Riqueza total	53	66	La riqueza obtenida resultó notablemente mayor en la RE-AI que en el AP, con 66 y 53 especies, respectivamente; de estas comparten la mayoría (41 especies).
		Dominancia (D)	Media de dominancia	0.06002	0.05313	Los valores obtenidos de dominancia (D) indican que ninguna especie domina de forma clara la comunidad.
		Simpson (1-D)	Media de diversidad	0.94	0.9469	Para el índice de Simpson, el valor de 0.94 refleja una probabilidad muy alta (94%) de que dos aves tomadas al azar pertenezcan a

Componente	Clase	Nombre del índice	Parámetro	Valor del índice (ambas temporadas)		Análisis y conclusiones de los resultados de los índices
				AP	RE-AI	
						especies distintas. Esto indica alta diversidad y baja dominancia, lo que suele asociarse a hábitats con buena disponibilidad de recursos (Magurran, 2004).
		Shannon (H')	Media de diversidad	3.295	3.495	En cuanto al índice de Shannon, valores de H’>3 son considerados como diversidad media.
		Margalef (Mg)	Media de diversidad	8.672	9.913	Finalmente, para el índice de Margalef, valores mayores de 5 son considerados como diversidad alta.
	Mammalia	Riqueza (S)	Riqueza total	26	39	La riqueza obtenida resultó notablemente mayor en la RE-AI que en el AP, con 39 y 26 especies, respectivamente; de estas comparten la mayoría (22 especies).
		Dominancia (D)	Media de dominancia	0.284	0.08113	Los resultados de dominancia (D) corresponden a un valor de 0.2, lo que indica una baja dominancia,
		Simpson (1-D)	Media de diversidad	0.716	0.9189	para el índice de Simpson, el valor de 0.71, lo cual indica una probabilidad del 71% de que dos individuos elegidos al azar pertenezcan a especies distintas.
		Shannon (H')	Media de diversidad	1.706	2.899	En cuanto al índice de Shannon, el valor se ubica en el rango de diversidad baja,
		Margalef (Mg)	Media de diversidad	3.807	7.005	para el índice de Margalef, se obtuvo un valor menor a 5, este valor se interpreta como una diversidad baja.
	Reptilia	Riqueza (S)	Riqueza total	15	18	Las riquezas registradas para reptiles fueron similares entre áreas, con 15 especies para el AP y 18 para la RE-AI, de las cuales se encuentran compartiendo 11 especies.
		Dominancia (D)	Media de dominancia	0.1458	0.1351	Los resultados de dominancia (D) corresponden a un valor de 0.14, lo que indica una baja dominancia,
		Simpson (1-D)	Media de diversidad	0.8542	0.8649	para el índice de Simpson, el valor de 0.85 indica una probabilidad del 85% de que dos individuos elegidos al azar pertenezcan a especies distintas.
		Shannon (H')	Media de diversidad	2.272	2.417	En cuanto al índice de Shannon, el valor se ubica en el rango de diversidad baja, valores de H’ alrededor de 2 son considerados como diversidad baja,
		Margalef (Mg)	Media de diversidad	3.295	3.837	para el índice de Margalef, se obtuvo un valor cercano a 3, este valor se interpreta como riqueza baja.

Figura 8. Índices de diversidad por temporada.

Componente	Clase	Nombre del índice	Parámetro	Valor del índice (por temporadas)		Análisis y conclusiones de los resultados de los índices
				Lluvias	Secas	
Fauna	Todos los grupos	Riqueza (S)	Riqueza total	107	133	Durante la temporada de lluvias se registraron 107 especies, mientras que, durante la

Componente	Clase	Nombre del índice	Parámetro	Valor del índice (por temporadas)		Análisis y conclusiones de los resultados de los índices
				Lluvias	Secas	
						temporada de secas se registraron 133 especies, se tiene una diferencia de riqueza especifica entre temporadas de 26 especies.
		Dominancia (D)	Media de dominancia	0.1168	0.0405	En cuanto a la dominancia (D), este índice tiene valores similares entre temporadas, con un valor de dominancia bajo.
		Simpson (1-D)	Media de diversidad	0.8832	0.9595	Respecto al índice de Simpson, para ambas temporadas los valores obtenidos fueron mayor a 0.8, por lo que se considera que se tiene una diversidad alta.
		Shannon (H')	Media de diversidad	3.219	3.913	Los valores obtenidos del índice de Shannon son similares para ambas temporadas, valores de H' mayores a 3 son considerados altos.
		Margalef (Mg)	Media de diversidad	14.51	18.46	Finalmente, los resultados del índice de Margalef, en ambas temporadas presentaron valores arriba de 5 puntos, por lo que se considera como una diversidad alta por este índice.

Anexo 10. Memoria de cálculo con análisis de datos, que incluya la justificación de los índices utilizados; así como, el análisis descriptivo y comparativo de los resultados de la diversidad del predio o superficie total para el desarrollo del Proyecto y la diversidad de la región ecológica delimitada, por temporada de muestreo; considerando la ejecución del Proyecto, en las conclusiones se deberá señalar durante qué temporada y etapa del Proyecto se registran los mayores impactos a la biodiversidad.

III.7. Análisis de los componentes ambientales al interior de la Región Ecológica

La caracterización y análisis de la RE integran los componentes abióticos, bióticos y socioeconómicos relevantes para establecer la línea base ambiental del área de estudio. Esta información permitirá valorar las condiciones existentes previas a la ejecución de las obras y actividades objeto de evaluación y servirá como referencia para la identificación y evaluación de impactos, así como para la definición de las medidas de prevención, mitigación, compensación y, en su caso, restauración que correspondan.

En este sentido, en el siguiente apartado se presenta la descripción de los factores ambientales con los que interactúa el Proyecto a nivel RE y AI, con base en información de fuentes oficiales y referencias científicas, proveniente principalmente de las siguientes instituciones:

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)
- Consejo Nacional de Población (CONAPO)

- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)

Así mismo, se incluye información de los recorridos y muestreos realizados en diferentes puntos del área del Proyecto, AI y la RE (en adelante área de estudio).

III.7.1. Medio biótico

Análisis comparativo del uso de suelo y vegetación existente en el AP, identificado y confirmado en campo, respecto a lo establecido en la cartografía del INEGI.

- **USV según el INEGI**

De acuerdo con la cartografía de uso de suelo y vegetación (USV), serie VII escala 1:250 000 del INEGI (2017), en la RE se tiene la presencia de tipos de vegetación de bosque de encino en fase primaria y secundaria, así como selva baja caducifolia en fase secundaria; también se tienen usos de suelo no forestales de pastizal inducido, agricultura de temporal anual y cuerpo de agua, siendo dominante la vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino; mientras que, en el AI y AP se tiene pastizal inducido y vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino, como se observa en la siguiente figura.

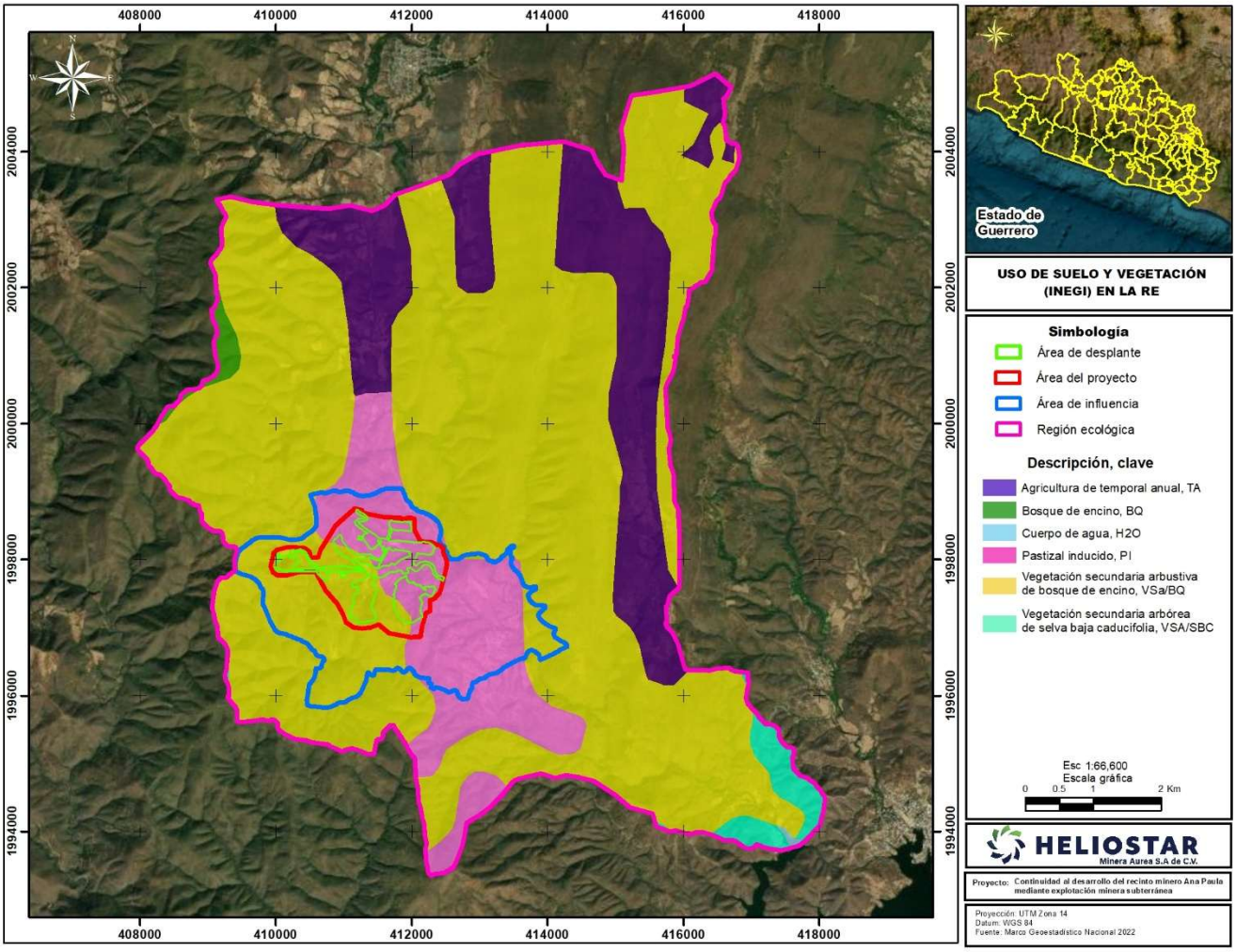


Figura 9. Uso de suelo y vegetación presente en el área de estudio de acuerdo con el INEGI.

Respecto a la superficie ocupada por cada uso de suelo y vegetación presente en la RE, según la cartografía del INEGI, se resalta que, en la RE domina la presencia de vegetación de bosque de encino en fase secundaria arbustiva, la cual se distribuye en el 69.02% de la superficie total del RE, en menor proporción se encuentra el mismo tipo de vegetación en estado primario, así como selva baja caducifolia en fase secundaria, así como otros usos de suelo no forestales (pastizal inducido, cuerpo de agua y agricultura de temporal anual), como se desglosa en la siguiente tabla:

Tabla 9. Superficie por uso de suelo y vegetación presente en el RE (INEGI).

Clave	Descripción	Región Ecológica	
		Ha	Porcentaje (%)
BQ	Bosque de encino	40.727	0.60
H2O	Cuerpo de agua	4.028	0.06
PI	Pastizal inducido	848.074	12.56
TA	Agricultura de temporal anual	1,079.936	16.00
VSa/BQ	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	4,658.733	69.02
VSA/SBC	Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia	118.349	1.75
Total general		6,749.847	100.00
Naranja: no forestal. Verde: forestal			

En cuanto al AI de acuerdo con la cartografía del INEGI, sólo se distribuye un tipo de vegetación forestal correspondiente a vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino en el 46.72% de la superficie del AI, y un uso de suelo no forestal correspondiente a pastizal inducido en el 53.28% del AI, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 10. Superficie por uso de suelo y vegetación presente en el AI (INEGI).

Clave	Descripción	Área de Influencia	
		Ha	Porcentaje (%)
PI	Pastizal inducido	474.925	53.28
VSa/BQ	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	416.463	46.72
Total general		891.387	100.00
Naranja: no forestal. Verde: forestal			

El AP y Área de desplante del Proyecto, se comportan de forma similar al AI; sólo se distribuye un tipo de vegetación forestal correspondiente a vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino en el 46.25% de la superficie del AP y 42.84% del Área de desplante; así como un uso de suelo no forestal correspondiente a pastizal inducido en el 53.75% del AP y 57.16% del Área de desplante, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 11. Superficie por uso de suelo y vegetación presente en el AP y Área de desplante (INEGI).

Clave	Descripción	Área del Proyecto		Área de desplante	
		Ha	Porcentaje (%)	Ha	Porcentaje (%)
PI	Pastizal inducido	149.282	53.75	57.616	57.16
VSa/BQ	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	128.440	46.25	43.179	42.84
Total general		277.723	100.00	100.795	100.00

- **Uso de suelo y vegetación identificado en campo**

Con base en los resultados de composición y estructura de la vegetación, así como mediante la interpretación de imágenes satelitales e imágenes aéreas de dron, se realizó la reclasificación del uso de suelo y vegetación presente en el área del Proyecto, los archivos shapefile y kml de esta reclasificación se presentan en el anexo 7 de la MIA.

De acuerdo con esta reclasificación, se obtuvo que el 94.01% del área del Proyecto presenta vegetación forestal correspondiente a selva baja caducifolia en fase primaria y secundaria arbustiva, porcentaje que equivale a 261.096 ha; mientras que la superficie restante de 16.627 ha equivalente al 5.99% presenta usos de suelo no forestales correspondientes a áreas desprovistas de vegetación y cuerpos de agua (específicamente cauces de escurrimientos). Sin embargo, no toda esta superficie resultará afectada, solo se afectará la superficie clasificada como área con CUSTF, correspondiente a un total de 86.846 ha, de la cual 70.553 ha presenta vegetación forestal de selva baja caducifolia en fase primaria y 16.292 ha en fase secundaria; como se desglosa en la siguiente tabla.

Tabla 12. Superficie por USV del área del Proyecto.

USV de campo	Total AP (ha)	Porcentaje del total del AP (%)	Área de desplante* (ha)	Área con CUSTF** (ha)	Área sin afectación*** (ha)
Área desprovista de vegetación	16.108	5.80	8.490	-	7.618
Cuerpo de agua	0.519	0.19	0.162	-	0.357
Selva baja caducifolia	230.332	82.94	75.851	70.553	154.481
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	30.764	11.08	16.292	16.292	14.472
Total general	277.723	100.00	100.795	86.846	176.928
Vegetación forestal	261.096	94.01	92.144	86.846	168.953

*Comprende el área total de desplante de componentes superficiales y subterráneos.
**Comprende el área total forestal presente en el área de desplante de componentes superficiales, en donde será requerida la remoción de vegetación, se excluyen las áreas de componentes subterráneos, dado que en estas no se removerá la vegetación.
***Área del Proyecto sin desplante de componentes.

Así mismo, es importante precisar que de la superficie de desplante de componentes y área de CUSTF una parte ya fue autorizada en materia de impacto ambiental tal como fue descrito en el Capítulo I de la MIA-R, mientras que otra parte comprende áreas que se encuentran sujetas a autorización como parte de la presente MIA-R, las superficies de cada categoría se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 13. Áreas de CUSTF autorizadas y por autorizar.

Uso de suelo y vegetación	CUSTF		
	Autorizado	Por autorizar	Total
Selva baja caducifolia	12.648	57.905	70.553
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	10.262	6.030	16.292
Total general	**22.911**	**63.935**	**86.846**

En la siguiente figura se muestra la distribución detallada de los USV en el área del Proyecto y Área de desplante.

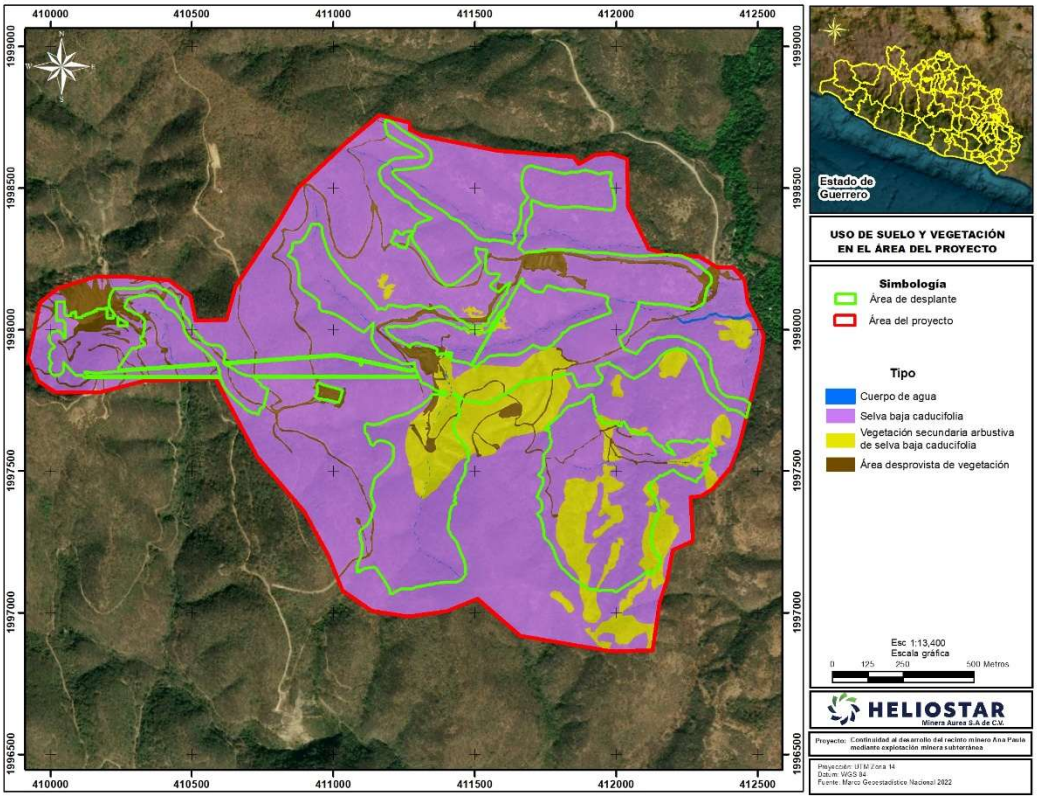


Figura 10. USV presente en el área de Proyecto de acuerdo con la reclasificación de campo (general).

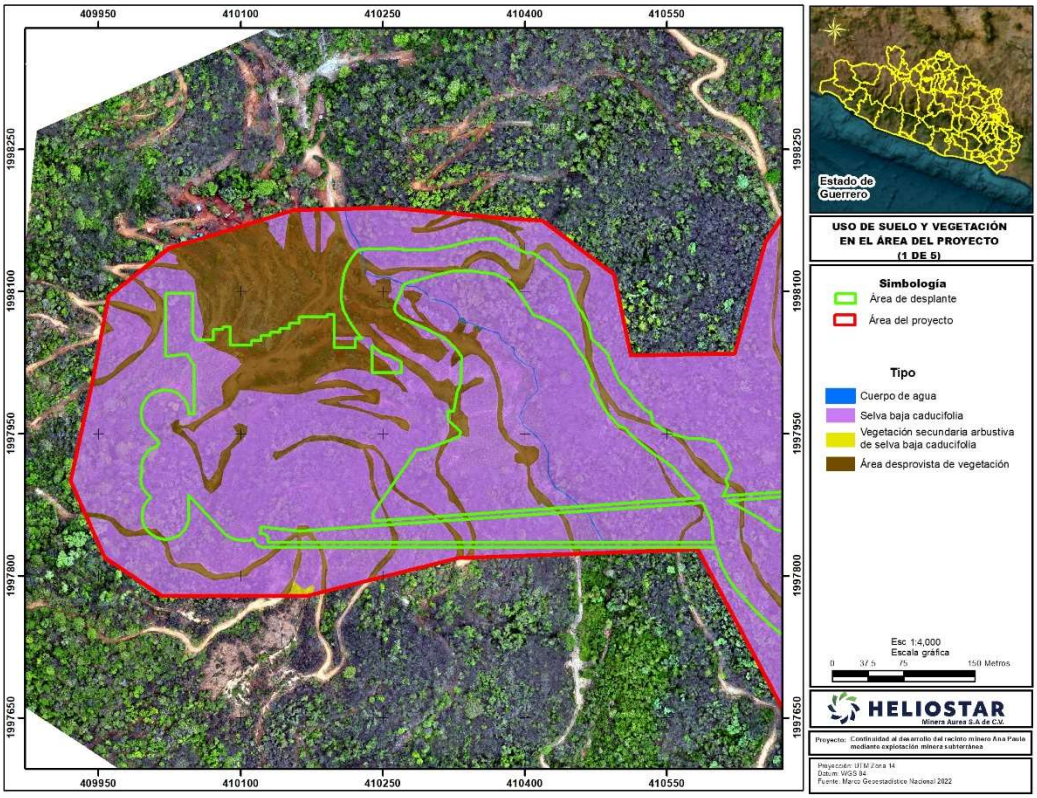


Figura 11. USV presente en el área de Proyecto de acuerdo con la reclasificación de campo (1 de 5).

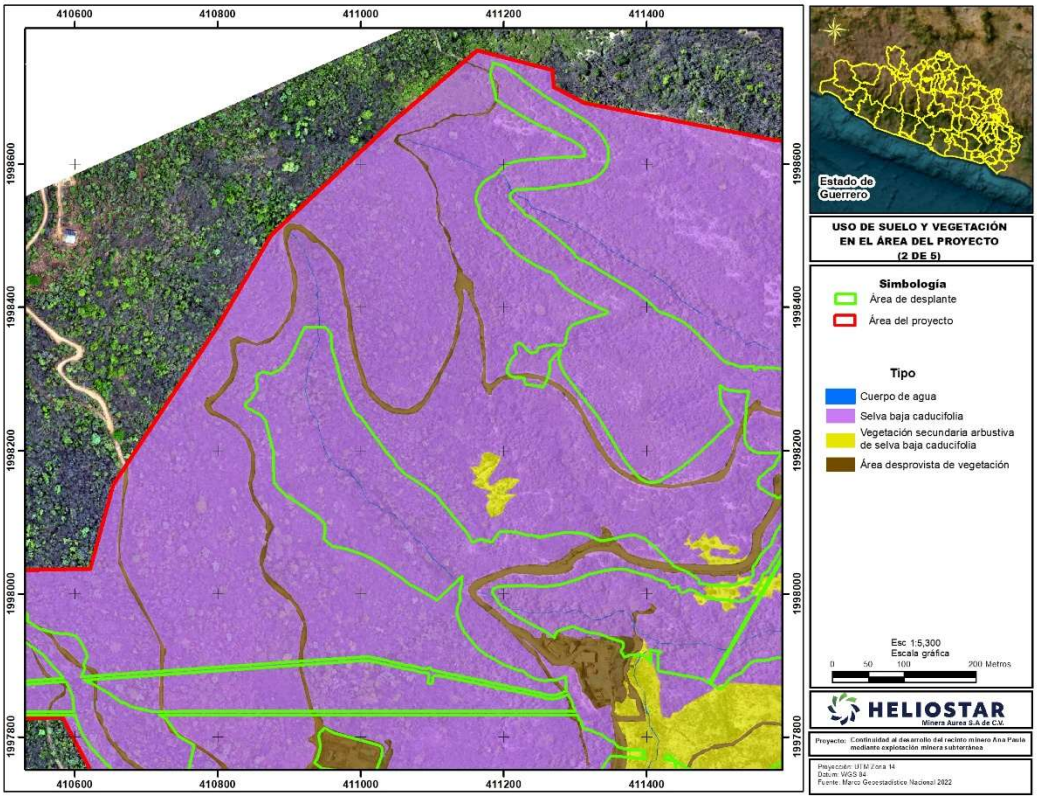


Figura 12. USV presente en el área de Proyecto de acuerdo con la reclasificación de campo (2 de 5).

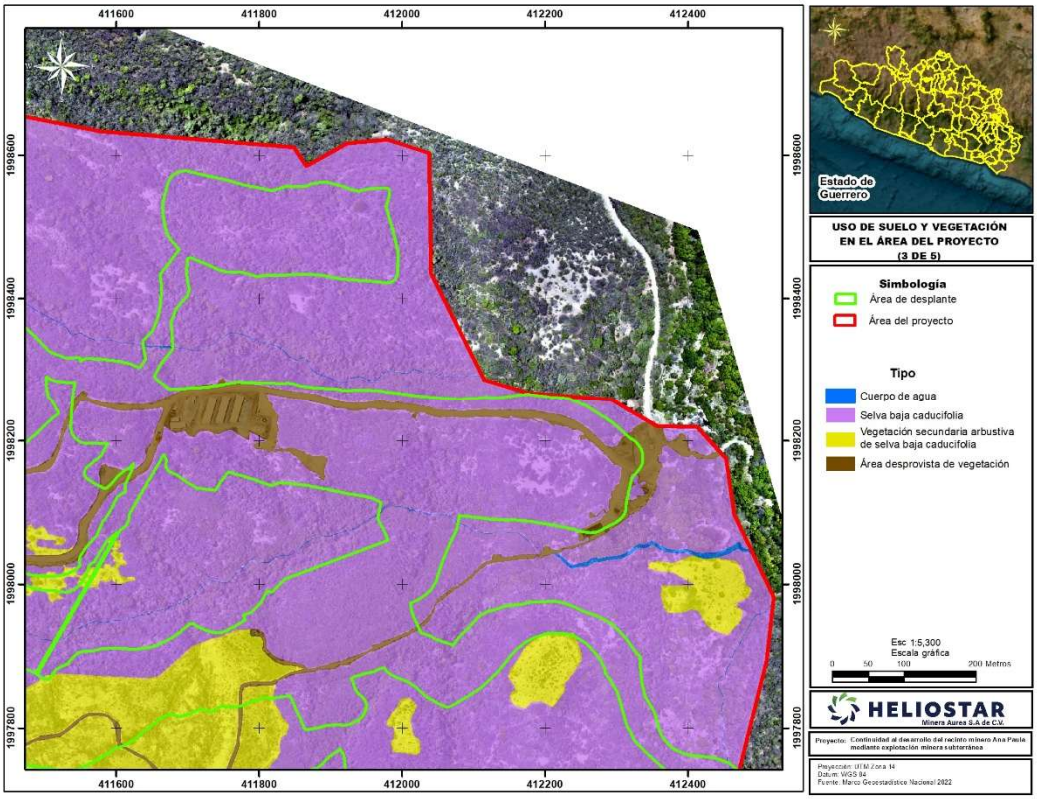


Figura 13. USV presente en el área de Proyecto de acuerdo con la reclasificación de campo (3 de 5).

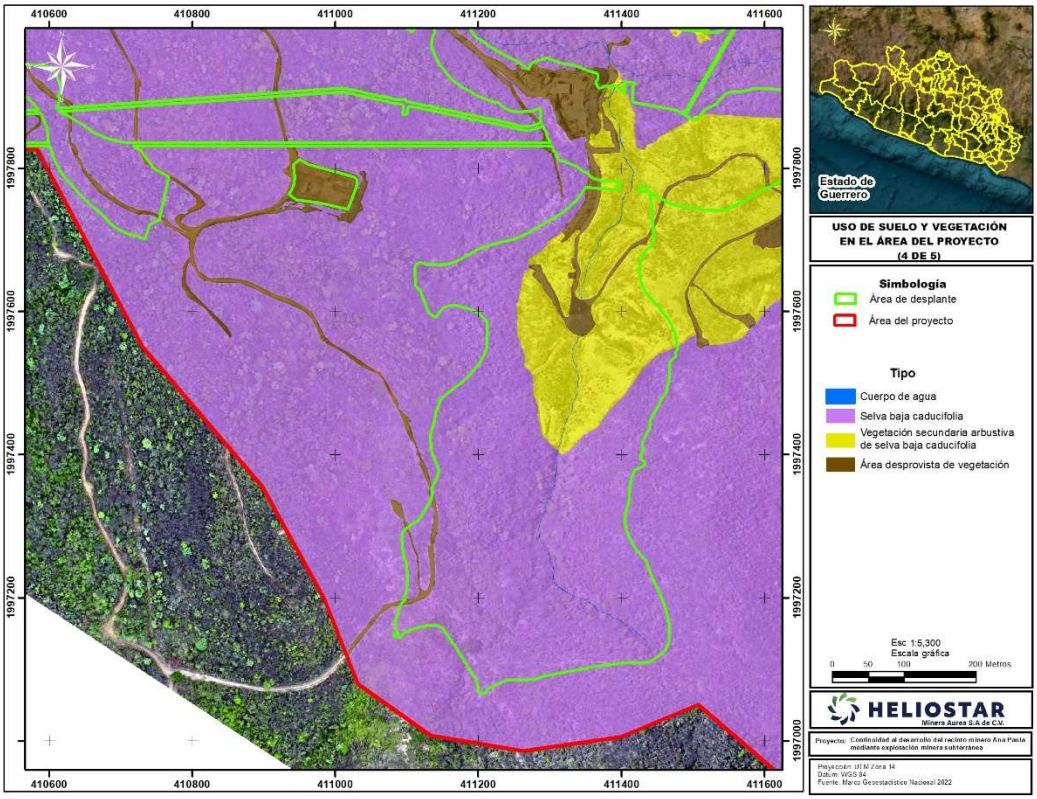


Figura 14. USV presente en el área de Proyecto de acuerdo con la reclasificación de campo (4 de 5).

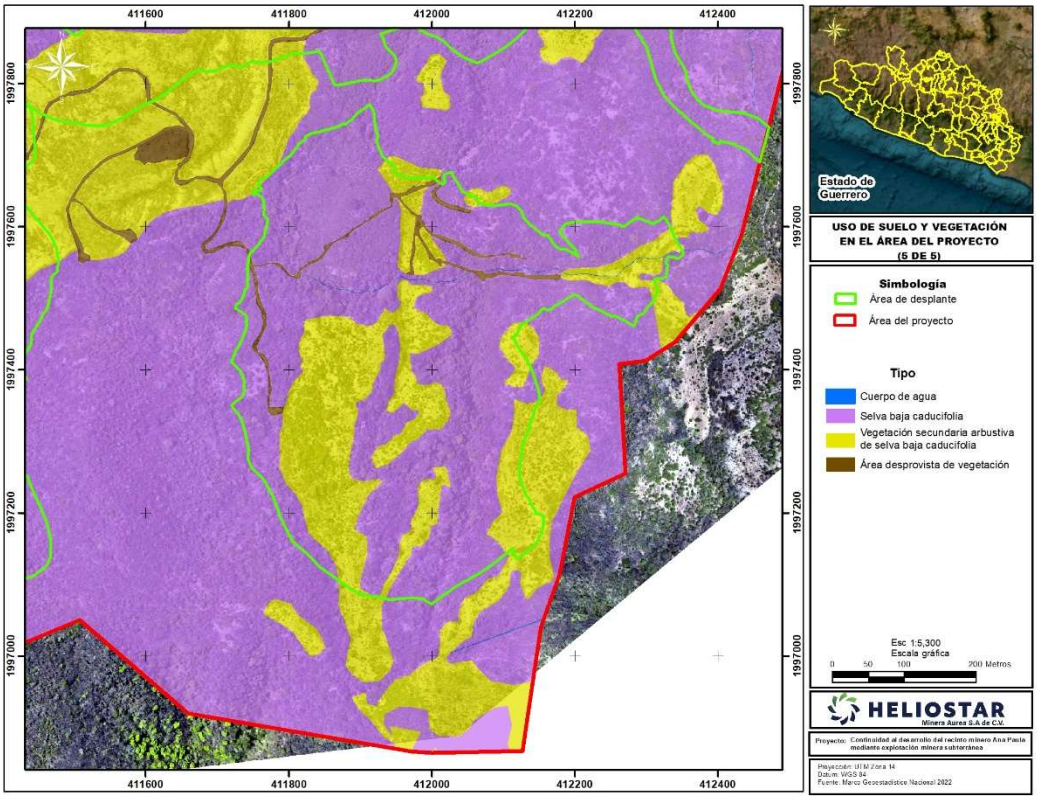


Figura 15. USV presente en el área de Proyecto de acuerdo con la reclasificación de campo (5 de 5).

Así mismo, en seguida se muestran las áreas forestales que requieren CUSTF, clasificadas en autorizadas y por autorizar.

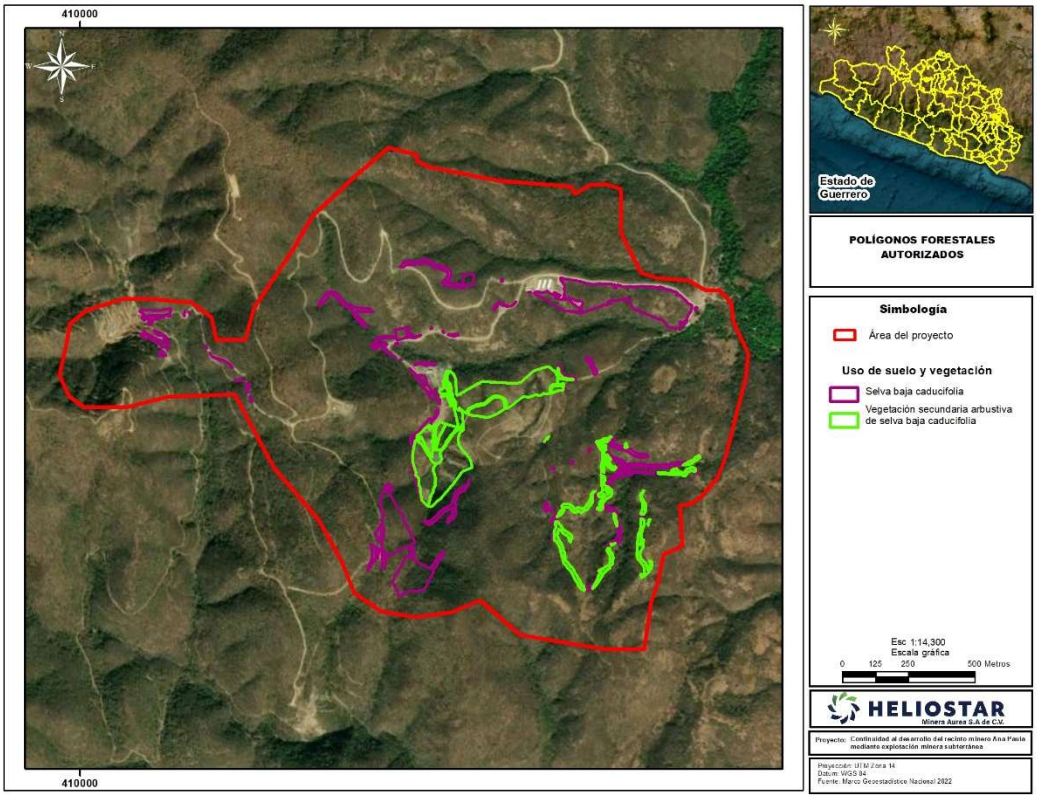


Figura 16. Ubicación de polígonos forestales autorizados (general).

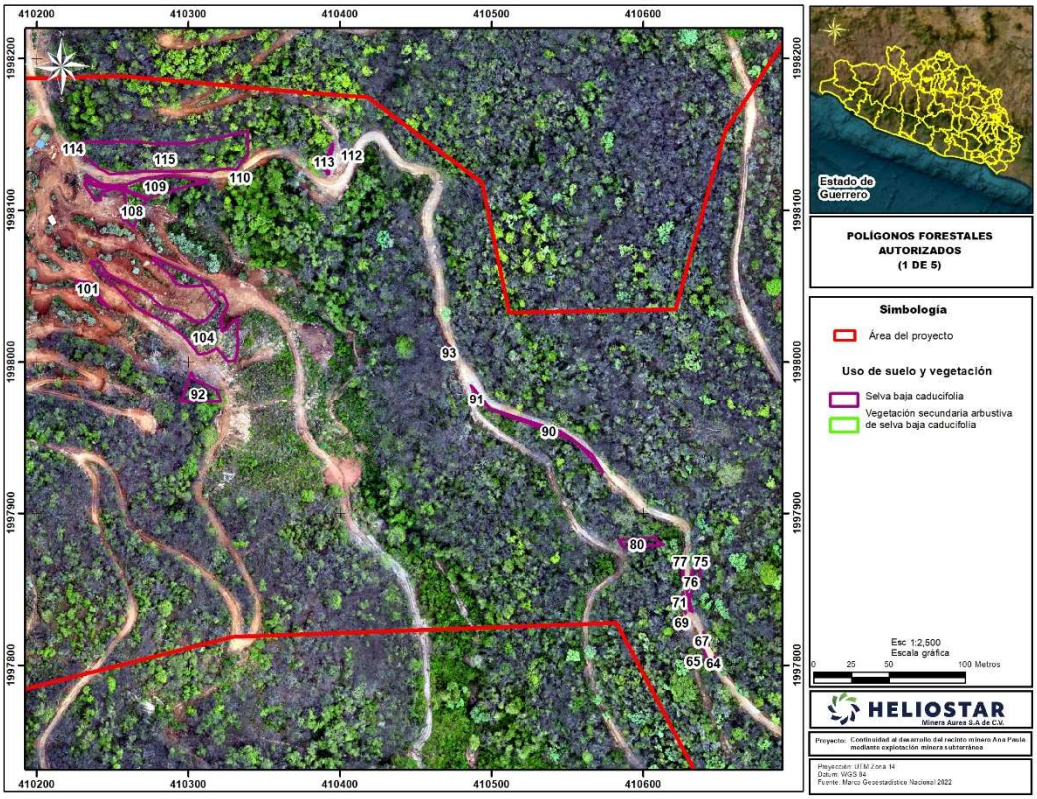


Figura 17. Ubicación de polígonos forestales autorizados (1 de 5).

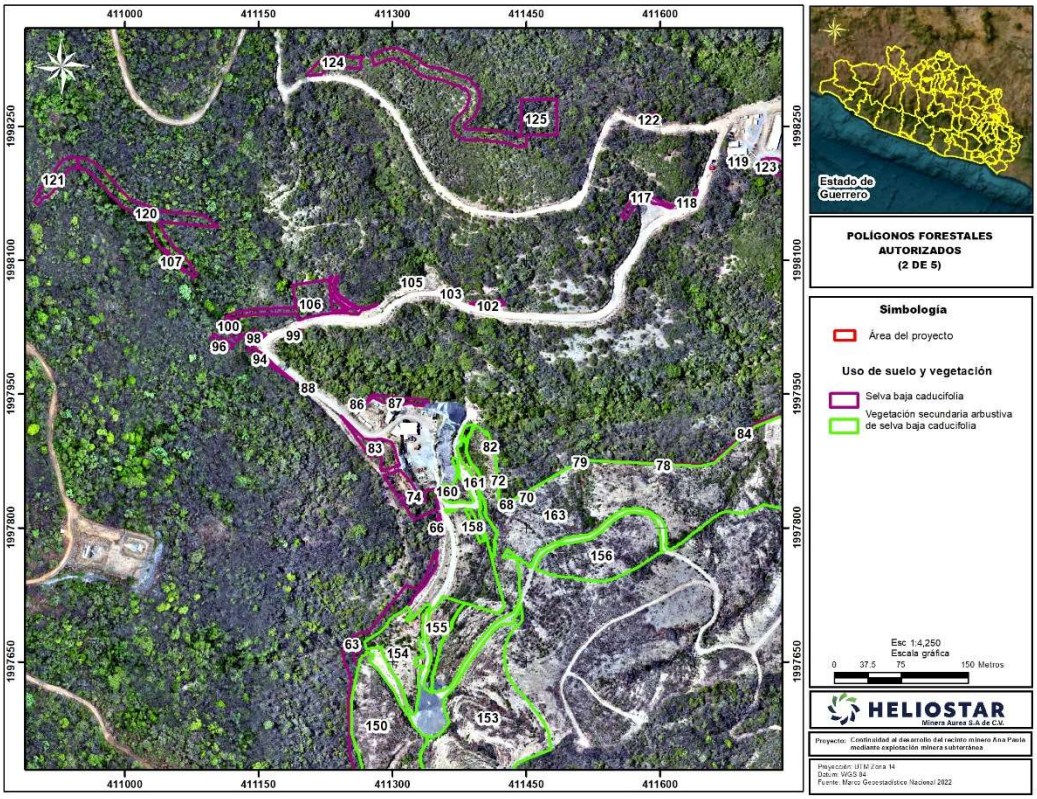


Figura 18. Ubicación de polígonos forestales autorizados (2 de 5).

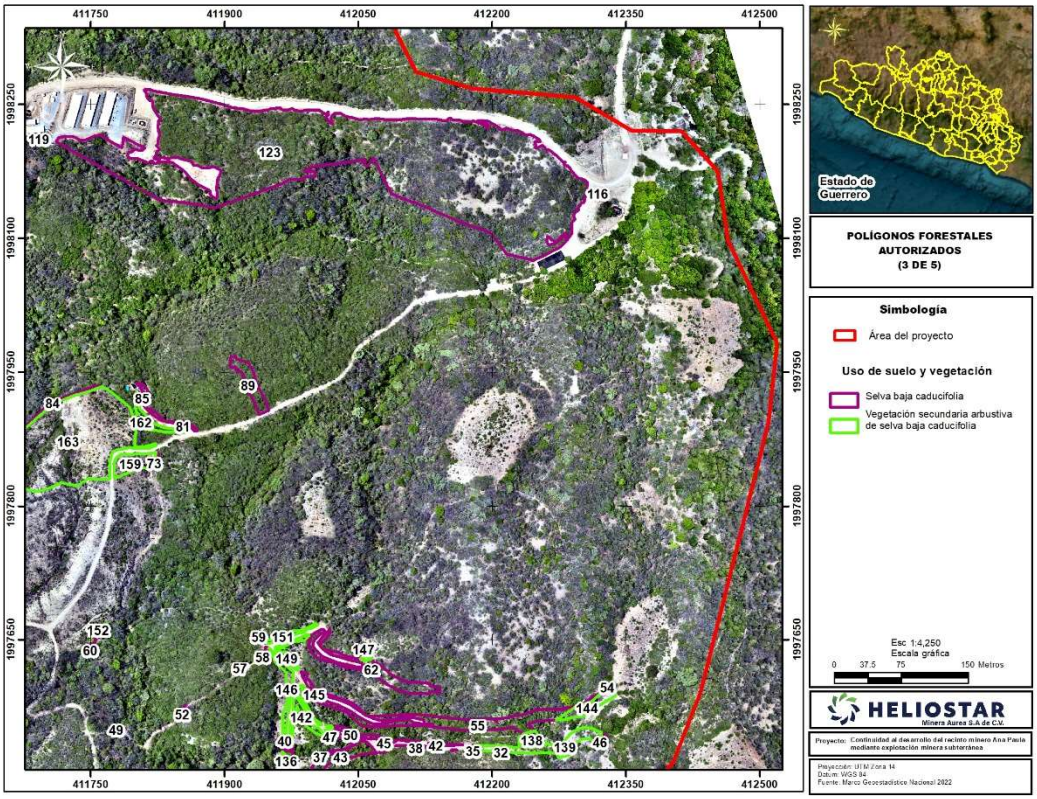


Figura 19. Ubicación de polígonos forestales autorizados (3 de 5).

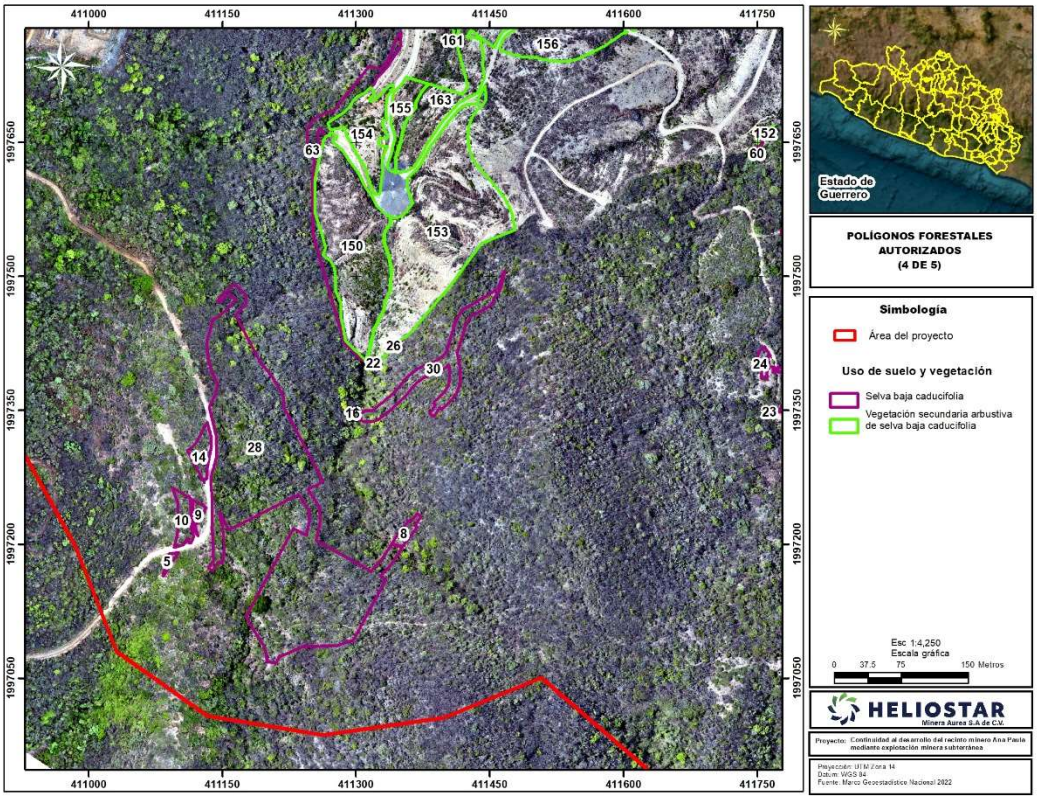


Figura 20. Ubicación de polígonos forestales autorizados (4 de 5).

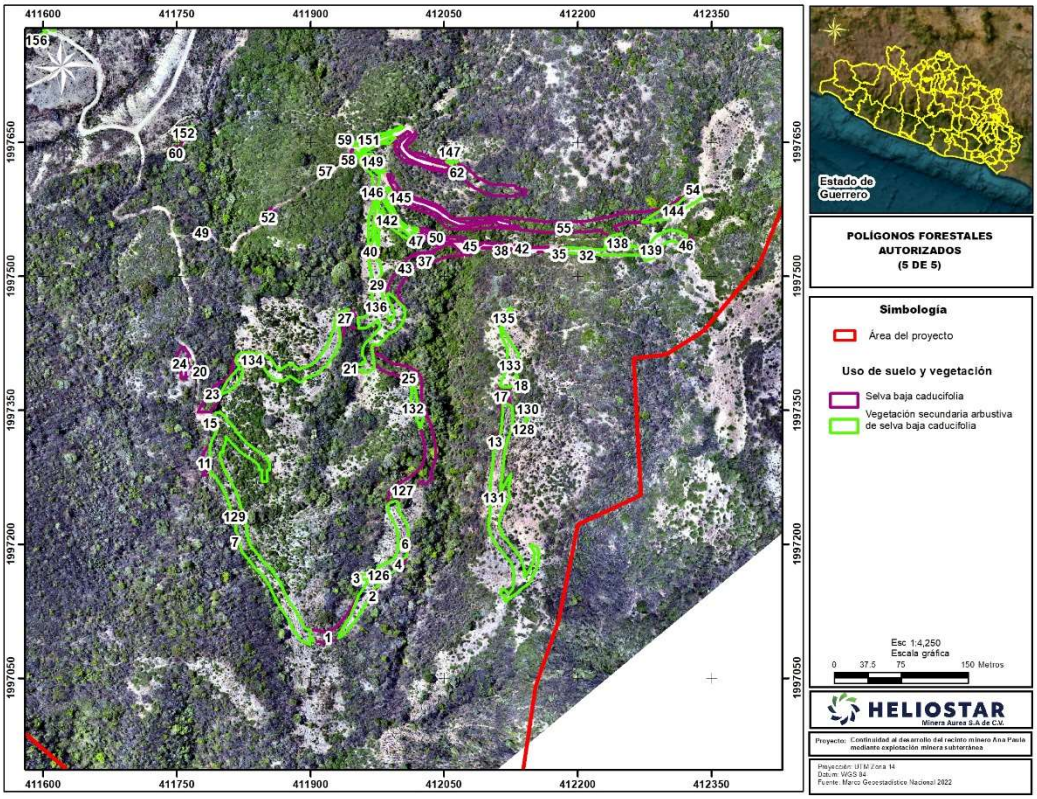


Figura 21. Ubicación de polígonos forestales autorizados (5 de 5).

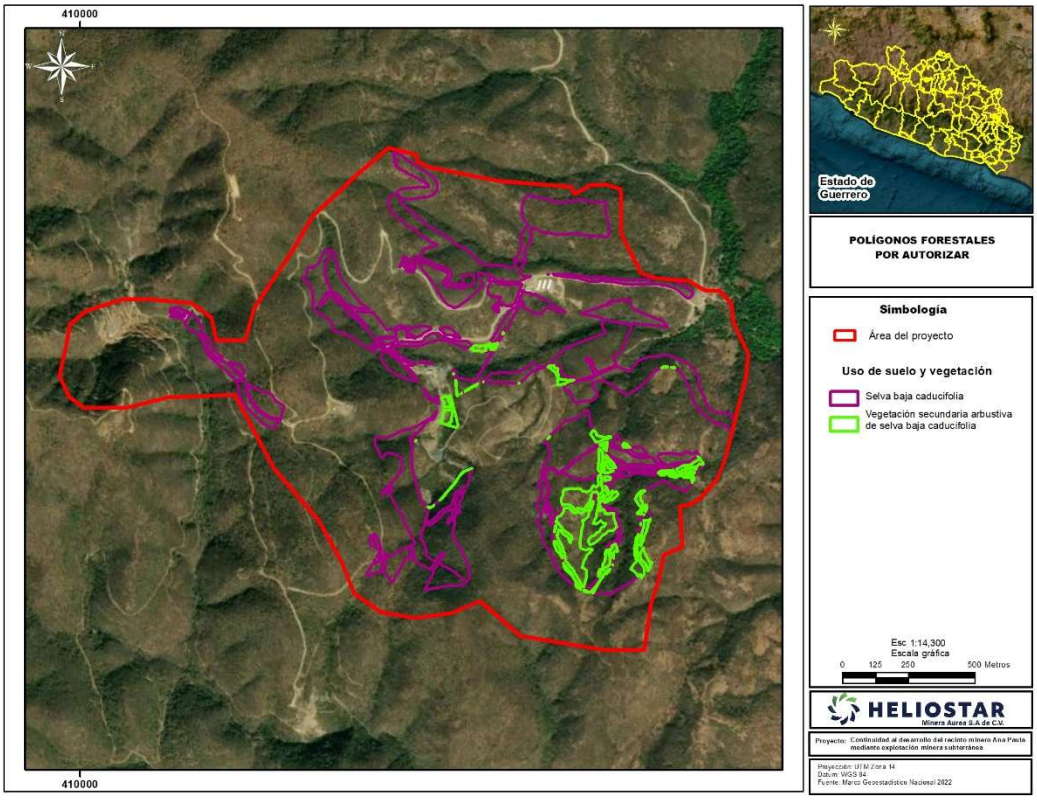


Figura 22. Ubicación de polígonos forestales por autorizar (general).

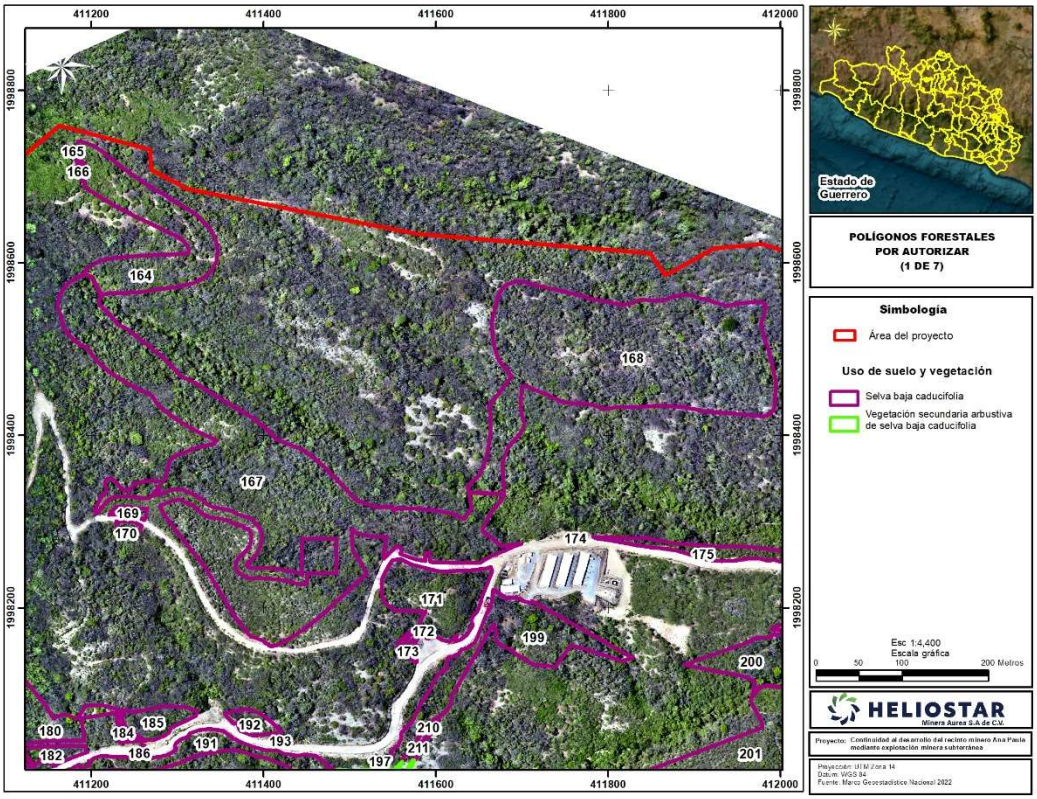


Figura 23. Ubicación de polígonos forestales por autorizar (1 de 7).

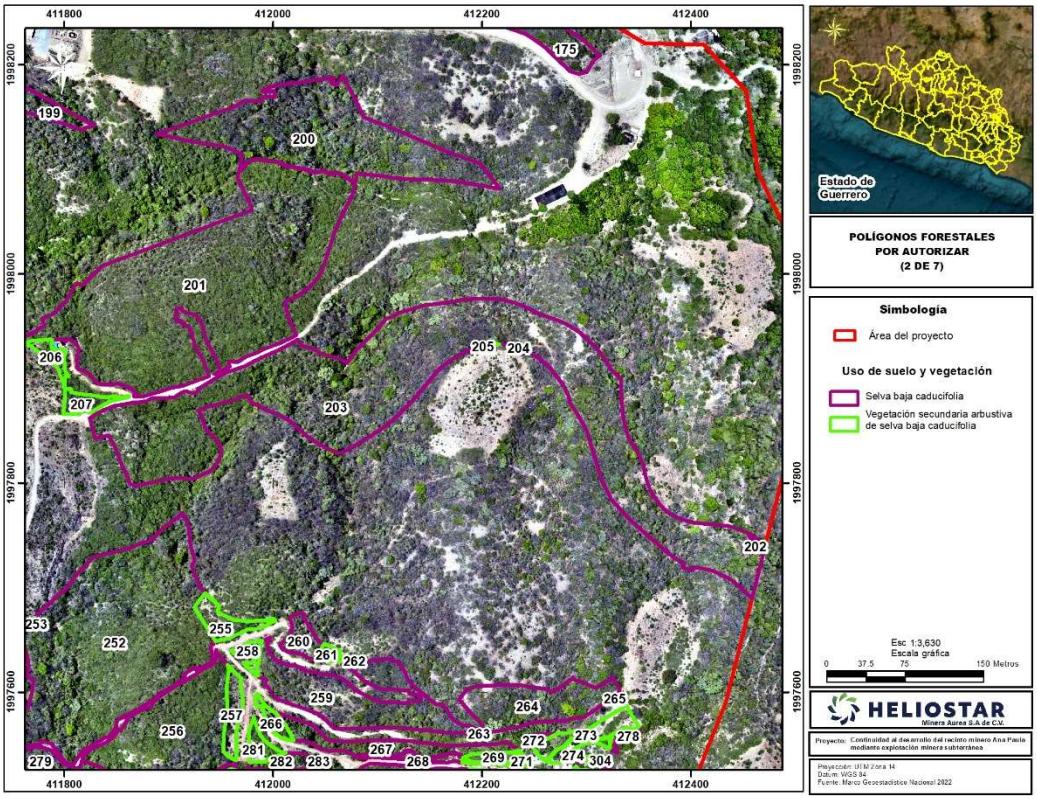


Figura 24. Ubicación de polígonos forestales por autorizar (2 de 7).

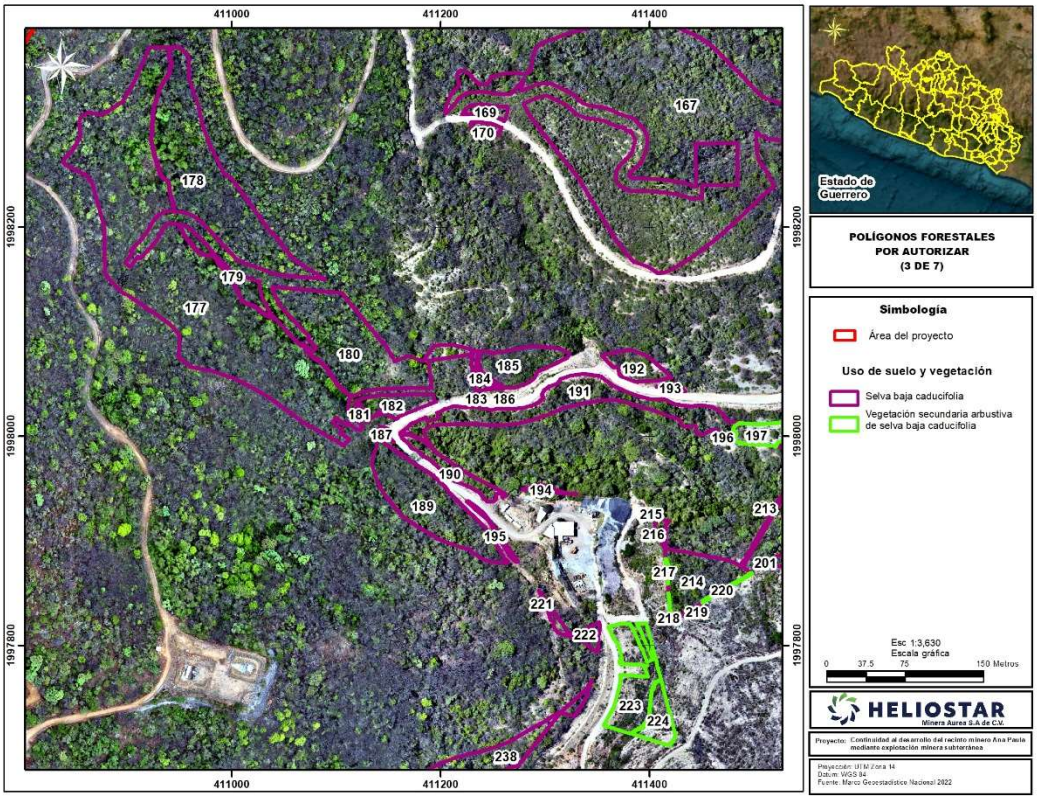


Figura 25. Ubicación de polígonos forestales por autorizar (3 de 7).

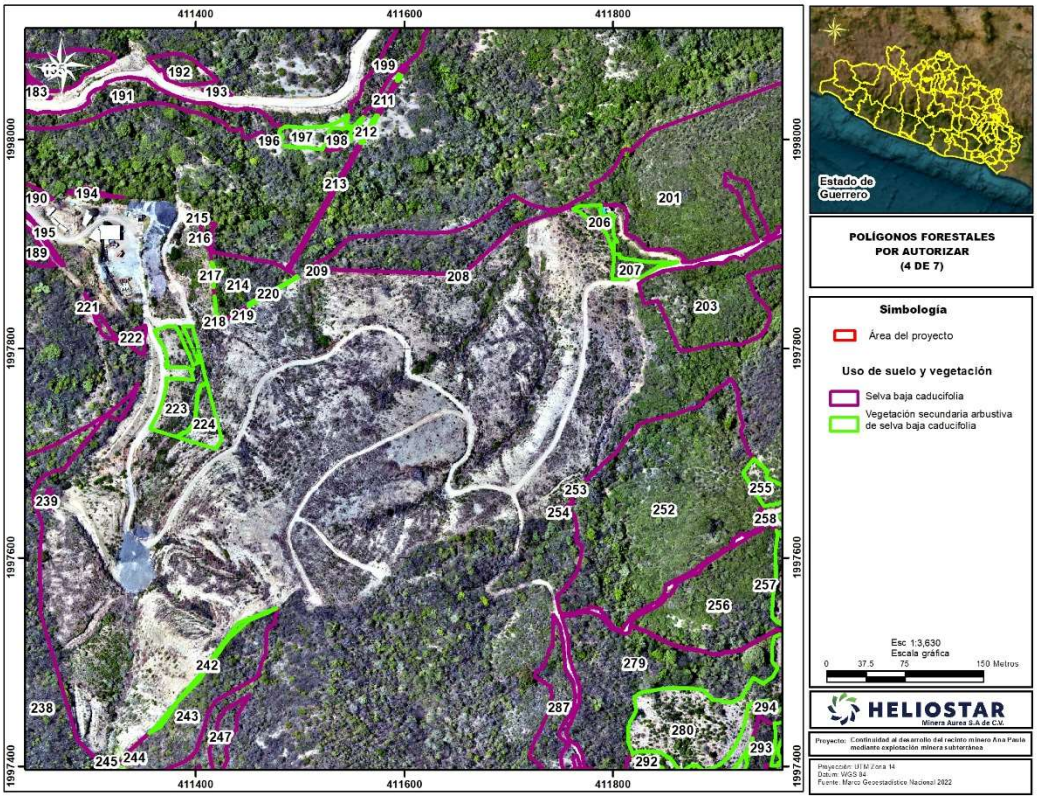


Figura 26. Ubicación de polígonos forestales por autorizar (4 de 7).

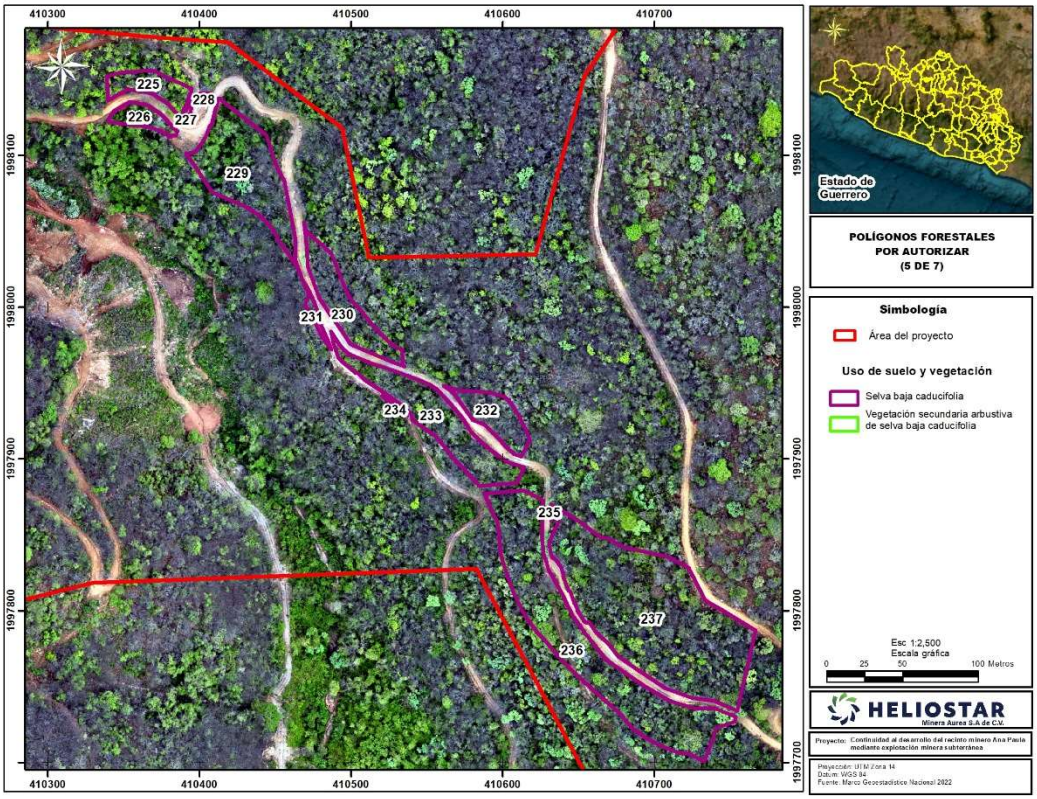


Figura 27. Ubicación de polígonos forestales por autorizar (5 de 7).

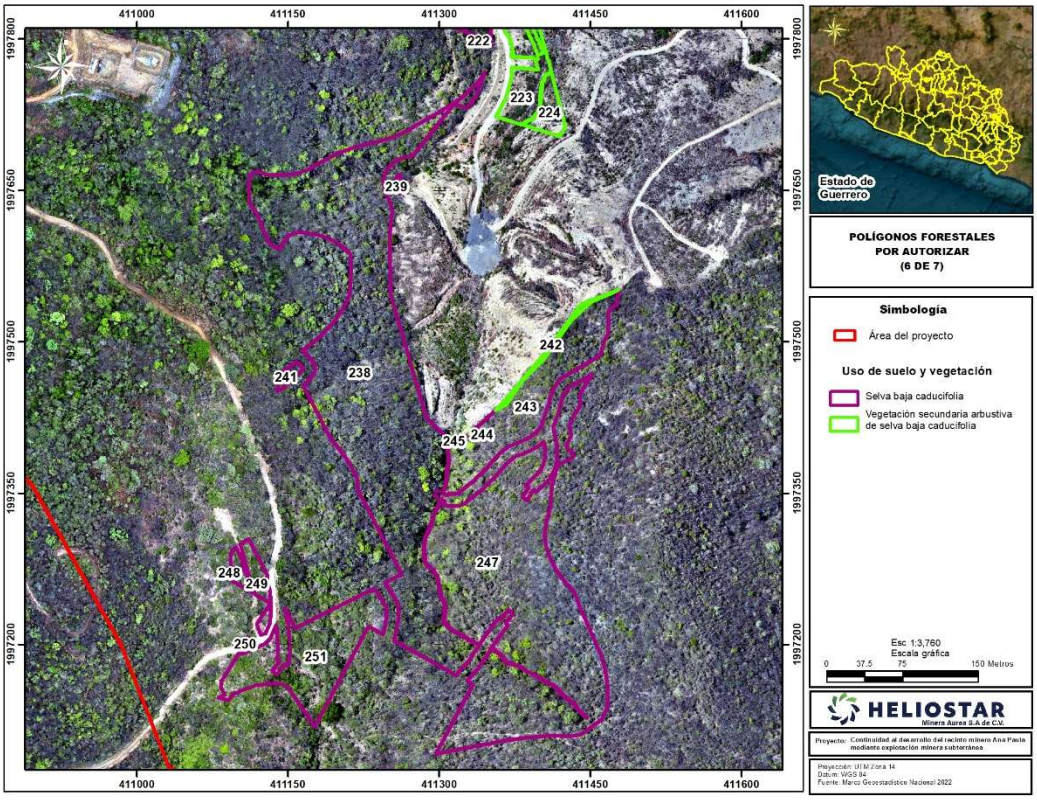


Figura 28. Ubicación de polígonos forestales por autorizar (6 de 7).

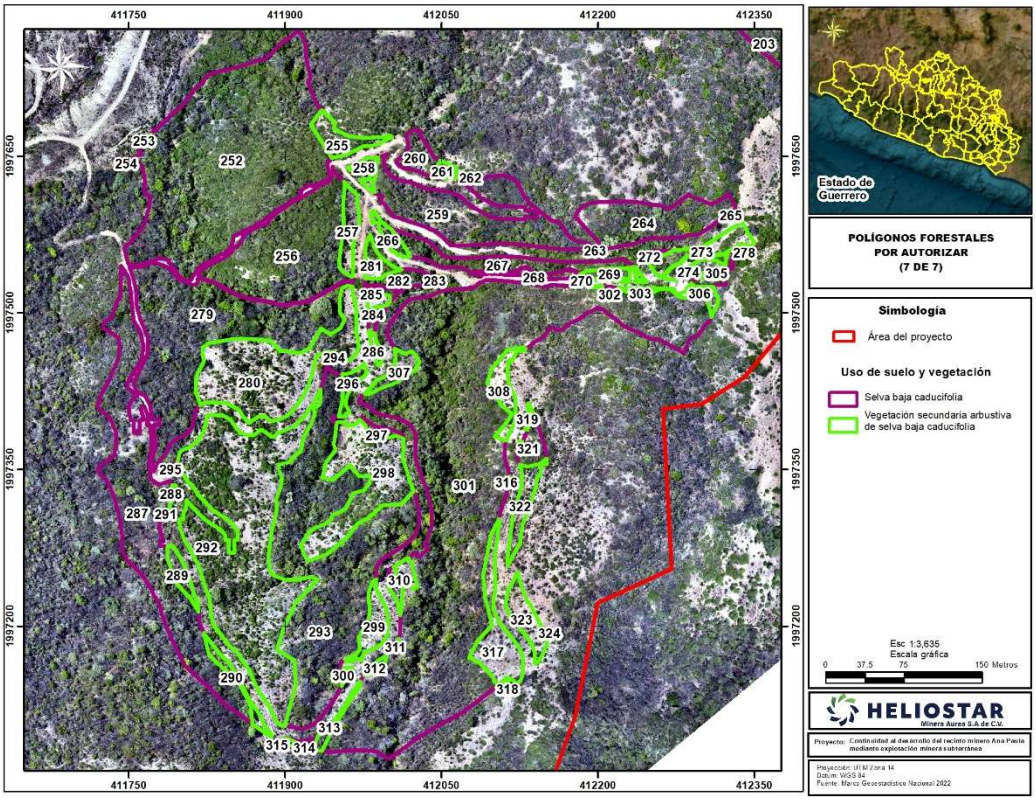


Figura 29. Ubicación de polígonos forestales por autorizar (7 de 7).

III.7.2. Medio abiótico

III.7.2.1 Tipos de clima

De acuerdo con el conjunto de datos vectoriales climáticos, escala 1:1’000,000 del INEGI, la RE presenta climas de tipo cálido subhúmedo con diferencias de humedad (Aw0(w) y Aw1(w)) y semicálido subhúmedo (A(C)w1(w)), mientras que el AI y AP se ubican únicamente en el primero, siendo el que se ubica en la mayor extensión de la RE, como se observa en la siguiente figura.

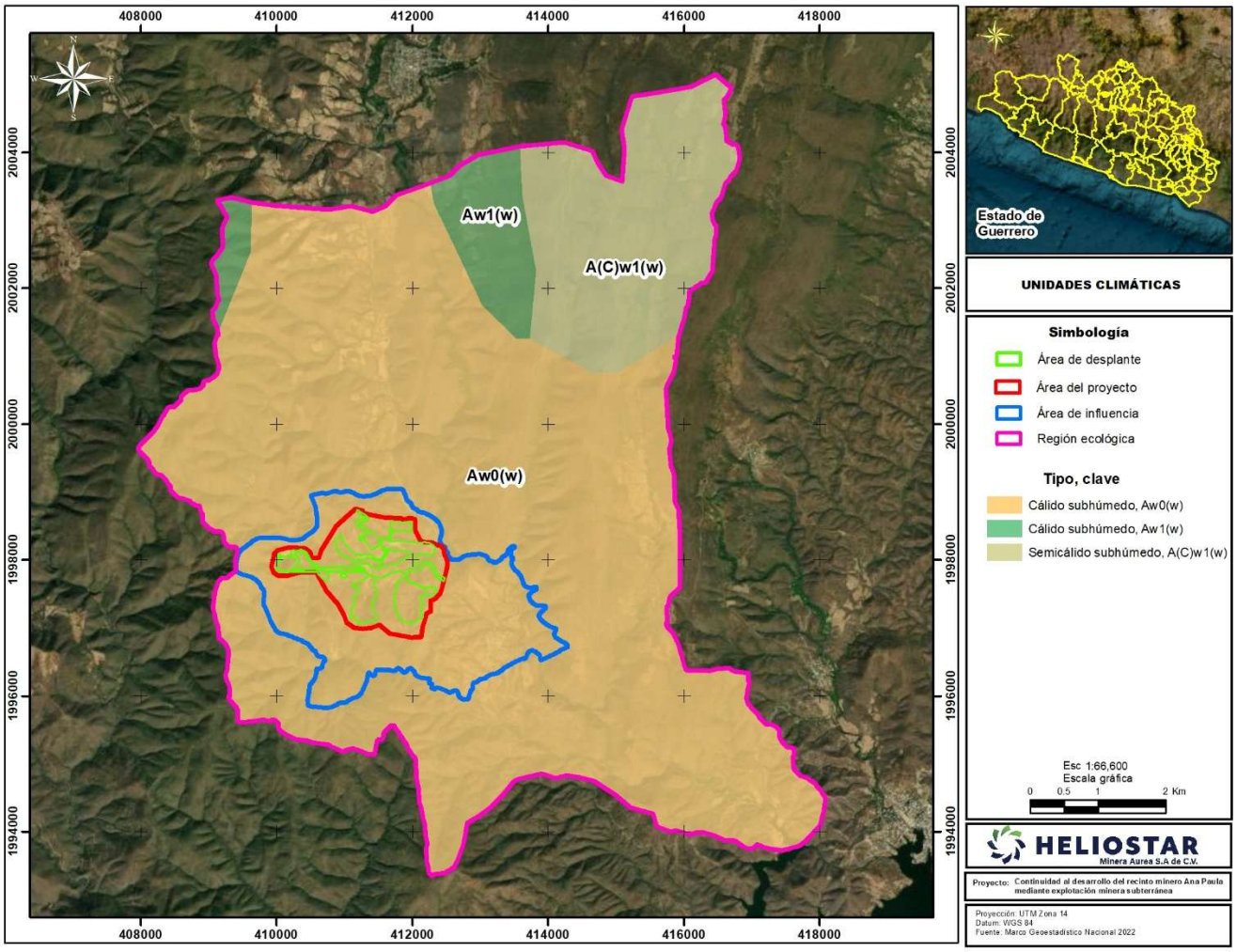


Figura 30. Tipos de clima presentes en el área de estudio.

El clima cálido subhúmedo identificado en la mayor parte de la RE tiene una temperatura media anual por encima de los 20 C, y suele presentar poca oscilación térmica durante el día, sin embargo, tiene una estación de lluvias definida comúnmente en los meses de verano con una temperatura de 22 C aproximadamente, y una temporada invernal seca con una temperatura mayor a los 18 C (Servicio Meteorológico Nacional, 2021). La humedad relativa en este clima por lo general oscila entre 60 y 99% a lo largo del año, el verano es la temporada más húmeda y el invierno la más seca, lo anterior indica que el aire está saturado de partículas de agua al menos la mitad del año.

El clima semicálido subhúmedo es un tipo de clima con temperaturas medias anuales que oscilan entre 18°C y 26°C, con una estación de lluvias definida y concentrada en el verano, e inviernos secos y más frescos. Presenta características de un clima templado-cálido, pero con una mayor humedad en la estación de lluvias, que es la principal diferencia con los climas secos y semicálidos de la misma región. Se encuentra comúnmente en altitudes intermedias y se caracteriza por una importante variación de humedad entre el verano y el invierno.

Sin embargo, estos son datos generalizados para el tipo de clima, por lo cual para contar con datos más precisos de las variables que caracterizan los tipos de climas se realizó la consulta de las estaciones climatológicas más cercanas, cuya información se describe en los siguientes apartados.

III.7.2.2 Precipitación y temperatura

Se consultaron las estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), consulta de la cual no se localizaron estaciones dentro de la RE, como se observa en la siguiente figura, las más cercanas son las estaciones 12177 y 12184, las cuales solo presentan datos de precipitación, sin embargo, se localizaron otras estaciones en las mismas unidades climáticas presentes en la RE, de las cuales aquellas que cuentan con información completa de precipitación y temperatura para el periodo de 1991 a 2020 son las estaciones 12164 y 12084, las cuales se consideraron como referencia para la descripción de los tipos de clima presentes en la RE, AI y AP.

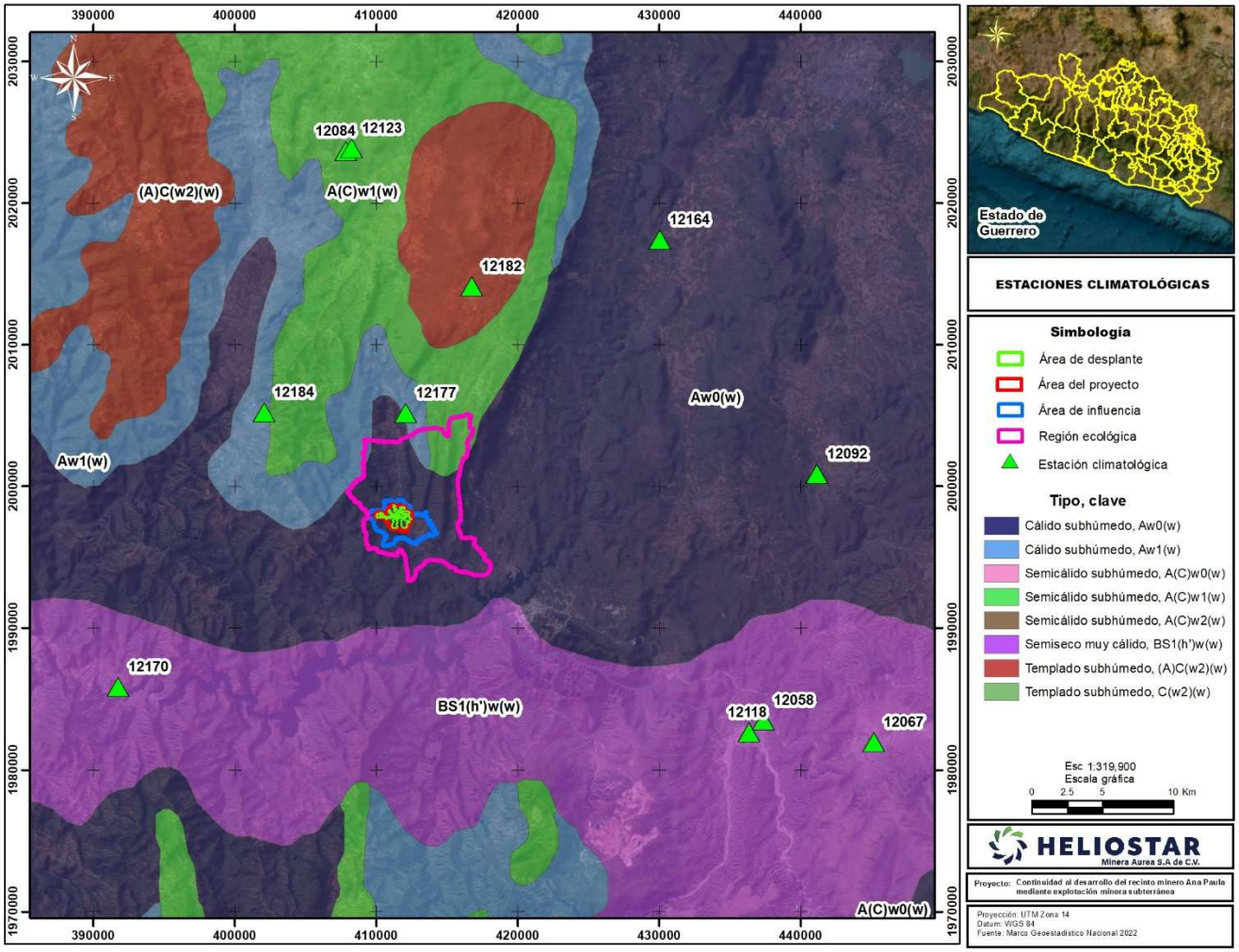


Figura 31. Estaciones climatológicas próximas a la RE.

En la siguiente tabla se muestran las coordenadas de las estaciones consideradas para la descripción de las variables climáticas, así como el tipo de clima en donde se ubican.

Tabla 14. Datos generales de las estaciones climatológicas localizadas en la RE, AI y área del Proyecto.

Clave	Nombre	Municipio	Estado de operación	Coordenadas UTM		Coordenadas geográficas		Altitud	Tipo de clima en donde se ubican
				X	Y	Latitud	Longitud		
12164	E.T.A. 274 Cocula	Cocula	Operando	430021.09	2017449.03	18.24527778°	-99.6619444°	670 msnm	Aw0(w) - Cálido subhúmedo
12084	12084 Teloloapan	Teloloapan	Operando	407819.38	2023720.16	18.30111111°	-99.8722222°	1649 msnm	A(c)w1(w) - Semicálido subhúmedo

En la siguiente tabla se muestran los datos de precipitación, temperatura y evaporación registrados por las estaciones, en donde se observa que, los meses de mayor temperatura son abril y mayo, los meses más fríos son diciembre y enero; en cuanto a precipitación la temporada de lluvias abarca de junio a septiembre y los meses de menor precipitación son diciembre, febrero y marzo.

Tabla 15. Variables climatológicas registradas por las estaciones climatológicas.

Estación 12164 E.T.A. 274 Cocula			Estación 12084 Teloloapan		
Mes	**Temperatura**	**Precipitación**	**Temperatura**	**Precipitación**	**Evaporación**
Ene	22.8	9.8	18.2	18.7	118.6
Feb	24.6	4.8	19.2	5.9	141.1
Mar	27.2	1.8	20.7	3.3	189.1
Abr	29.3	4.4	21.9	9.4	197.2
May	29.6	61.8	21.5	66.5	171.4
Jun	27.4	210.9	20.5	250.3	128.4
Jul	26	230.4	19.7	225.2	110.9
Ago	26.1	237.9	19.8	232.7	114.9
Sep	25.7	190.3	19.7	208.6	117.5
Oct	25.6	70.3	19.5	118.8	112.5
Nov	24	15.9	19	21.7	108.9
Dic	22.9	2	18.5	5	108.7
Total	**-**	**1040.3**	**-**	**1166.1**	**1,619.2**
Promedio	**25.9**	**86.69**	**19.9**	**97.18**	**134.93**

El comportamiento de los datos anteriores se visualiza en los siguientes diagramas ombrotérmicos, en donde además se identifican los periodos de sequía, es decir, cuando la precipitación es menor a 2 veces la temperatura, correspondiendo a los meses de noviembre a abril.

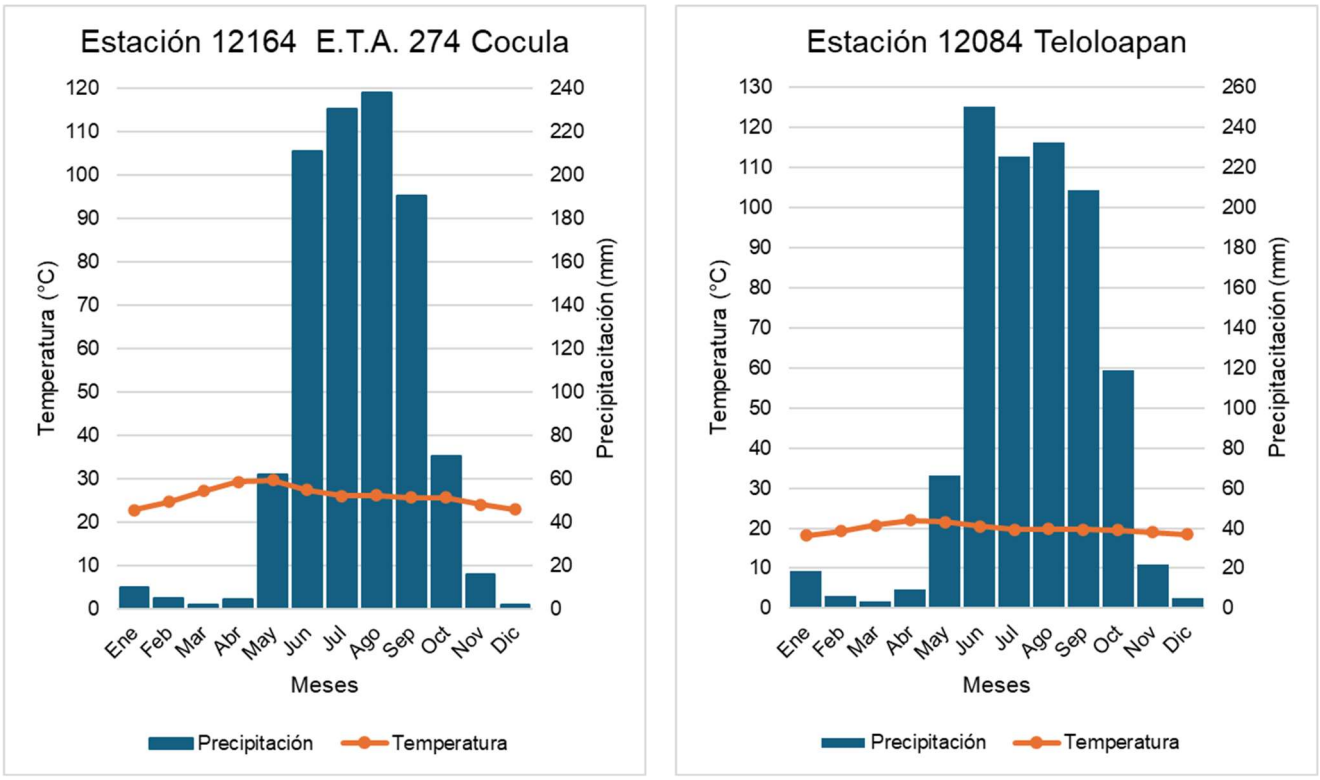


Figura 32. Diagrama ombrotérmico de la información registrada por las estaciones.

III.7.2.3 Fenómenos meteorológicos

De acuerdo con información del Atlas Nacional de Riesgos (CENAPRED, 2021), en el área de estudio podrían presentarse los siguientes fenómenos meteorológicos, los cuales han sido clasificados de acuerdo con su riesgo, el cual es resultado del análisis de vulnerabilidad, peligro y exposición. Dado que, estos datos se presentan por municipio, en la siguiente tabla se muestra la información para los 2 municipios sobre los cuales incide la RE: Cuetzala del Progreso y Cocula.

Tabla 16. Clasificación de peligro, riesgo y/o vulnerabilidad por la presencia de fenómenos hidrometeorológicos en la RE, AI y Proyecto.

Fenómeno hidrometeorológico	Riesgo	Área
Cuetzala del Progreso		
Ciclones tropicales	Muy bajo	RE, AI y AP
Inundación	Medio	RE, AI y AP
Sequía	Bajo	RE, AI y AP
Tormentas eléctricas	Medio	RE, AI y AP
Granizo	Bajo	RE, AI y AP
Ondas cálidas	Medio	RE, AI y AP
Bajas temperaturas	Muy bajo	RE, AI y AP

Fenómeno hidrometeorológico	Riesgo	Área
Nevadas	Muy bajo	RE, AI y AP
Cocula		
Ciclones tropicales	Muy bajo	RE
Inundación	Medio	RE
Sequía	Bajo	RE
Tormentas eléctricas	Medio	RE
Granizo	Bajo	RE
Ondas cálidas	Medio	RE
Bajas temperaturas	Bajo	RE
Nevadas	Muy bajo	RE

Como se observa, los fenómenos que presentan el mayor riesgo para la población son inundación, tormentas eléctricas y ondas cálidas, los cuales presentan riesgo medio; estos se presentan para la RE, AI y AP en ambos municipios.

III.7.2.4 Microclima

Por otra parte, es posible utilizar el concepto de microclima, que hace referencia al clima local o regional, en este caso a nivel de la RE, el cual dependerá de los componentes que este englobe, en este contexto, es de suma importancia hacer notar el papel que juega el hombre en la alteración del clima; como intervención evidente, se puede citar la urbanización, ésta trae consigo cambios en el ciclo hidrológico y en los climas locales a corto plazo y regionales a un plazo más largo; las variables climáticas son modificadas, en particular la temperatura y la humedad del aire aumentan y disminuyen respectivamente, incrementando la demanda evaporativa, tal como lo explica Jiménez (2000), autor que cita diferentes estudios en que se ha demostrado la variación de componentes climáticos en áreas con y sin perturbación, no distantes entre sí.

Tomando en cuenta estos elementos, se podría hablar de que las condiciones del microclima en la RE se encuentran mejor conservadas en aquellas áreas que conservan sus componentes naturales de vegetación y, por ende, suelos y relieve.

Mientras que aquellas zonas con algún tipo de modificación que haya implicado la pérdida de cobertura vegetal original presentarían microclimas distintos, es decir, con variables de temperatura y humedad diferentes a las que presentaban con cobertura vegetal natural. Por lo tanto, para describir este tipo de superficies se empleó el Índice de Integridad Ecosistémica. De acuerdo con CONABIO[13], El índice de integridad ecosistémica parte de un modelo conceptual llamado de tres capas (contextual, instrumental y latente), en el cual se establece la relación entre las características abióticas (climático-geográficas) y bióticas (principalmente de la estructura de la cobertura vegetal) con la condición del ecosistema. También hace uso de un modelo de referencia de integridad óptima, que asume la ausencia de intervenciones humanas.

A partir de dicho modelo, en la siguiente figura se observa que en la RE las áreas mejor conservadas y que por lo tanto mantendrían microclimas naturales se encuentran en la mayor parte de la RE, especialmente en la zona del centro al noreste y en la periferia al oeste; en el AI, AP y en la zona media

[13] http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/biodiv/bindintecs/ie2014_1kmgw

norte de la RE se observan las áreas con menos integridad ecosistémica, en donde los microclimas han sido modificados por cambios en la cobertura vegetal, debido principalmente a la actividad agrícola.

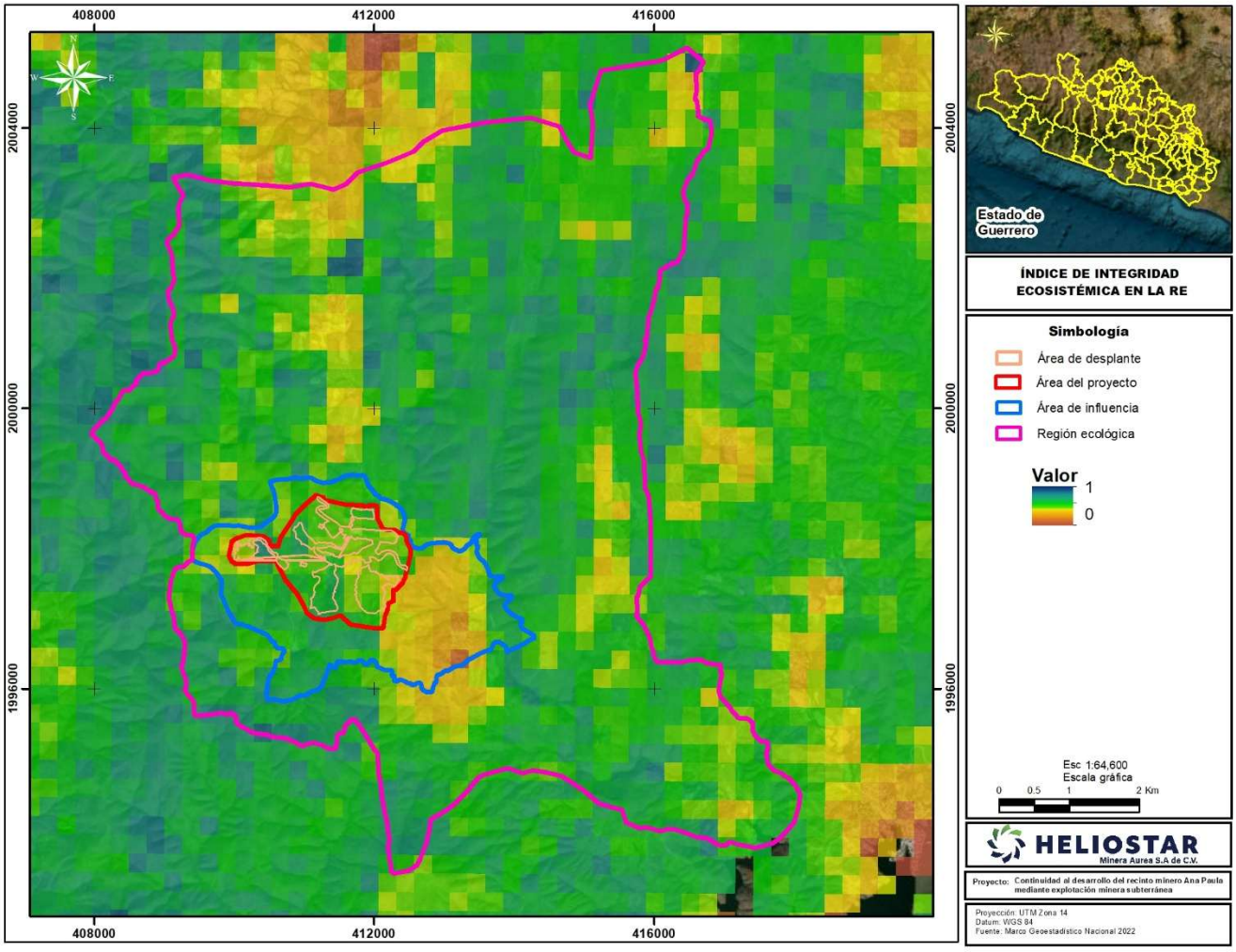


Figura 33. Índice de integridad ecosistémica en la RE.

III.7.2.5 Vulnerabilidad al cambio climático

De acuerdo con la Ley General de Cambio Climático la vulnerabilidad se define como “el grado en que los sistemas pueden verse afectados adversamente por el cambio climático, dependiendo de si éstos son capaces o incapaces de afrontar los impactos negativos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los eventos extremos”. La vulnerabilidad no sólo depende de las condiciones climáticas adversas, sino también de la capacidad de la sociedad de anticiparse, enfrentar, resistir y recuperarse de un determinado impacto.

La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática a la que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad adaptativa (IPCC, 2007; LGCC, 2012), las cuales se definen como se muestra en la siguiente figura.

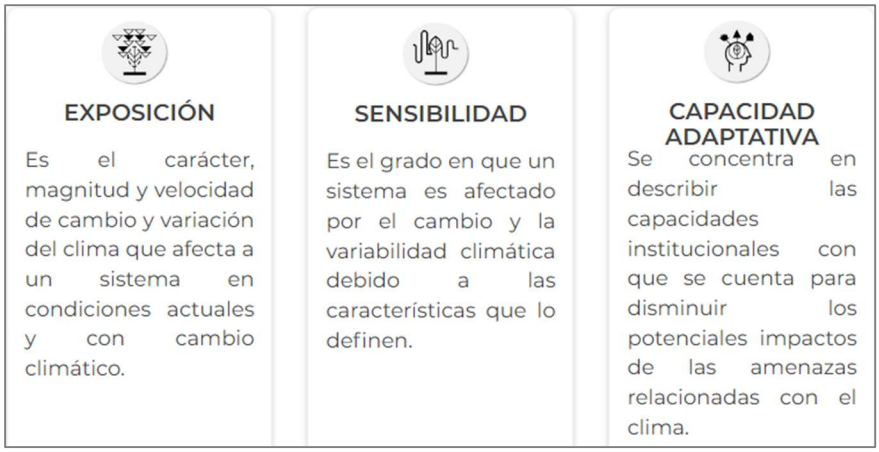


Figura 34. Variables que integran la vulnerabilidad al cambio climático (INECC, 2022).

Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (INECC, 2024[14]) contiene los siguientes 6 tipos de vulnerabilidad, de las cuales las 3 primeras (inundaciones, deslaves y dengue) presentan la vulnerabilidad de la población a estos fenómenos, mientras que las 3 últimas se refieren a la vulnerabilidad de actividades económicas.

- Vulnerabilidad de asentamientos humanos a inundaciones.
- Vulnerabilidad de asentamientos humanos a deslaves.
- Vulnerabilidad de la población al incremento potencial del dengue.
- Vulnerabilidad de la producción ganadera extensiva a inundaciones.
- Vulnerabilidad de la producción ganadera extensiva a estrés hídrico.
- Vulnerabilidad de la producción forrajera a estrés hídrico.

Con respecto a estos temas y la ubicación de la RE, AI y AP dependiendo del municipio es el tipo de vulnerabilidad que se presenta. Como se observa en la siguiente tabla tomada del INECC, el municipio de Cuetzala del Progreso en donde se encuentra la mayor parte de la RE, así como el AI y AP, presentan vulnerabilidad alta para los componentes de vulnerabilidad de asentamientos humanos a deslaves e inundaciones, así como vulnerabilidad de la producción forrajera a estrés hídrico y de la producción ganadera extensiva a inundaciones. En el caso de Cocula, esta presenta vulnerabilidad alta únicamente para producción forrajera a estrés hídrico y de la producción ganadera extensiva a inundaciones.

Tabla 17. Vulnerabilidad actual y con modelos de Cambio Climático (NE: no evaluado)[15].

Vulnerabilidad	Nombre Municipio	Exposición actual	Sensibilidad	Capacidad adaptativa	Vulnerabilidad actual	Vulnerabilidad SSP1 RCP26 21-40	Vulnerabilidad SSP1 RCP26 41-60
Vulnerabilidad de asentamientos humanos a deslaves	Cuetzala del Progreso	Alta	Media	Media	Alta	Alta	Alta
	Cocula	Muy baja	Media	Baja	Media	Media	Media

[14] https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/
[15] https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/atlas/mapa

Vulnerabilidad	Nombre Municipio	Exposición actual	Sensibilidad	Capacidad adaptativa	Vulnerabilidad actual	Vulnerabilidad SSP1 RCP26 21-40	Vulnerabilidad SSP1 RCP26 41-60
Vulnerabilidad de asentamientos humanos a inundaciones	Cuetzala del Progreso	Alta	Media	Media	Alta	Alta	Alta
	Cocula	Muy alta	Muy baja	Media	Media	Media	Media
Vulnerabilidad de la población al incremento potencial del dengue	Cuetzala del Progreso	Muy baja	Alta	Baja	Media	Media	Media
	Cocula	Muy baja	Media	Baja	Media	Media	Media
Vulnerabilidad de la producción forrajera a estrés hídrico	Cuetzala del Progreso	Alta	Muy alta	Media	Alta	-	-
	Cocula	Muy alta	Alta	Muy alta	Alta	-	-
Vulnerabilidad de la producción ganadera extensiva a estrés hídrico	Cuetzala del Progreso	Alta	Media	Alta	Media	-	-
	Cocula	Alta	Baja	Muy alta	Media	-	-
Vulnerabilidad de la producción ganadera extensiva a inundaciones	Cuetzala del Progreso	Muy alta	Alta	Media	Alta	-	-
	Cocula	Muy alta	Alta	Muy alta	Alta	-	-

III.7.2.6 Provincias y subprovincias fisiográficas

De acuerdo con el conjunto de datos vectoriales fisiográficos, escala 1:1’000,000, la RE, AI y el Proyecto se ubican en la provincia fisiográfica “Sierra Madre del Sur”, así como en la subprovincia “Sierras y Valles Guerrerenses”, como se muestra en las siguientes figuras.

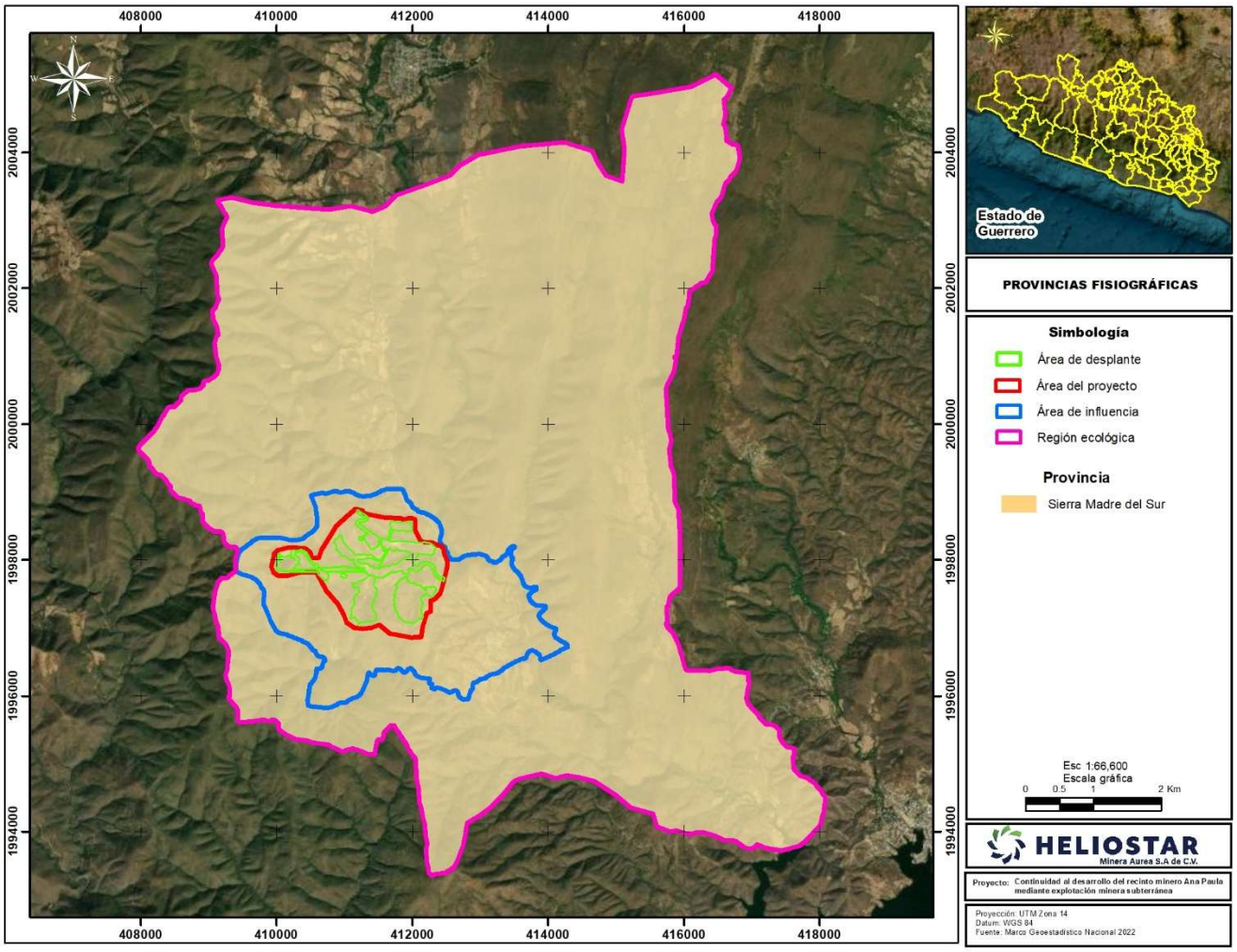


Figura 35. Ubicación del área de estudio con respecto a las provincias fisiográficas.

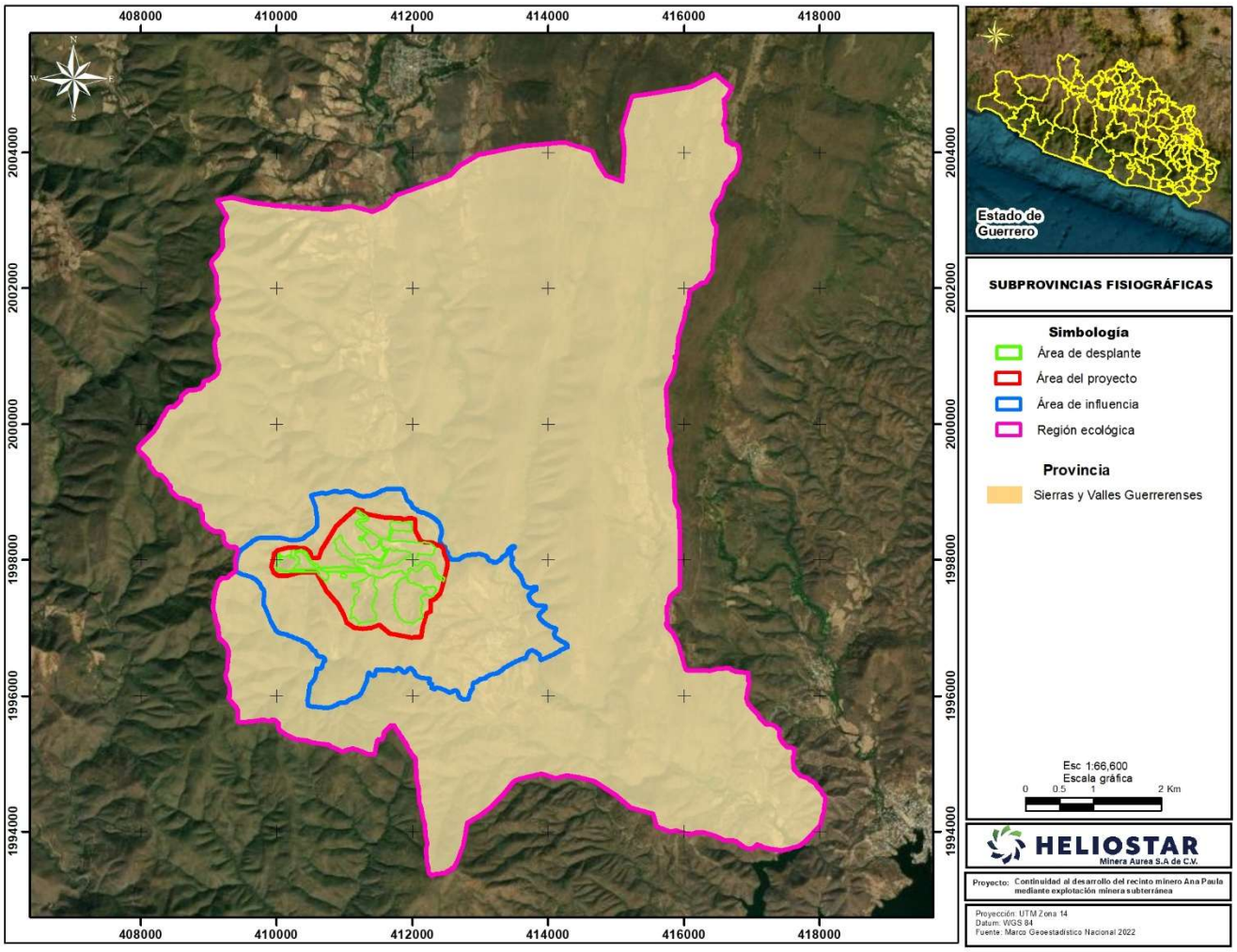


Figura 36. Ubicación del área de estudio con respecto a las subprovincias fisiográficas.

En la subprovincia Sierras y Valles Guerrerenses se alternan sierras y valles con orientación general hacia el sur. Su litología es semicompleja, pero con predominio de rocas calcáreas: así pues, se advierten formaciones de carso como dolinas (pozo de disolución), lago-dolinas (el Rodeo y Tequesquitengo, en el estado de Morelos) y grutas (Cacahuamilpa), entre otros rasgos. Las incisiones que la red fluvial ha realizado son relativamente recientes y las corrientes que modelan la unidad son afluentes de la margen derecha del Balsas, entre ellas se encuentran los ríos Amacuzac, Chontalcoatlán y San Jerónimo.

III.7.2.7 Sistema de topoformas

Conforme al Conjunto de datos vectoriales fisiográficos del INEGI, escala 1:1,000,000, la RE se ubica en 2 sistemas de topoformas: sierra baja compleja con llanuras y sierra de cumbres tendidas, la primera localizada únicamente en la porción sureste de la RE; mientras que el AI y AP se encuentran únicamente en topoforma de sierras de cumbres tendidas, misma que es dominante en la RE, como se muestra en la siguiente figura:

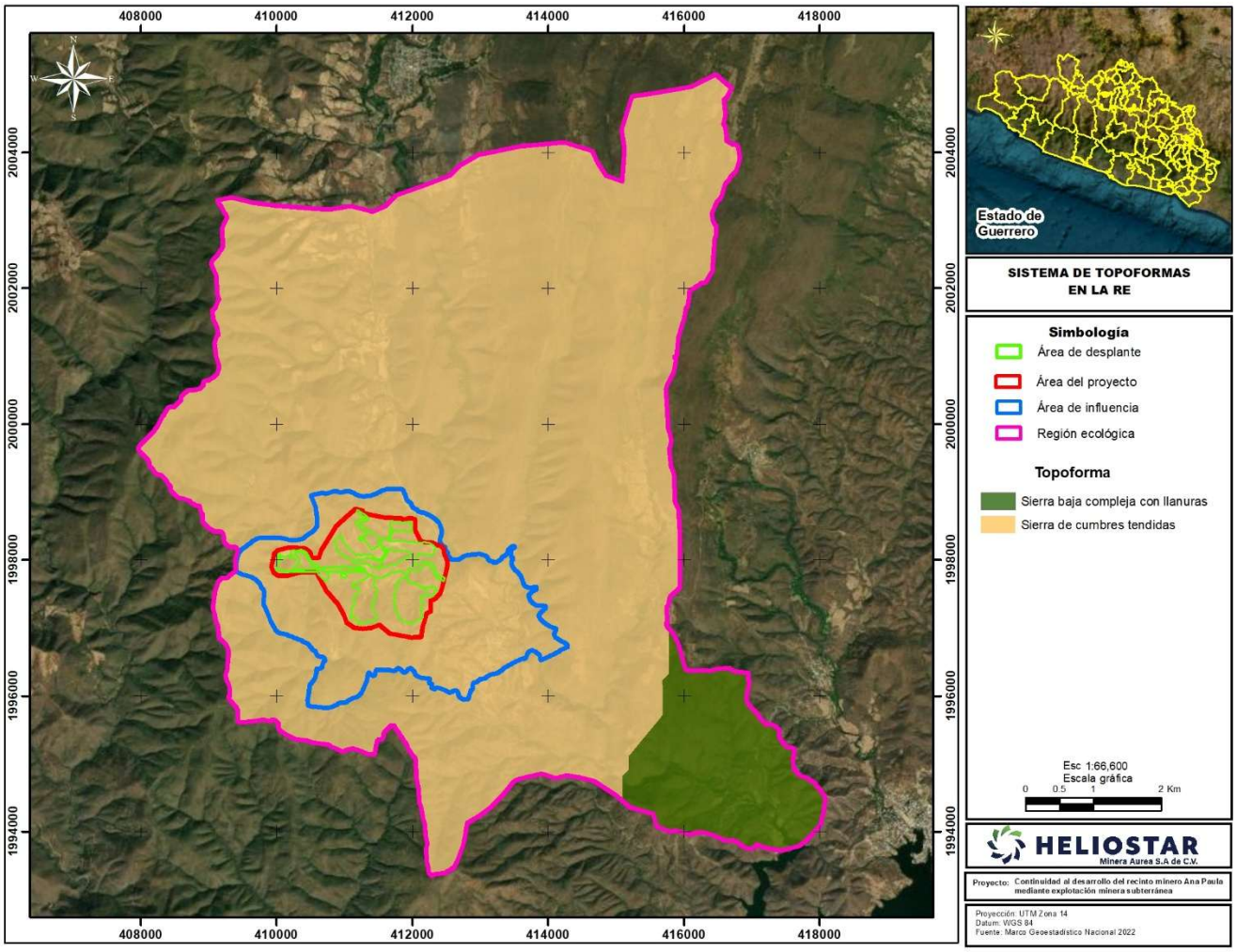


Figura 37. Ubicación del área de estudio con respecto a las topoformas.

III.7.2.8 Relieve

Por otro lado, conforme a la consulta de curvas de nivel del conjunto de datos vectoriales topográficos escala 1:50,000 del INEGI, se observa que la RE se encuentra en un rango de elevaciones de 480 a los 1740 msnm; mientras que el AI y el Proyecto presentan elevaciones en un rango de altitud de 600 a 1200 msnm, como se observa en el siguiente modelo de elevaciones.

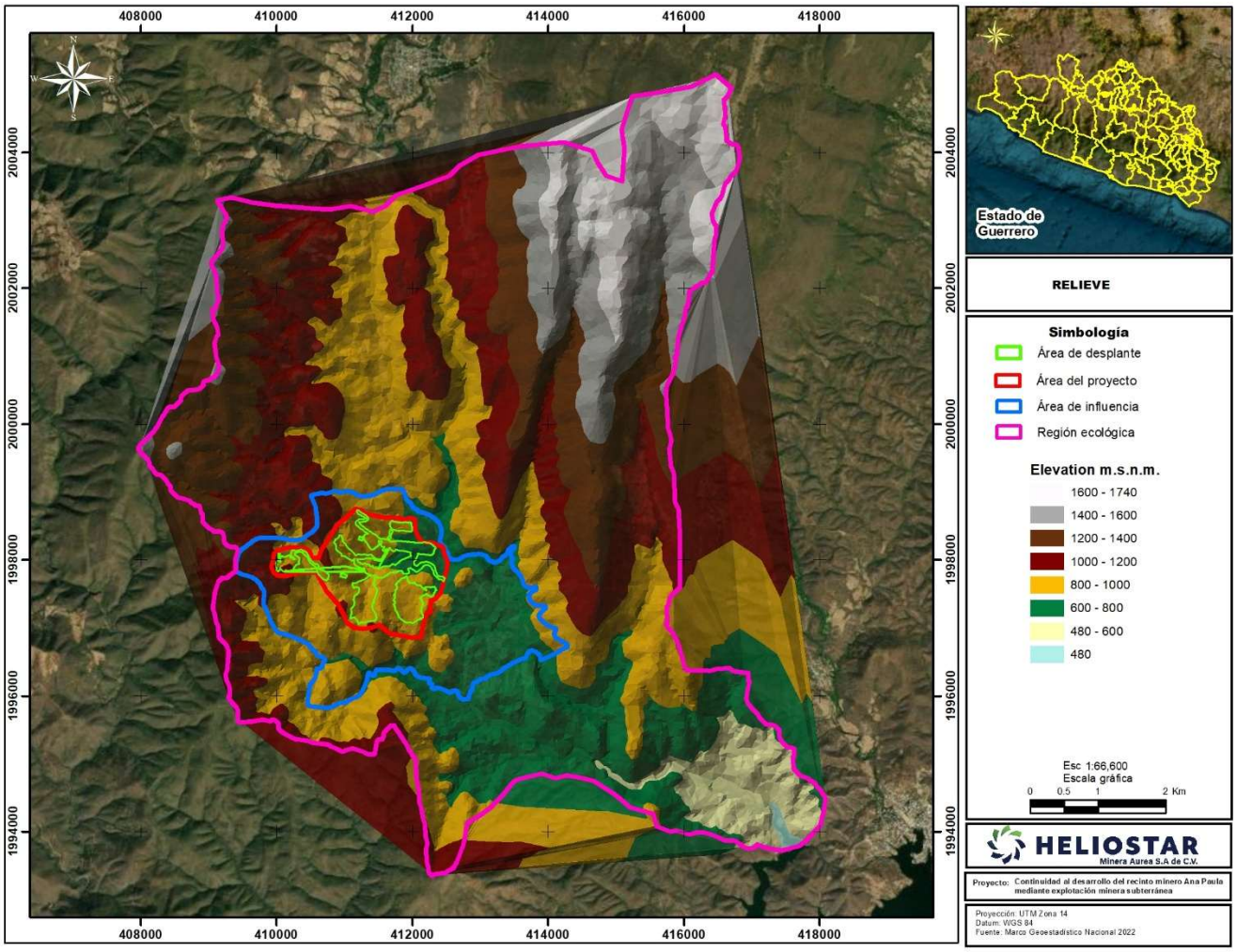


Figura 38. Relieve presente en el área de estudio.

III.7.2.9 Pendientes

De acuerdo con la consulta de curvas de nivel y la generación del modelo de pendientes, se observa que la pendiente en la RE y AI se encuentra en un rango de 0 a 50° y en el AP es de 0 a 40°, con dominancia de una pendiente entre 20 y 30°, como se observa en la siguiente figura.

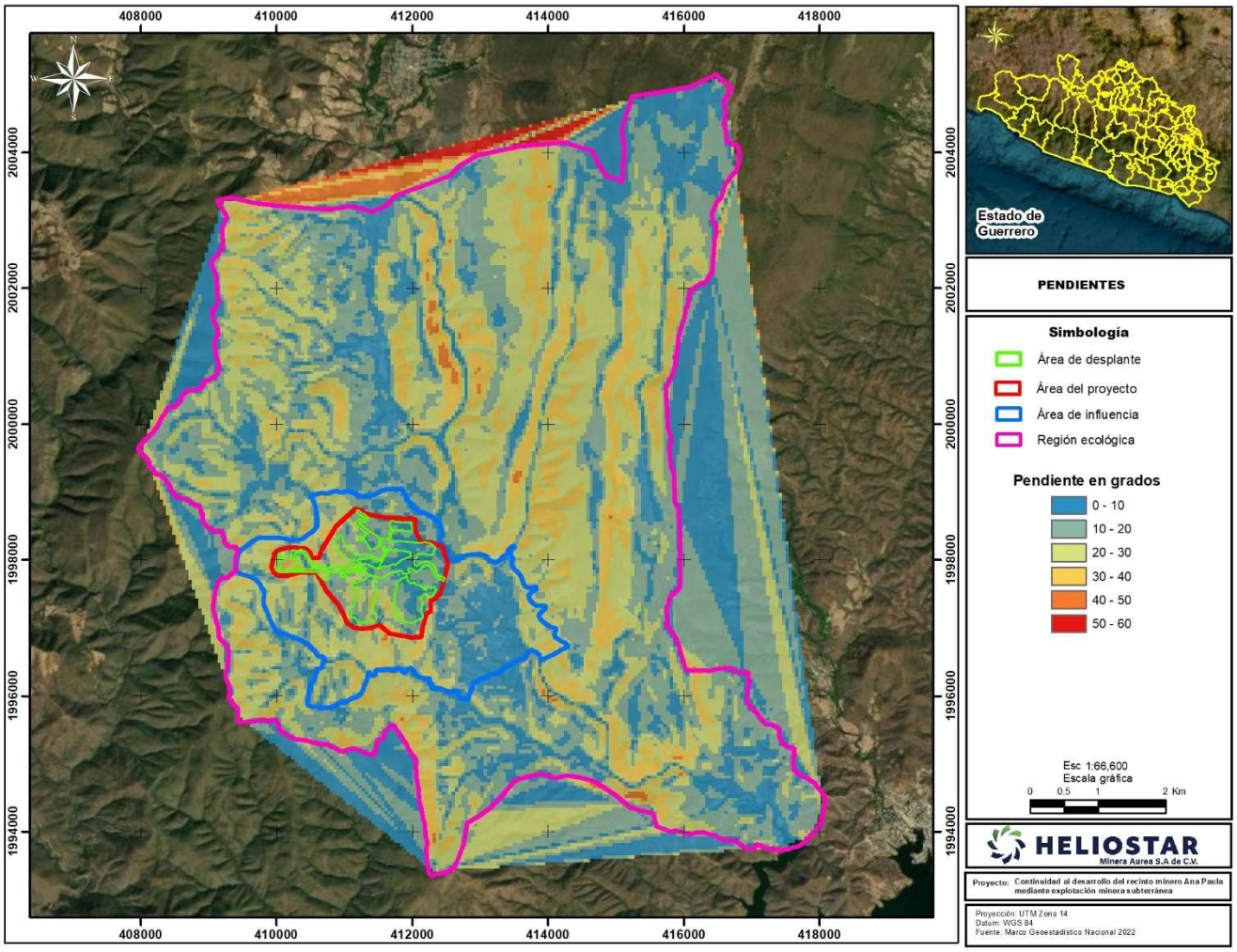


Figura 39. Pendientes presentadas en el área de estudio.

III.7.2.10 Geología

De acuerdo con el conjunto de datos vectoriales geológicos, continuo nacional, escala 1:1’000,000, los tipos de roca presentes en la RE son rocas de tipo caliza, caliza-lutita, lutita-arenisca y pórfido traquítico. Mientras que, en el AI y área de Proyecto se distribuyen en rocas de tipo caliza-lutita y lutita-arenisca.

La distribución de estos tipos de roca en la RE, AI y área del Proyecto se muestra en la siguiente figura.

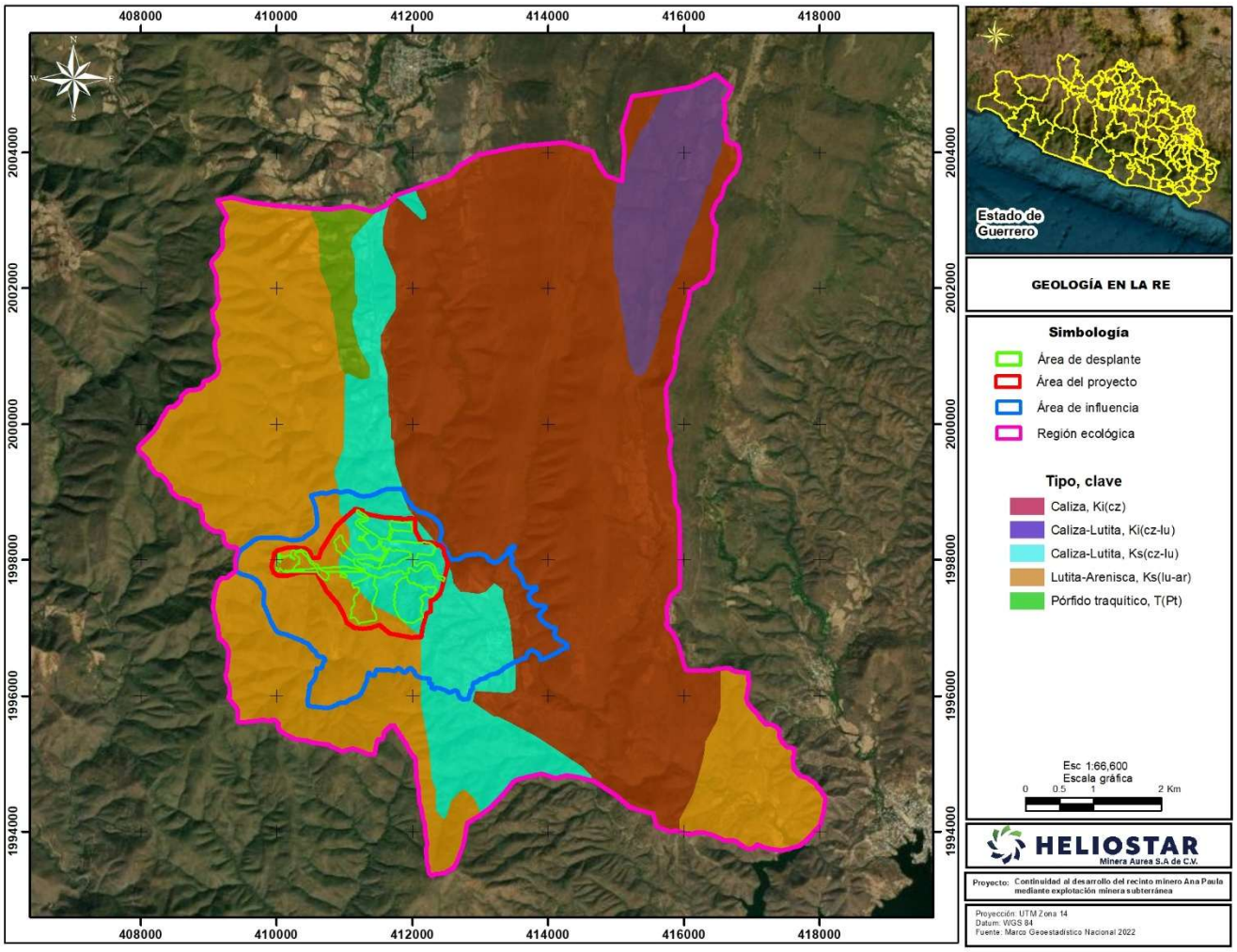


Figura 40. Distribución de tipos de roca en el área de estudio.

Por otro lado, se realizó un Estudio hidrológico, geohidrológico y geotécnico para descartar posible afectación a cuerpos de agua superficiales o subterráneos (anexo 04 Estudios / Hidrológico, geológico y geotécnico) en donde se señala que, la estratigrafía local está dominada por unidades de origen sedimentario, tales como la Formación Mezcala (Cretácico Superior) y la Formación Morelos (Cretácico inferior), afectadas por el emplazamiento intrusivos del Oligoceno, (SGM, 1998).

Para definir la geología a nivel local, se utilizó como base el plano geológico desarrollado por Heliostar. A partir de este, se actualizaron y delimitaron los contactos identificados mediante los recorridos de campo y el análisis de las planillas de barrenación. Asimismo, para trazar con mayor precisión los contactos en la zona proyectada para la instalación de la presa de jales, se integró la información estratigráfica y estructural obtenida de los barrenos realizados para las pruebas de permeabilidad.

Para la caracterización geológica e hidrogeológica de la zona de la Presa de jales, se llevó a cabo la siguiente metodología:

- **Integración de bases de datos:** A partir de las descripciones litológicas y fotografías de los barrenos, se diseñaron las bases de datos de ubicación (*Collar*), topografía/trayectoria (*Survey*) y litología (*Lithology*).

- **Pruebas de permeabilidad:** Se realizaron pruebas de permeabilidad de carga constante en las perforaciones ubicadas estratégicamente en la zona proyectada para la presa de jales.
- **Integración de datos (Assays):** La información obtenida de las pruebas se sumó a la base de perforaciones previas para generar un registro unificado de ensayos geomecánicos e hidrológicos.

Modelado numérico: Con los datos estructurados, se elaboró un modelo de geología implícita para definir la distribución espacial de la permeabilidad en la unidad de lutitas-arcillas y en el pórfido granítico.

El análisis de la base de datos permeabilidad refleja valores de conductividad hidráulica predominantemente bajos, lo cual, en conjunto con el diseño del proyecto, resulta en un escenario altamente favorable para garantizar el aislamiento de la presa de jales.

A partir de estos datos y de la caracterización hidrogeológica de la subcuenca, la interacción física y el cumplimiento normativo se define el siguiente escenario:

- **Capacidad de retención geológica:** Los valores registrados en los barrenos indican que las unidades litológicas poseen una permeabilidad primaria de baja a muy baja. La distribución espacial de la subcuenca, conformada por granito en la mitad oeste y lutitas-calizas en la mitad este, genera un basamento competente que limita de la migración rápida de fluidos hacia el subsuelo.
- **Artesianismo como barrera hidráulica:** La profundidad del acuífero regional es somera (15 a 20 metros), lo cual representaría un alto índice de vulnerabilidad en condiciones de flujo vertical libre. Sin embargo, la presencia de artesianismo en los pozos indica que se trata de un acuífero confinado con presión hidrostática positiva. Este gradiente hidráulico ascendente actúa como una barrera hidráulica natural, ya que la presión del agua subterránea genera un flujo ascendente hacia la superficie.
- **Aislamiento sintético integral:** Para cumplir con la normativa ambiental, que prohíbe estrictamente la vulnerabilidad del acuífero, la moderada permeabilidad natural de la roca se reforzará con el sistema de contención superficial. La colocación de un sustrato de material impermeable compactado, recubierto por una geomembrana, limitara las vías de flujo hidráulico entre los jales y el suelo natural.

La subcuenca proyectada para el emplazamiento de la presa de jales presenta una configuración estructural e hidroestratigráfica bien diferenciada. Espacialmente, el área está dominada por el contacto entre un bloque ígneo intrusivo (pórfido granítico) emplazado en la porción oeste, y la secuencia sedimentaria de la Formación Mezcala (intercalación de lutitas y calizas) hacia el este.

Desde una perspectiva hidrogeológica y geotécnica, este conjunto de unidades litológicas actúa en su conjunto como un acuitardo natural, ya que las lutitas de la Formación Mezcala, compuestas predominantemente por minerales arcillosos, exhiben un comportamiento frágil y una alta capacidad de autosellado ante esfuerzos de confinamiento; esta característica mitiga el desarrollo de conductividad hidráulica secundaria por fracturamiento. Por su parte, el pórfido granítico presenta una matriz cristalina masiva que carece de porosidad primaria interconectada.

Esta condición de muy baja permeabilidad en el área de la presa se corrobora cuantitativamente mediante las pruebas realizadas en la zona del contacto litológico y las unidades adyacentes. El análisis estadístico de 16 mediciones arroja una conductividad hidráulica (K) media de $6.30X10^{-7}$ m/s, con una

mediana aún más restrictiva de 1.95 10^{-7} m/s. Esta tendencia hacia valores bajos indica que la mayor parte del macizo es prácticamente impermeable. Los registros mínimos alcanzan valores de $5.0X10^{-9}$ m/s (asociados a roca masiva o zonas arcillosas completamente selladas), mientras que los valores máximos $6.6X10^{-6}$ m/s representan condiciones locales asociadas al microfracturamiento en el contacto intrusivo-lutita, sin llegar a constituir conductos de flujo preferencial que condiciones el gradiente hidráulico.

Considerando los parámetros de la secuencia de lutitas-calizas, la velocidad de descarga (v = K * i) a través de esta unidad es marginal. En términos hidrogeológicos y geotécnicos, una conductividad del orden de 10-7 m/s clasifica al conjunto de unidades litológicas como un material de "drenaje pobre a prácticamente impermeable". Bajo este escenario, el tiempo de tránsito temporal de cualquier lixiviado teórico requiere un tiempo de residencia lo suficientemente prolongado para permitir la atenuación geoquímica y la retención natural de iones metálicos, procesos favorecidos por la capacidad de adsorción e intercambio catiónico inherente a la matriz arcillosa de las lutitas.

Al existir condiciones de artesianismo, la carga piezométrica del acuífero confinado supera la cota de desplante proyectada para la base de la presa de jales. Esta configuración genera un gradiente hidráulico netamente ascendente. Físicamente, el empuje hidrostático del agua subterránea ejerce una contrapresión que anula el vector de velocidad descendente de cualquier posible infiltración superficial. En consecuencia, la propia hidrodinámica del sistema funciona como una barrera hidráulica activa que restringe drásticamente la recarga profunda.

Para garantizar el estricto cumplimiento normativo en materia de prevención y vulnerabilidad acuífera (conforme a los lineamientos de la NOM-141-SEMARNAT-2003 para presas de jales), se proyecta un sistema de barrera compuesta que potencializa las características restrictivas del basamento natural. La tasa de filtración a través de este sistema se minimiza mediante la combinación de dos mecanismos constructivos:

- Sustrato Arcilloso Compactado: Colocación y conformación de una capa base de material arcilloso de muy baja permeabilidad ($K \leq 1.0X10^{-9}$ m/s), humectada y compactada al 95% de su Peso Volumétrico Seco Máximo (prueba Proctor Modificado).
- Geomembrana de HDPE: Instalación de una barrera sintética de polietileno de alta densidad. De acuerdo con las ecuaciones empíricas de filtración para geomembranas compuestas el flujo de infiltración bajo una membrana instalada sobre un suelo arcilloso incrementa el nivel de baja permeabilidad.

Evaluación de Vulnerabilidad del Acuífero

La superposición geométrica e hidráulica de los factores descritos genera un índice de vulnerabilidad sumamente bajo para el acuífero. La seguridad ambiental del sitio se sustenta en un sistema redundante que restringe el flujo vertical mediante tres mecanismos de bloqueo sucesivos:

1. Bloqueo Primario (Sintético/Constructivo): Sistema compuesto por la geomembrana de HDPE sobre el sustrato arcilloso compactado, el cual impide el contacto inicial de los fluidos con el terreno natural.
2. Bloqueo Secundario (Litológico): Acuitardo natural subyacente, conformado por la secuencia de lutitas-calizas y el pórfido granítico, cuya matriz de baja conductividad retarda cinemáticamente cualquier flujo subsuperficial remanente.

3. Bloqueo Terciario (Hidrodinámico): Presión artesiana ascendente del sistema confinado, la cual actúa como una barrera hidráulica física que limita el ingreso de fluidos externos hacia el nivel freático regional.

Anexo 04 Estudios / Hidrológico, Geológico y Geoténico (Estudio hidrológico, geohidrológico y geotécnico para descartar posible afectación a cuerpos de agua superficiales o subterráneos)

III.7.2.11 Fallas y fracturas

De acuerdo con el Conjunto de Datos Vectoriales Geológicos, Continuo Nacional, Escala 1:1’000,000 del INEGI, dentro de la RE se localiza una falla y una fractura, de las cuales, el AI incide sobre la falla, y el AP no tiene incidencia en estas, como se observa en la siguiente figura.

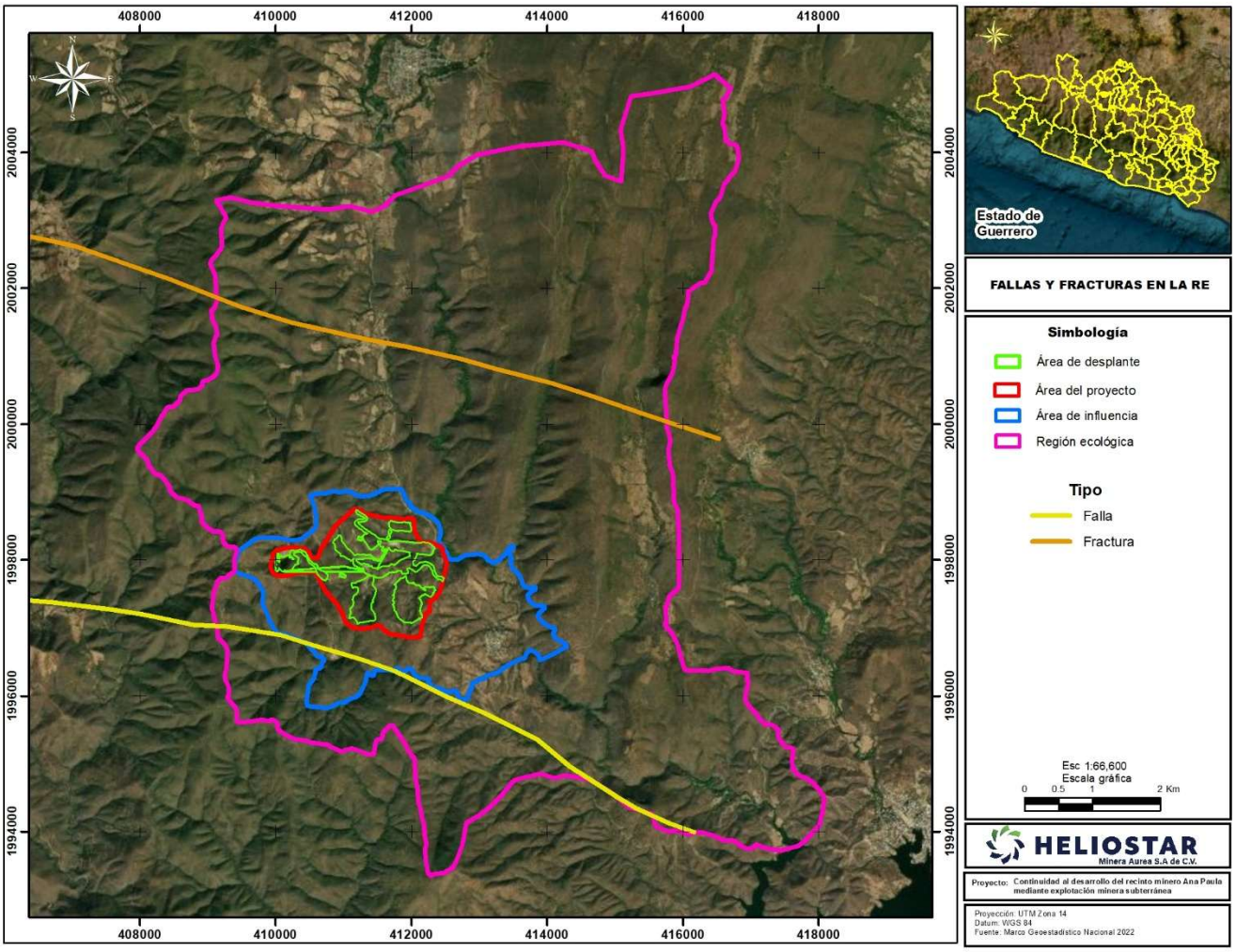


Figura 41. Ubicación del área de estudio con respecto a fallas y fracturas geológicas.

III.7.2.12 Susceptibilidad a fenómenos geológicos

III.7.2.12.1 Deslizamiento de laderas

De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos, la RE, AI y AP presentan un índice por susceptibilidad al deslizamiento de laderas variable, que va de muy bajo a alto, como se muestra en la siguiente figura.

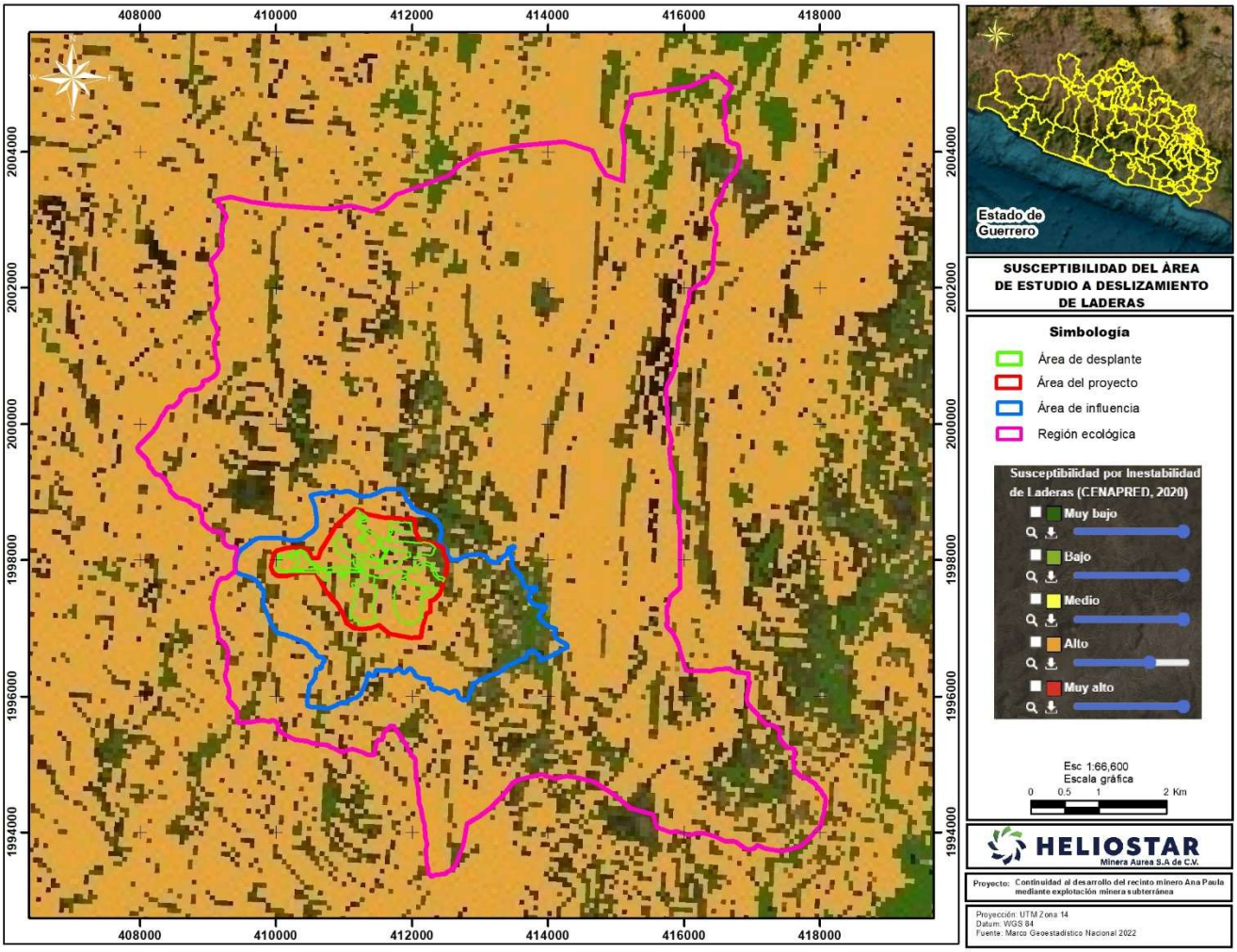


Figura 42. Susceptibilidad del área de estudio a deslizamiento de laderas.

III.7.2.12.2 Sismicidad

Respecto a la presencia de sismos, de acuerdo con la regionalización sísmica nacional de la Comisión Federal de Electricidad (2015), la RE, AI y AP se encuentran en la zona C, las cuales son zonas intermedias, donde se registran sismos no tan frecuentemente o son zonas afectadas por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo. Esta zonificación se observa en la siguiente figura.

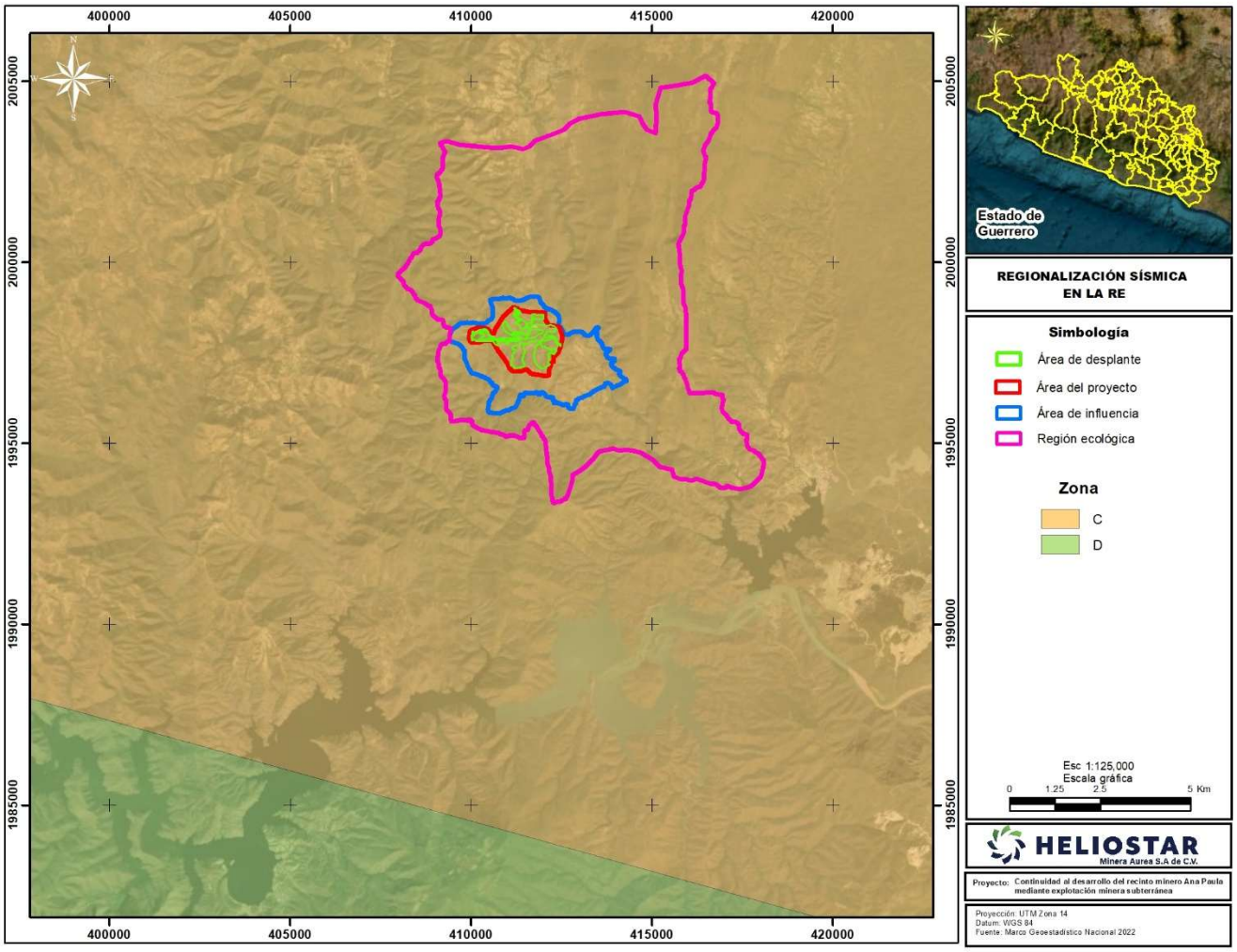


Figura 43. Ubicación del área de estudio con respecto a la regionalización sísmica nacional.

Conforme al Estudio hidrológico, geohidrológico y geotécnico para descartar posible afectación a cuerpos de agua superficiales o subterráneos (anexo 04 Estudios / Hidrológico, geohidrológico y geotécnico), para la evaluación del Riesgo sísmico y la correcta aplicación de los Modelos de Predicción del Movimiento del Suelo, el parámetro fundamental de sitio es la velocidad media de onda de corte en los primeros 30 metros de profundidad (VS30). En el área del proyecto, el perfil geosísmico somero está controlado por un basamento compuesto por secuencias sedimentarias (calizas y lutitas) y cuerpos ígneos intrusivos (granodiorita). Este basamento se encuentra cubierto por horizontes de espesor variable de material aluvial, coluvial y residual, presentando un alto grado de intemperismo en su porción más superficial (Knight-Piesold, 2018).

La caracterización dinámica del macizo rocoso se definió a partir de estudios de refracción sísmica, los cuales permitieron identificar tres unidades geosísmicas principales. El horizonte basal (Unidad US-3) se caracteriza como un sustrato rocoso de calidad "regular a buena", reportando velocidades de onda de compresión (Vp) superiores a los 2,500 m/s para el paquete sedimentario y mayores a 2,000 m/s para el intrusivo ígneo. Asumiendo una relación de Poisson (v) de 0.25 a 0.30 (valores característicos para estas litologías), se derivan velocidades teóricas de onda de corte (Vs) en un rango de 1,069 a 1,443 m/s.

Estos parámetros teóricos fueron calibrados con mediciones directas en perforaciones exploratorias. Los registros indican que, en dominios sedimentarios (ej. barreno BH-KP17-03), la Vs experimenta un gradiente positivo rápido, incrementando desde 300 m/s en los horizontes intemperizados superficiales hasta 1,800 m/s a los 24 m de profundidad, alcanzando un comportamiento asintótico cercano a los 2,000 m/s hasta los 100 m de profundidad. En zonas con mayor grado de alteración (ej. barreno BH-TSF-KP17-15), la Vs fluctúa entre los 140 y 1,270 m/s.

Con base en la integración de estos modelos de velocidad, se adoptó conservadoramente un parámetro de diseño VS30 = 1,000 m/s para los cálculos de respuesta de sitio y peligro sísmico del proyecto. Este valor umbral es estadísticamente representativo de una roca basal competente y garantiza que, ante solicitaciones dinámicas, el estrato de apoyo del proyecto exhibirá un comportamiento elástico lineal de alta rigidez a profundidades someras en toda zona se van a realizar construcciones.

Los resultados de la evaluación del peligro por movimiento del terreno para el sitio del Proyecto con la caracterización dinámica, el modelo de peligro fue calculado adoptando un parámetro de sitio VS30 = 1,000 m/s, representativo de un basamento rocoso competente con comportamiento elástico lineal.

Resultados del Análisis Determinista

De manera complementaria, se consideran espectros deterministas para dos sismos de escenario críticos, fundamentados en los eventos máximos históricos registrados para la zona de subducción: (Figura 17)

Escenario Interplaca (Megathrust): Evento M = 8.6 a una distancia de ruptura de 41 km.

Escenario Intraplaca (Intraslab): Evento M = 8.2 a 41 km de distancia.

Al comparar los espectros medianos y del percentil 84 de ambos escenarios, resalta un fenómeno clave: las ordenadas espectrales del evento intraslab son significativamente más altas que las del evento megathrust, a pesar de tener una magnitud inferior. Sismológicamente, esta fuerte amplificación de altas frecuencias es atribuible a las mayores caídas de esfuerzos dinámicos que caracterizan a los sismos de ruptura Intraplaca.

Anexo 04 Estudios / Hidrológico, Geológico y Geoténico (Estudio hidrológico, geohidrológico y geotécnico para descartar posible afectación a cuerpos de agua superficiales o subterráneos)

III.7.2.13 Tipos de suelo

De acuerdo con la cartografía edafológica, escala 1:250 000, serie III del INEGI; en la RE, AI y AP se distribuyen suelos de tipo leptosol y regosol, de los cuales los leptsoloes son los que ocupan mayor extensión de cada área, como se observa en la siguiente figura.

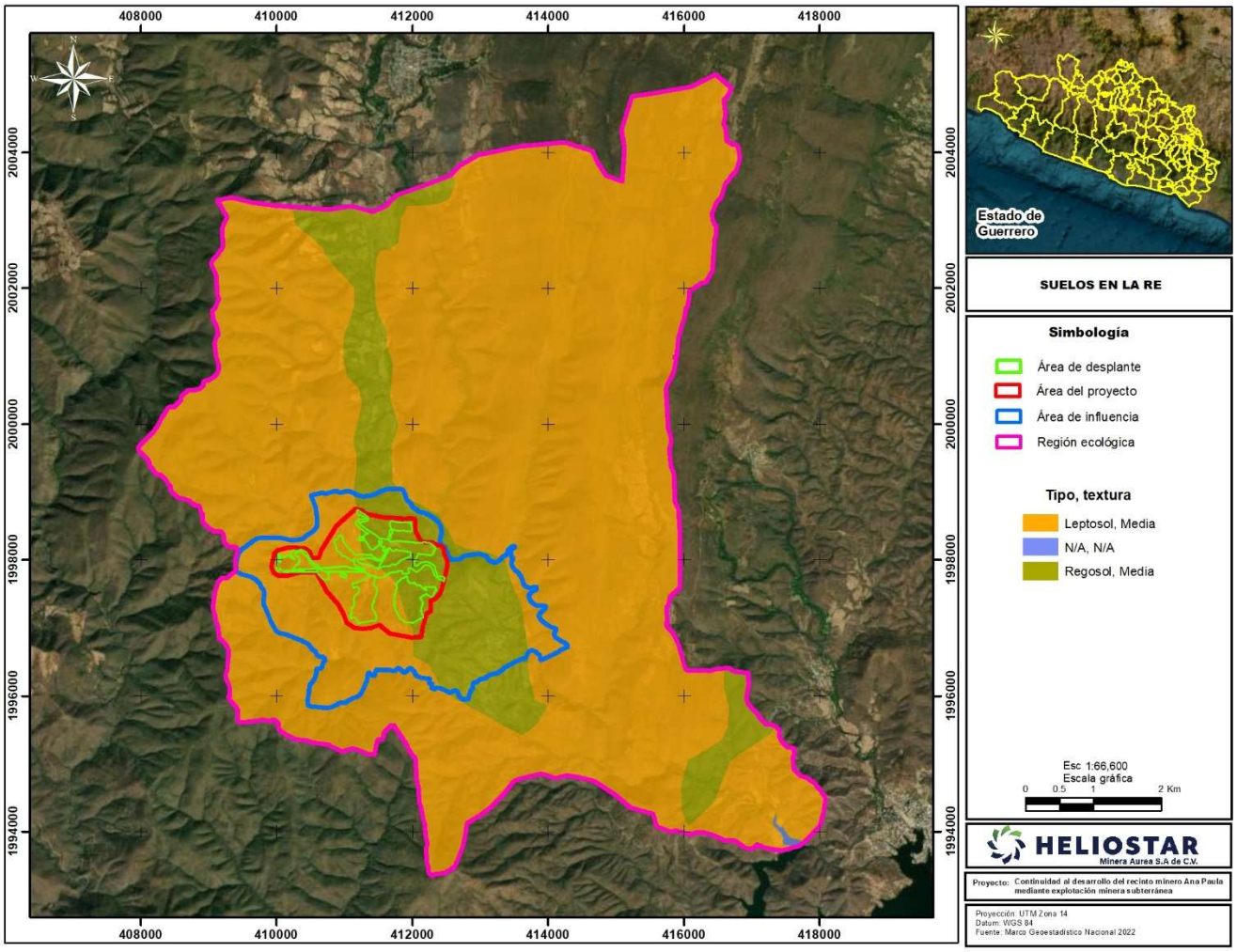


Figura 44. Tipos de suelo presentes en el área de estudio.

En la siguiente tabla se especifica la distribución en superficie por tipo de suelo y textura.

Tabla 18. Superficie por tipo de suelo en la RE y AI.

Tipo	Clave	Textura	RE		AI	
			ha	%	ha	%
Leptosol	LPeu-hu+LPli-ca/2P	Media	3,477.724	51.52	42.243	4.74
	LPeu-oh+LPca+RGlep/2	Media	1,896.672	28.10	436.415	48.96
	LPli-ca+RGlep-ca/2	Media	458.086	6.79	9.758	1.09
N/A	SA	N/A	5.251	0.08		
Regosol	RGlep-ca+LPli/2	Media	107.135	1.59		
	RGlep-ca+LPrz/2	Media	804.980	11.93	402.971	45.21
		Suma	**6,749.847**	**100.00**	**891.387**	**100.00**

Tabla 19. Superficie por tipo de suelo en el AP, área de desplante y área de CUSTF.

Tipo	Clave	Textura	AP		Desplante		CUSTF	
			ha	%	ha	%	ha	%
Leptosol	LPeu-oh+LPca+RGlep/2	Media	153.876	55.41	46.836	46.47	36.282	41.78
Regosol	RGlep-ca+LPrz/2	Media	123.847	44.59	53.959	53.53	50.563	58.22
		Suma	**277.723**	**100.00**	**100.795**	**100.00**	**86.846**	**100.00**

De acuerdo con el INEGI y la Food and Agriculture Organization (IUSS, 2007), estos tipos de suelo presentan las siguientes características:

Leptosol

- Connotación: Suelos someros; del griego leptos, fino.
- Material parental: Varios tipos de roca continua o de materiales no consolidados con menos de 20 porciento (en volumen) de tierra fina.
- Ambiente: Principalmente tierras en altitud media o alta con topografía fuertemente disectada. Los Leptosoles se encuentran en todas las zonas climáticas (muchos de ellos en regiones secas cálidas o frías), en particular en áreas fuertemente erosinadas.
- Desarrollo del perfil: Los Leptosoles tienen roca continua en o muy cerca de la superficie o son extremadamente gravillosos. Los Leptosoles en material calcáreo meteorizado pueden tener un horizonte mólico.

Regosol

- Connotación: Suelos débilmente desarrollados en material no consolidado; del griego rhegos, manta.
- Material parental: material no consoliddo de grano fino.
- Ambiente: Todas las zonas climáticas sin permafrost y todas las alturas. Los Regosoles son particularmente comunes en áreas áridas (incluyendo el trópico seco) y en regiones montañosas.
- Desarrollo del perfil: Sin horizontes de diagnóstico. El desarrollo del perfil es mínimo como consecuencia de edad joven y/o lenta formación del suelo, e.g. debido a la aridez.

III.7.2.14 Procesos erosivos

De acuerdo con la cartografía de erosión, escala 1:250,000 del INEGI, en el suelo presente en la RE, AI y área del Proyecto se identifican áreas con erosión hídrica laminar en grados leve y moderado, así mismo, se observan áreas sin erosión, como se muestra en la siguiente figura.

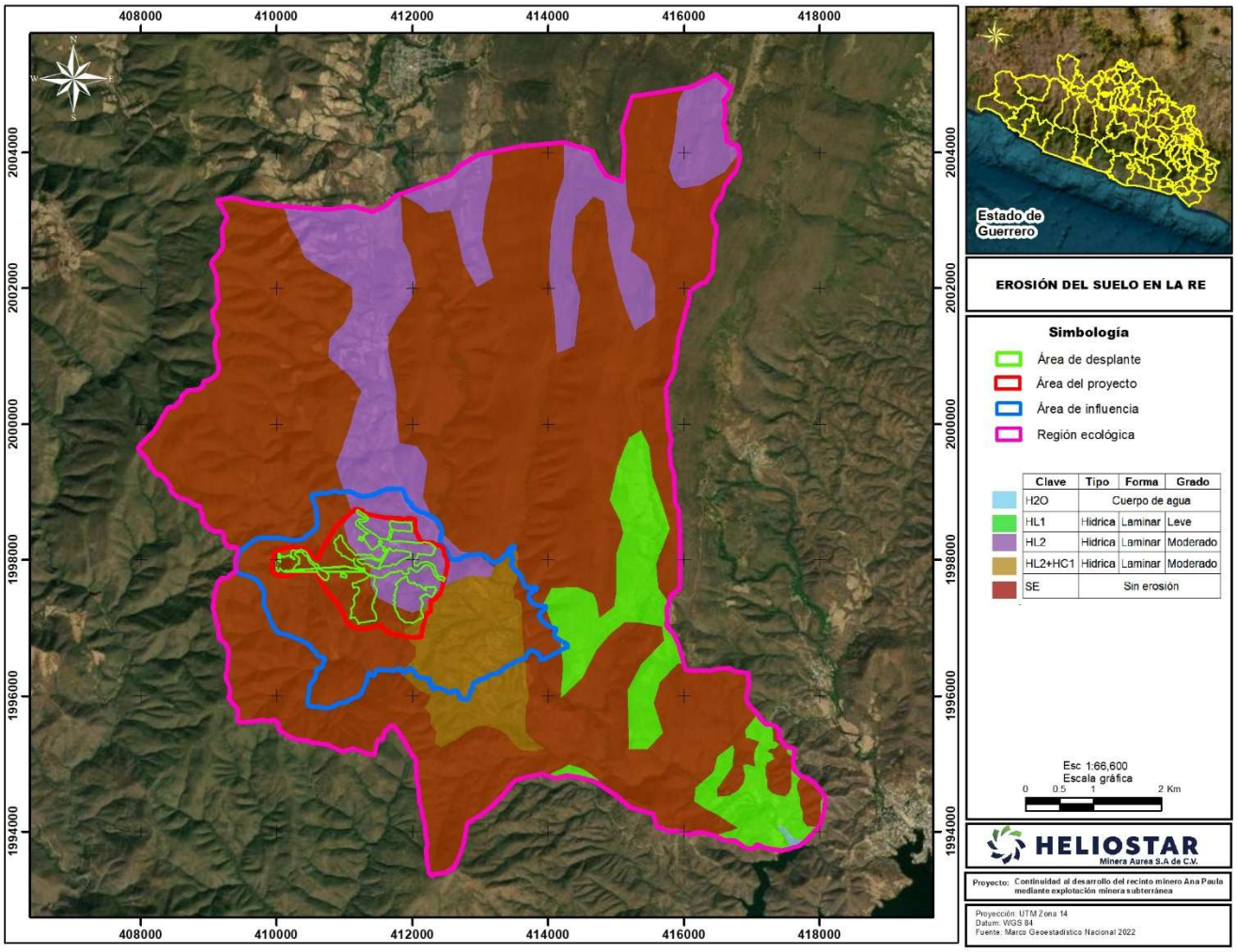


Figura 45. Tipos de erosión presentes en el área de estudio.

De acuerdo con el grado de erosión, se observa que, en la RE el 29.05% presenta algún tipo de erosión, en el AI corresponde al 49.98% y en el AP el 54.93% presenta erosión. Como se observa en la siguiente tabla, el grado de erosión que ocurre en la mayor superficie es moderada.

Tabla 20. Superficie por grado de erosión en la RE.

Grado de erosión	RE	
	ha	%
N/A	4,789.237	70.95
Leve	502.671	7.45
Moderado	1,457.939	21.60
Suma	**6,749.847**	**100.00**

Tabla 21. Superficie por grado de erosión en el AI.

Grado de erosión	AI	
	ha	%
N/A	445.840	50.02

Grado de erosión	AI	
	ha	%
Leve	1.080	0.12
Moderado	444.467	49.86
Suma	**891.387**	**100.00**

Tabla 22. Superficie por grado de erosión en el AP.

Grado de erosión	AP	
	ha	%
N/A	125.169	45.07
Leve		0.00
Moderado	152.554	54.93
Suma	**277.723**	**100.00**

De acuerdo con la distribución de los diferentes tipos de erosión por superficie, se observa que en la RE dominan las áreas con erosión de tipo hídrica laminar en grado moderado y leve, la cual ocupa el 29.05% de la superficie total, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 23. Superficie por clase de erosión en la RE.

Tipo de erosión	Forma de erosión	RE	
		ha	%
N/A	N/A	4,789.237	70.95
Hídrica	Laminar	1,960.610	29.05
	Suma	**6,749.847**	**100.00**

En el AI y área del Proyecto, se observa que también dominan las áreas con erosión de tipo hídrica laminar en grado moderado y leve, ocupando el 49.98% y 54.93% respectivamente, como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 24. Superficie por clase de erosión en el AI.

Tipo de erosión	Forma de erosión	AI	
		ha	%
N/A	N/A	445.840	50.02
Hídrica	Laminar	445.547	49.98
	Suma	**891.387**	**100.00**

Tabla 25. Superficie por clase de erosión en el área del Proyecto.

Tipo de erosión	Forma de erosión	AP	
		ha	%
N/A	N/A	125.169	45.07
Hídrica	Laminar	152.554	54.93
	Suma	**277.723**	**100.00**

III.7.2.15 Degradación del suelo

Por otro lado, de acuerdo con la cartografía de Degradación del suelo en la República Mexicana - Escala 1:250 000 (SEMARNAT, 2004[16]), se observa que la mayor superficie de la RE, así como la totalidad del AI y AP no presentarían degradación, sólo porción de la RE al sureste presentaría erosión hídrica con pérdida de suelo superficial en grado ligero, cuya causa principal es el sobrepastoreo y las actividades agrícolas, como se muestra en la siguiente figura.

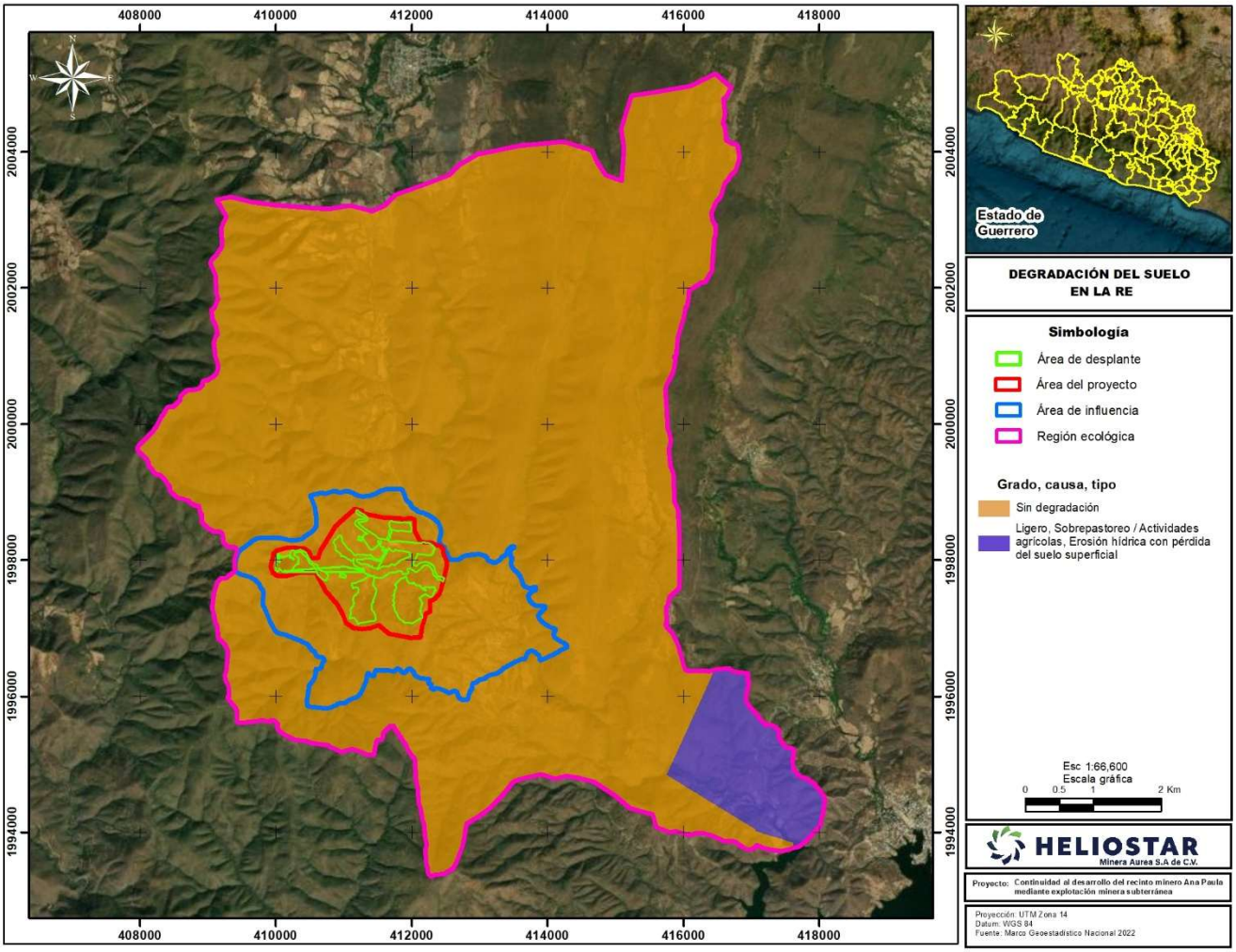


Figura 46. Tipo, grados y causas de degradación del suelo presentes en el área de estudio.

III.7.2.16 Análisis de erosión

Dado que, conforme a la cartografía de INEGI, CONABIO, la RE, AI y AP presentan ciertos riesgos de erosión hídrica, este fenómeno fue modelado como se explica en el siguiente apartado, a fin de estimar el volumen de suelo que se pierde por erosión hídrica laminar; mientras que, de acuerdo con dicha

[16] SEMARNAT, 2004. Degradación del suelo en la República Mexicana - Escala 1:250 000. http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/edafo/dsuelo/degra250kgw

cartografía y las condiciones de precipitación y topografía de la zona, esta no presentaría susceptibilidad por erosión eólica, de manera que esta no se estima.

III.7.2.16.1 Erosión hídrica

La pérdida de suelo por erosión hídrica constituye uno de los principales problemas de degradación ambiental, ya que afecta la productividad de los ecosistemas, la calidad del agua y la estabilidad del paisaje. En este contexto, el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) permite analizar, modelar y cuantificar este fenómeno de manera espacialmente explícita, facilitando la toma de decisiones en materia de manejo y conservación de suelos.

La modelación de la pérdida de suelo mediante plataformas como ArcGIS se basa en la integración de variables biofísicas como la precipitación, pendiente (**Factor F y M**), tipo de suelo, cobertura vegetal y prácticas de manejo. Uno de los enfoques más utilizados es la aplicación de modelos empíricos como la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) y sus variantes, que permiten estimar la erosión potencial a partir de la combinación de estos factores. La ecuación para obtener la pérdida de suelo es la siguiente:

$$A= R*K*LS*C$$

Donde:

A, representa el valor promedio de las pérdidas de suelo anuales (ton/ha, año) en función de un índice de erosividad de la lluvia R, la erosibilidad del suelo K, un factor de relieve LS, un factor de cubierta vegetal.

R, factor de erosividad, recoge la influencia que sobre la erosión tiene la energía cinética de los aguaceros, disgregando las partículas del suelo y compactando su superficie, y su intensidad máxima, determinando la aparición de escorrentía superficial cuando se supera la capacidad de infiltración.

K, la erosionabilidad, o vulnerabilidad del suelo a la erosión, es una característica propia del suelo ligada a su granulometría, porosidad, condiciones hidrológicas, etcétera, y expuesta a unas determinadas condiciones de clima, relieve y cobertura vegetal.

L, factor de longitud de ladera, definido como el cociente entre la tasa de erosión anual de una parcela con una longitud de ladera determinada, y la tasa de erosión de esa parcela con las mismas condiciones de clima (R), suelo (K), pendiente (S) y vegetación (C), y de longitud de ladera igual a 22.13 metros que corresponde a la parcela estándar.

S, el factor de pendiente, definido como el cociente entre la tasa de erosión de una determinada parcela con una pendiente *s* y la tasa de erosión de esa parcela con las mismas condiciones de R, K, L y C pero con una pendiente del 9% considerada como estándar.

C, factor de cubierta; la cubierta vegetal es el elemento natural de protección del suelo frente a la fuerza erosiva de las precipitaciones, controlando no sólo la energía con la que llegan las gotas de lluvia a la superficie del suelo, sino la velocidad de la escorrentía superficial.

En el **Anexo 12 Estimación de la erosión / Erosión hídrica**, se incluye el modelo de erosión obtenido, sus factores, así como la descripción de la metodología empleada. En seguida se presentan los resultados obtenidos.

Resultados

El modelo obtenido muestra que la mayor parte de la RE, así como la totalidad del AI y AP presentan una tasa de erosión que se encuentra en un rango de 0 a 13 ton/ha/año, es decir con erosión baja al ser menor a 50 ton/ha/año, la mayor parte del AP presenta valores entre 0 y 4.4 ton/ha/año. Solo en ciertas zonas al noreste de la RE se observan zonas con erosión clasificada como media al encontrarse entre 50 y 100 ton/ha/año, pero en zonas puntuales en donde la pendiente alcanza los valores más altos y coinciden varias de estas zonas con las áreas de menor cobertura vegetal nativa.

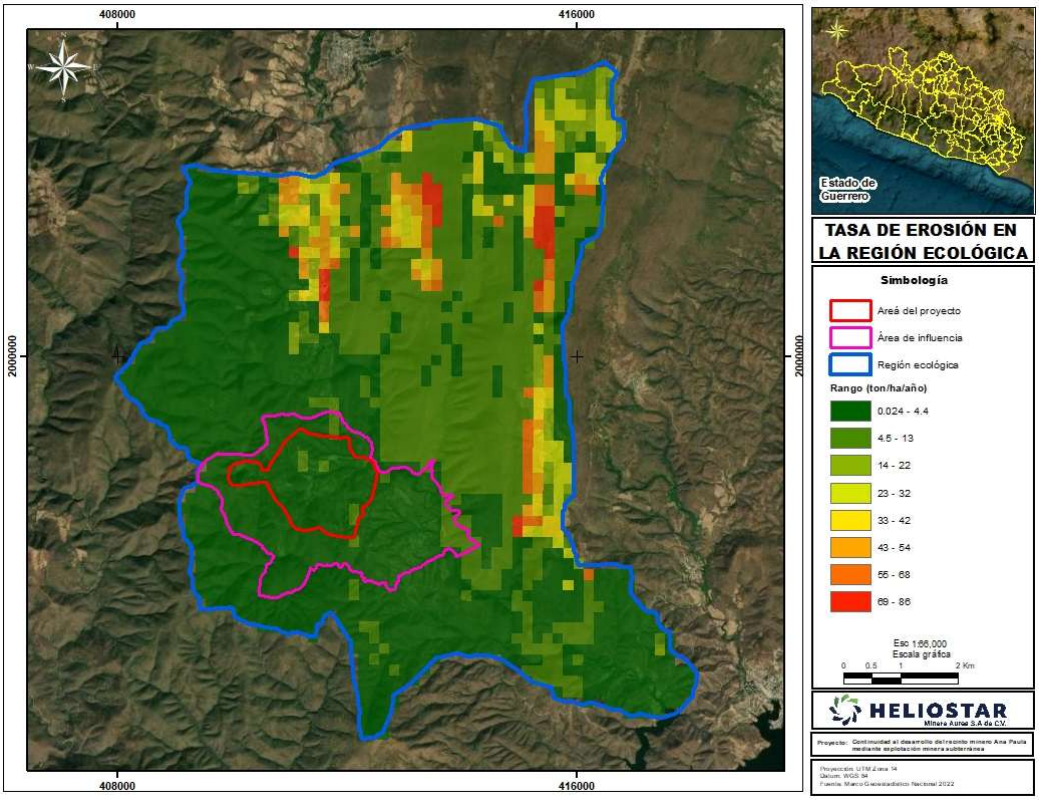


Figura 47. Resultados de la pérdida de suelo.

III.7.2.17 Ubicación en el contexto de la región hidrológica, cuencas, subcuencas y microcuencas

De acuerdo con la información cartográfica de CONAGUA e INEGI, la RE, AI y área del Proyecto se ubican dentro de la Región hidrológica RH-18 Balsas, Cuenca R. Balsas – Mezcala, Subcuenca R. Cocula o Iguala, como se observa en la siguiente figura.

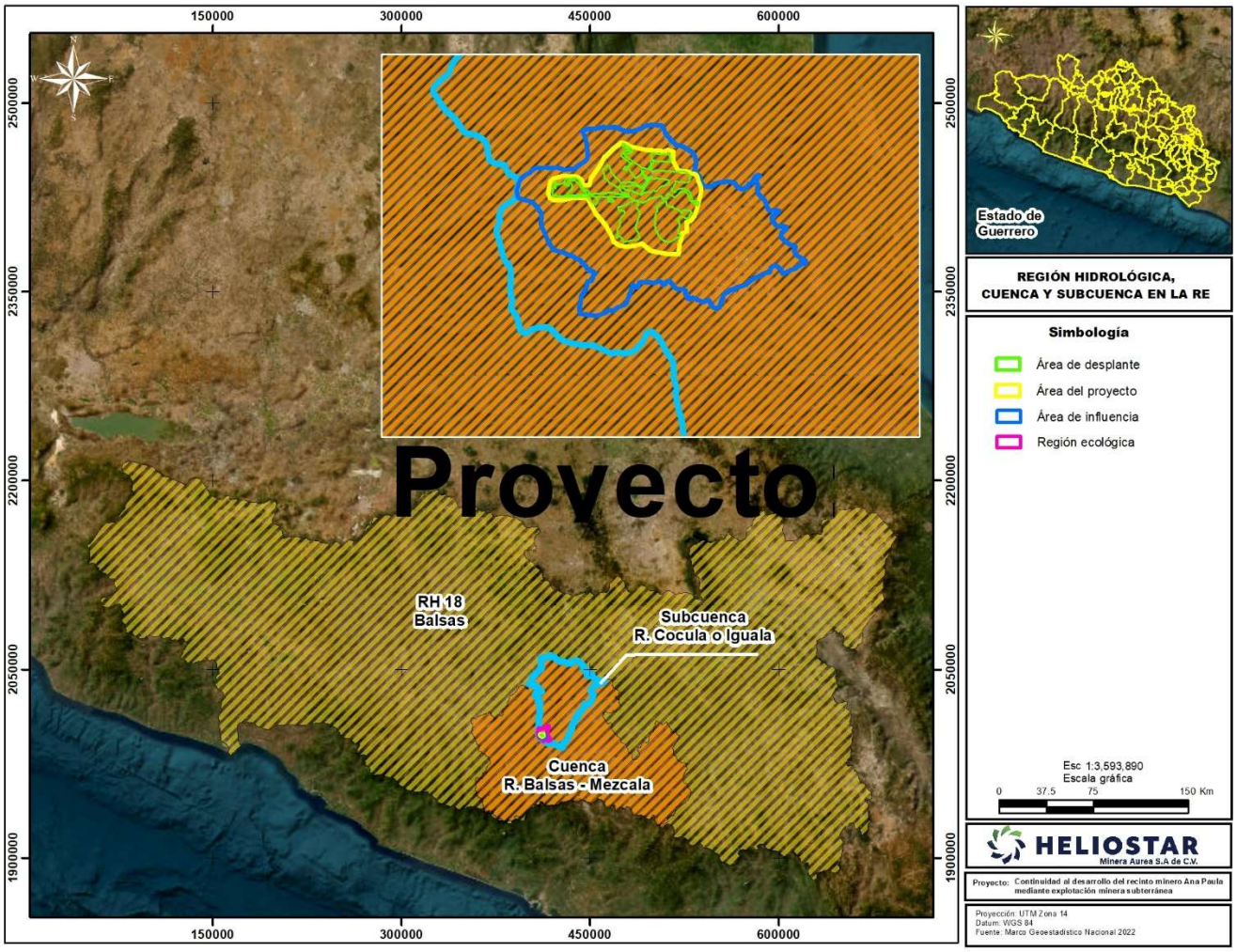


Figura 48. Ubicación del área de estudio con respecto a las regiones hidrológicas, cuencas y subcuencas.

Mientras que, de acuerdo con el Programa Nacional de Microcuencas del Fideicomiso de Riesgo Compartido de 2007 y el SIGEIA, la RE se ubican en la microcuenca Cuetzala del Progreso, así como una mínima parte en la microcuenca El Caracol, esto debido a la corrección realizada al polígono en la parte sur para la delimitación del polígono de la RE, mientras que, el AI y AP se encuentran totalmente en la microcuenca Cuetzala del Progreso, como se observa en la siguiente tabla y figura.

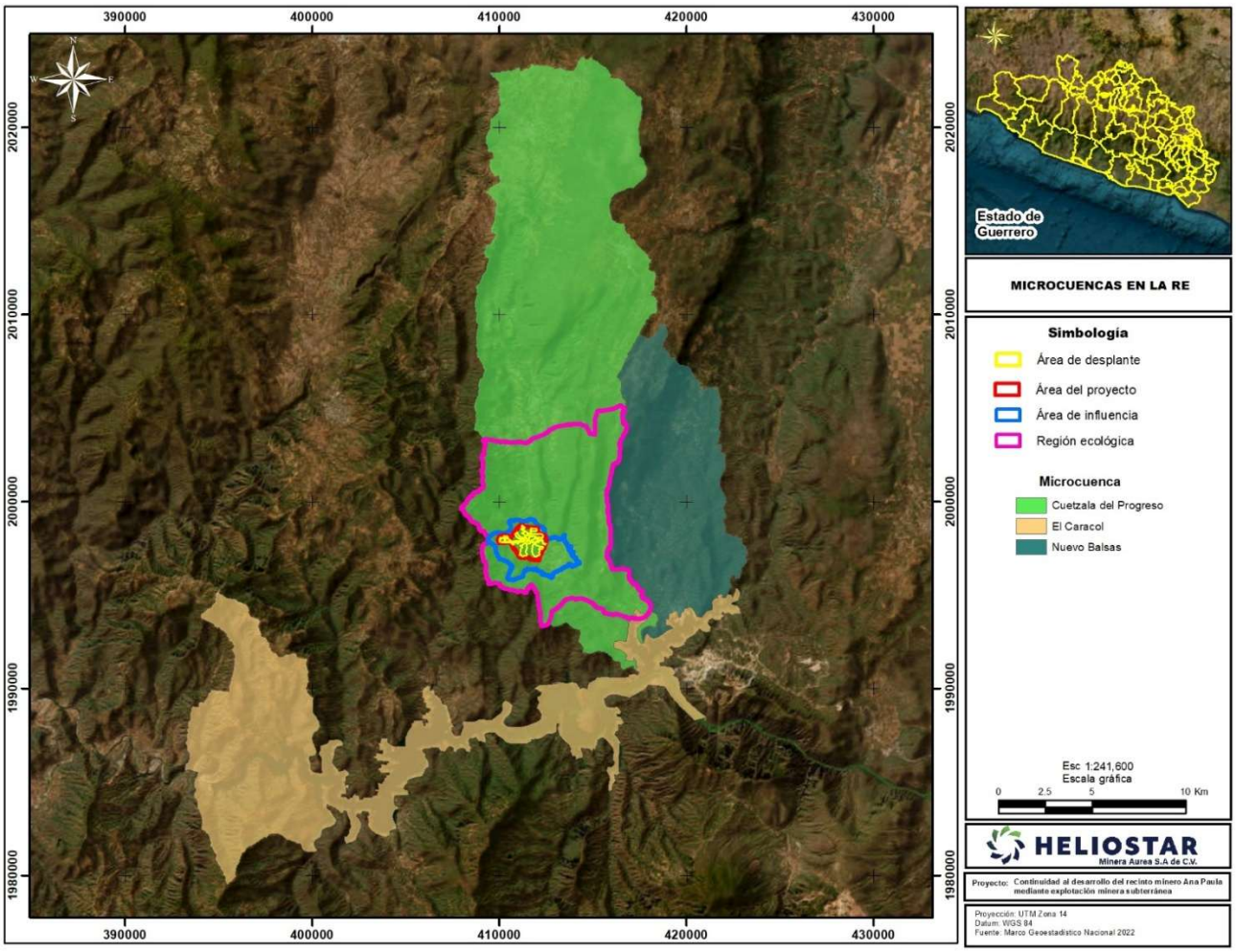


Figura 49. Ubicación del área de estudio con respecto a las microcuencas de FIRCO.

Respecto a su disponibilidad, conforme al ACUERDO por el que se actualiza la disponibilidad media anual de las aguas nacionales superficiales de las 757 cuencas hidrológicas que comprenden las 37 Regiones Hidrológicas en que se encuentra dividido los Estados Unidos Mexicanos[17], publicado el 28 de diciembre de 2023 en el Diario Oficial de la Federación, la Cuenca en la que se ubica el Proyecto, que en este acuerdo se denomina Río Medio Balsas; presenta los siguientes volúmenes disponibles a la salida con una clasificación de Déficit.

Tabla 26. Disponibilidad media anual de aguas superficiales.

Nombre de la cuenca	Descripción	Tipo	Disponibilidad media anual de agua superficial en la cuenca hidrológica (D)*
Río Medio Balsas	Desde donde se localizan las EH San Juan Tetelcingo y El Gallo, hasta la EH La Caimanera.	Interconecta	-1,635.387

*En millones de metros cúbicos.

[17] https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5712948&fecha=28/12/2023#gsc.tab=0

III.7.2.18 Hidrología superficial

Respecto a la presencia de escurrimientos y cuerpos de agua superficiales en la RE, AI ,AP y Desplante, de acuerdo con la Red Hidrográfica del INEGI, escala 1:50,000, la RE abarca una red de 152 escurrimientos con una longitud de 132.898 km, el AI incide sobre 40 escurrimientos con 23.552 km, el AP sobre 12 escurrimientos con una longitud de 6.813 km y en el Desplante sobre 8 escurrimientos con una longitud de 2.570 km, de los cuales la mayoría son de orden 1, 2, 3 y 4 (117.026 km), en AI la mayoría son de orden 1, 2 y 3 (19.988 km); en el área del Proyecto la mayoría son de orden 1 y 2 (6.683 km) y en el Desplante son de orden 1 y 2 (2.570 km); como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 27. Tipo y cantidad de escurrimientos y cuerpos de agua presentes en el AI, RE, AP y Desplante

Condición	Orden	SAR		AI		AP		Desplante	
		Número de corrientes	Longitud (km)	Número de corrientes	Longitud (km)	Número de corrientes	Longitud (km)	Número de corrientes	Longitud (km)
Perenne	4	6	4.642						
	5	20	11.229	11	3.564	2	0.130		
Suma		**26**	**15.871**	**11**	**3.564**	**2**	**0.130**		
Intermitentes	1	77	80.545	16	13.517	7	5.017	5	2.372
	2	33	27.215	9	4.391	3	1.666	3	0.199
	3	11	7.096	4	2.080				
	4	5	2.170						
Suma		**126**	**117.026**	**29**	**19.988**	**10**	**6.683**	**8**	**2.570**
	Total	**152**	**132.898**	**40**	**23.552**	**12**	**6.813**	**8**	**2.570**

Tabla 28. Incidencia del AP en escurrimientos y cuerpos de agua.

Incidencia	Elemento del Proyecto con el que incide	Superficie de incidencia (ha)	% de incidencia respecto de la superficie total del Proyecto
Escurrimiento intermitente	Área sin afectación y área de desplante. En el área de desplante los componentes que inciden son: Áreas de corte y relleno, Camino, Cimentación puente transportador y transportador aéreo, Corredor de tuberías, Obra de drenaje, Pileta de recolección, Presa de jales, Puente transportador, Rampa de acceso, Rampa de servicios, Tepetatera 1, Tepetatera 2, Transportador aéreo de trituración subterránea, Vialidad.	0.519	0.19
Cuerpo de agua	No incide	0	0

En la siguiente figura se muestra la distribución de estos escurrimientos a nivel RE y a escala del AI y AP.

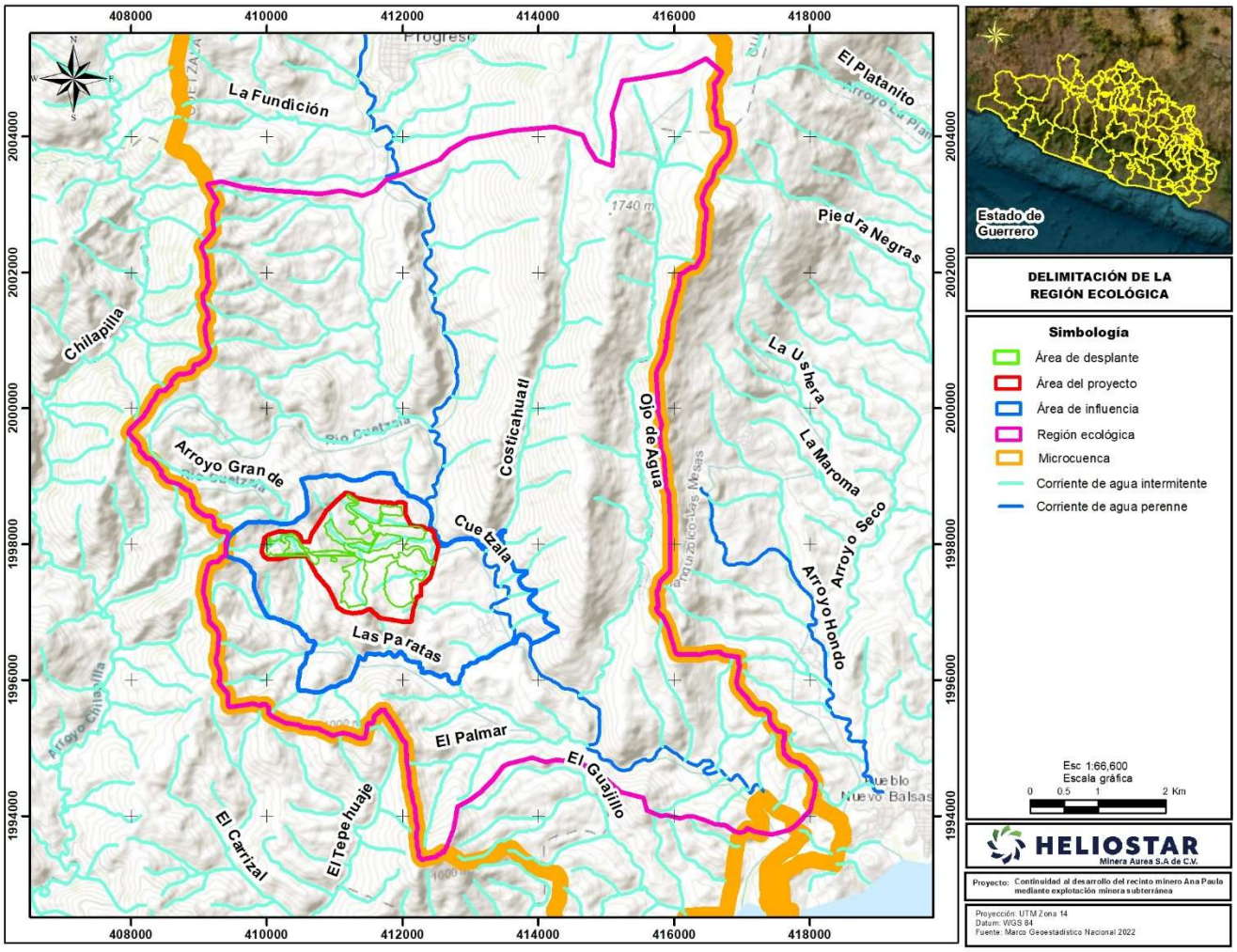


Figura 50. Hidrología superficial presente en la RE.

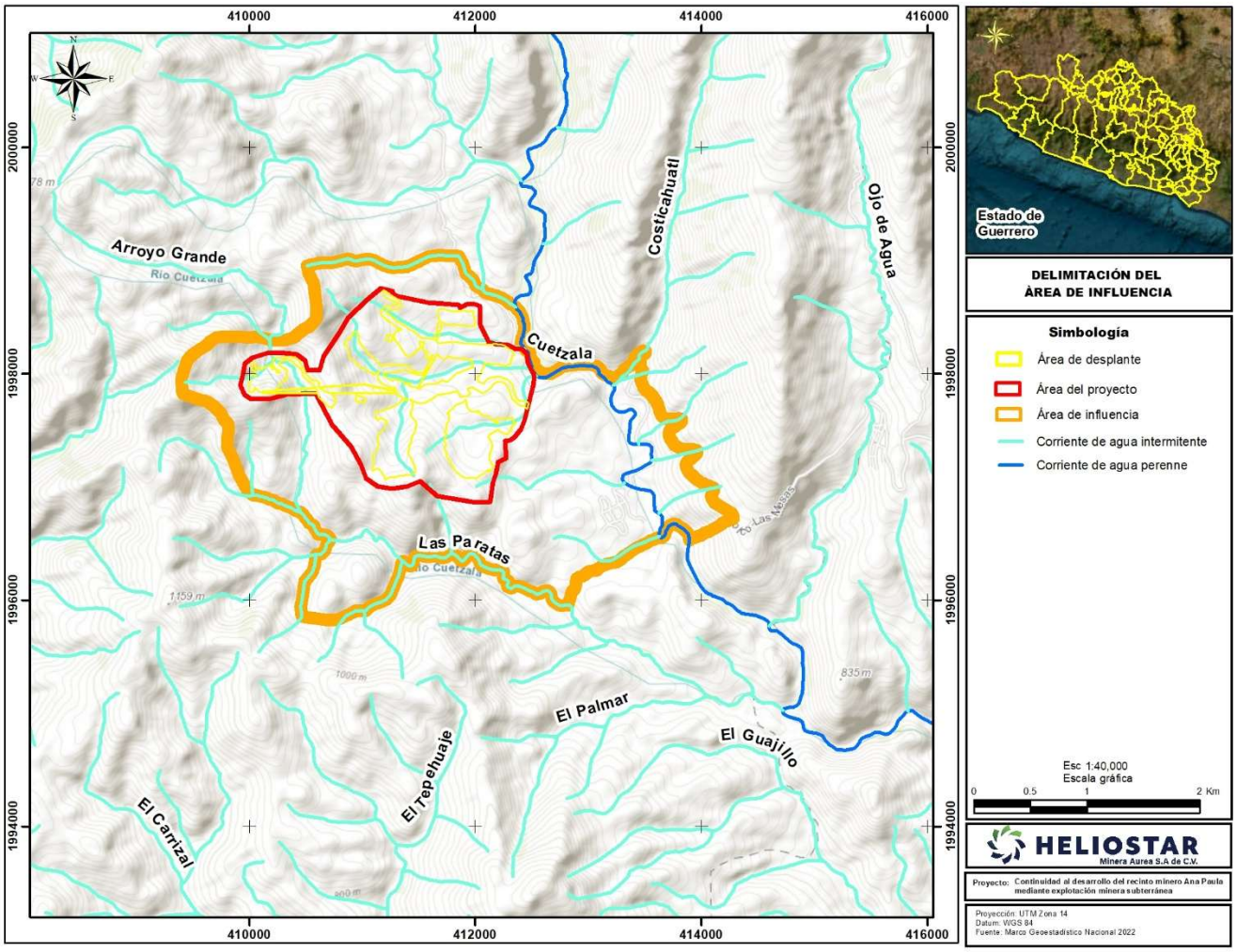


Figura 51. Hidrología superficial presente en el AI y AP.

Conforme a los recorridos realizados en campo, se registraron las condiciones de diferentes sitios en donde la cartografía marca escurrimientos superficiales, en donde se levantaron evidencias fotográficas y sus características.

De forma general se observó que, en el AP y en el AI se registraron en su mayoría corrientes intermitentes y efímeras las cuales solo llevan agua en temporada de lluvias, en la RE se observa una corriente perene que es el rio de Cuetzala, intersectando una parte del AI. Debido a la orografía del AP, AI y la RE, se presentan numerosas corrientes, sin embargo, la mayoría con dimensiones menores a 1 m de ancho y 30 cm de profundidad en promedio, las dimensiones más grandes se registran en los cauces más cercanos al rio de Cuetzala. En relación con la calidad de agua de los cauces, se aprecia que hay arrastre de sedimentos, las fuertes pendientes influyen directamente en el desplazamiento de las partículas. Sin embargo, una de las componentes que ayuda a reducir la velocidad de la corriente, así como la retención de los sedimentos es la vegetación, la cual se encuentra asociada directamente con las corrientes, durante los recorridos se identificó que la vegetación dominante es la selva baja caducifolia, tanto en su fase primaria como la secundaria.

En seguida se describen las condiciones observadas por punto visitado acompañada de su evidencia fotográfica:



Sitio C01. En el sitio se identificó una corriente efímera, ya que solo lleva agua en el momento que hay presencia de lluvias. Presenta características de un ancho menor a 0.4 m, y profundidad de 15 cm aproximadamente y se asocia con vegetación de selva baja caducifolia. El cause en su mayor parte presenta medidas inferiores a las antes mencionadas, por lo que a simple vista es imperceptible, en la evidencia fotográfica lo que más se aprecia es la orografía accidentada del terreno y no el cauce.



Sitio C02. En el sitio se identificó una corriente intermitente. Presenta características de un ancho menor a 0.4 m, y profundidad de 15 cm aproximadamente y se asocia con vegetación de Selva Baja Caducifolia. Se identifica que el cauce presenta escurrimiento en temporada de lluvias con una calidad de agua turbia debido al arrastre de sedimentos.



Sitio C03. En el sitio se identificó una corriente intermitente. Presenta características de un ancho menor a 0.7 m, y profundidad de 10 cm aproximadamente y se asocia con vegetación de selva baja caducifolia en fase primaria y secundaria. Se identifica que el cauce presenta escurrimiento en temporada de lluvias con una calidad de agua turbia debido al arrastre de sedimentos.



Sitio C05. En el sitio se identificó una corriente intermitente. Presenta características de un ancho aproximado de 1.2 m, y profundidad de 20 cm en promedio. Se asocia con vegetación de selva baja caducifolia en fase primaria. Se identifica que el cauce presenta escurrimiento en temporada de lluvias con una buena calidad de agua ya que hay poco arrastre de sedimentos por el tipo de material geológico, además que la presencia de la vegetación filtra sedimentos y partículas más pequeñas que las que se observan en el cauce.



Sitio C06. En el sitio se identificó una corriente intermitente. Presenta características de un ancho aproximado de a 0.6 m, y profundidad de 20 cm en promedio, asociándose con vegetación de selva baja caducifolia en su fase primaria. Se identifica que el cauce presenta escurrimiento en temporada de lluvias con una calidad de agua turbia debido al arrastre de sedimentos.



Sitio C07. En el sitio se identificó una corriente intermitente. Presenta características de un ancho aproximado de 0.6 m, y profundidad de 15 cm en promedio. Se asocia con vegetación de selva baja caducifolia en fase primaria. Se identifica que el cauce presenta escurrimiento en temporada de lluvias con una buena calidad de agua ya que hay poco arrastre de sedimentos. Este sitio es una continuidad aguas abajo del sitio 6, y se observa la diferencia de la calidad del agua, en el sitio 6 se observa una mayor turbidez del agua, que se va filtrando llegando con más claridad en el sitio 7.



Sitio C08. En el sitio se identificó una corriente intermitente. Presenta características de un ancho aproximado de 1.5 m, y profundidad de 35 cm, estas dimensiones no son constantes a lo largo del cauce, ya que aguas arriba y aguas abajo presenta dimensiones menores a los mencionados, esto debido a que el terreno es muy accidentado. Se asocia con vegetación de selva baja caducifolia en fase primaria. Se identifica que el cauce presenta escurrimiento en temporada de lluvias con una buena calidad de agua ya que hay poco arrastre de sedimentos.



Sitio C09. En el sitio se identificó una corriente intermitente. Presenta características de un ancho aproximado de 0.4 m, y profundidad de 10 cm en promedio. Se asocia con vegetación de selva baja caducifolia en fase primaria. Se identifica que el cauce presenta escurrimiento en temporada de lluvias con una buena calidad de agua ya que hay poco arrastre de sedimentos.





Sitio C10. En el sitio se identificó una corriente intermitente. Presenta características de un ancho aproximado de 1.5 m, y profundidad de 20 cm, estas dimensiones no son constantes a lo largo del cauce, ya que aguas arriba y aguas abajo presenta dimensiones menores a los mencionados, esto debido a que el terreno es muy accidentado e influye directamente en las propiedades del cauce. Se asocia con vegetación de selva baja caducifolia en fase primaria. Se identifica que el cauce presenta escurrimiento en temporada de lluvias con una calidad de agua turbia debido al arrastre de sedimentos.





Sitio C11. En el sitio se identificó una corriente intermitente. Presenta características de un ancho aproximado de 1.7 m, y profundidad de 35 cm, estas dimensiones no son constantes a lo largo del cauce, ya que aguas arriba y aguas abajo presenta dimensiones menores a los mencionados, esto debido a que el terreno es muy accidentado e influye directamente en las propiedades del cauce. Se asocia con vegetación de selva baja caducifolia en fase primaria. Se identifica que el cauce presenta escurrimiento en temporada de lluvias con una calidad de agua turbia debido al arrastre de sedimentos.



Sitio C12. En el sitio se identificó una corriente intermitente. Presenta características de un ancho aproximado de 1.1 m, y profundidad de 10 cm en promedio. Se asocia con vegetación de selva baja caducifolia en fase primaria. Se identifica que el cauce presenta escurrimiento en temporada de lluvias con una calidad de agua turbia debido al arrastre de sedimentos.



Sitio C13. En el sitio se identificó una corriente intermitente. Presenta características de un ancho aproximado de 1.1 m, y profundidad de 40 cm en promedio. Se asocia con vegetación de selva baja caducifolia en fase primaria. Se identifica que el cauce presenta escurrimiento en temporada de lluvias con una calidad de agua turbia debido al arrastre de sedimentos.

La ubicación de los puntos visitados y descritos anteriormente se muestra en la siguiente figura y tabla.

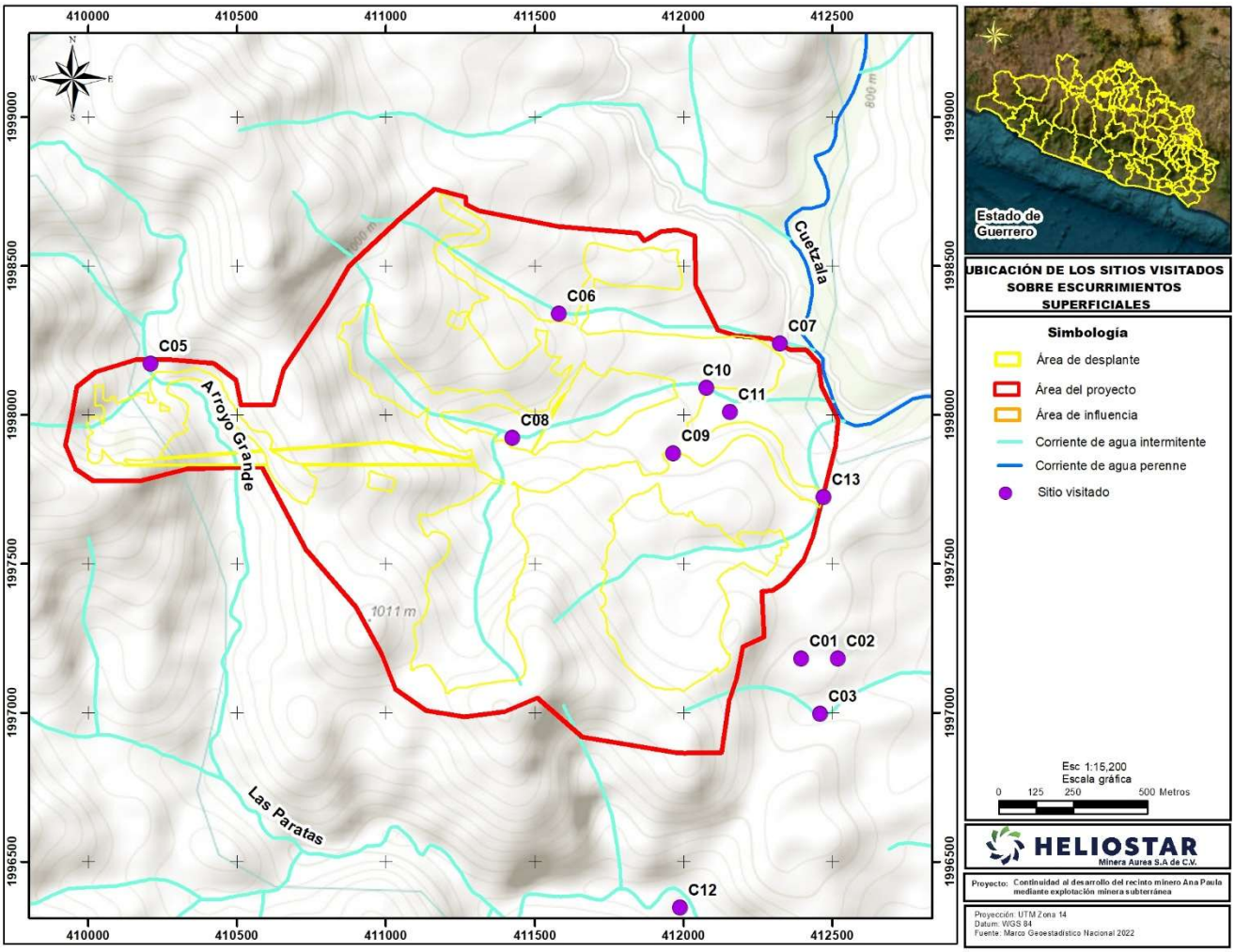


Figura 52. Ubicación de los sitios visitados sobre escurrimientos superficiales.

Tabla 29. Coordenadas de los sitios visitados sobre escurrimientos superficiales.

Clave	X	Y
C01	412,396.00	1,997,182.00
C02	412,520.00	1,997,182.00
C03	412,459.00	1,996,996.00
C05	410,209.00	1,998,173.00
C06	411,581.00	1,998,340.00
C07	412,324.00	1,998,240.00
C08	411,425.00	1,997,924.00
C09	411,966.00	1,997,872.00
C10	412,077.00	1,998,091.00

Clave	X	Y
C11	412,157.00	1,998,011.00
C12	411,989.00	1,996,346.00
C13	412,472.00	1,997,724.00

Finalmente, se señala que, tal como fue señalado en el Capítulo I, en el anexo 16 se integró el oficio No. B00.7.02.-180, con asunto: Consulta para la identificación de cauce y de zona federal municipio de Cuetzala del Progreso, Guerrero, relativo a la consulta de identificación de cauce y zona federal respecto de la naturaleza de diversas barrancas o escurrimientos intermitentes de régimen pluvial identificados dentro del polígono promovido por la persona moral Minera Aurea, SA de CV, los cuales se manifiestan principalmente durante la temporada de lluvias.

Del análisis realizado por la CONAGUA, esta concluyó que las corrientes 1,3,4,5,6 y 7, no presentan cárcavas con características geométricas que establece la Ley de Aguas Nacionales, para ser consideradas cauce de propiedad nacional; mientras que la corriente 2, sí presenta cárcava con características geométricas para ser considerado de propiedad nacional, a partir de las coordenadas UTM (412223.669 E, 1998037.4592 N) zona 14 hacia aguas abajo; así mismo, la cárcava de la corriente 8 cumple con las dimensiones geométricas para ser considerado propiedad nacional.

Dicho análisis quedó sujeto a un recorrido al sitio, para constatar las condiciones físicas en campo. Para lo cual, personal de la CONAGUA realizó el recorrido de campo los días 28 y 29 de mayo de 2026. En la siguiente figura se muestran las corrientes antes mencionadas.

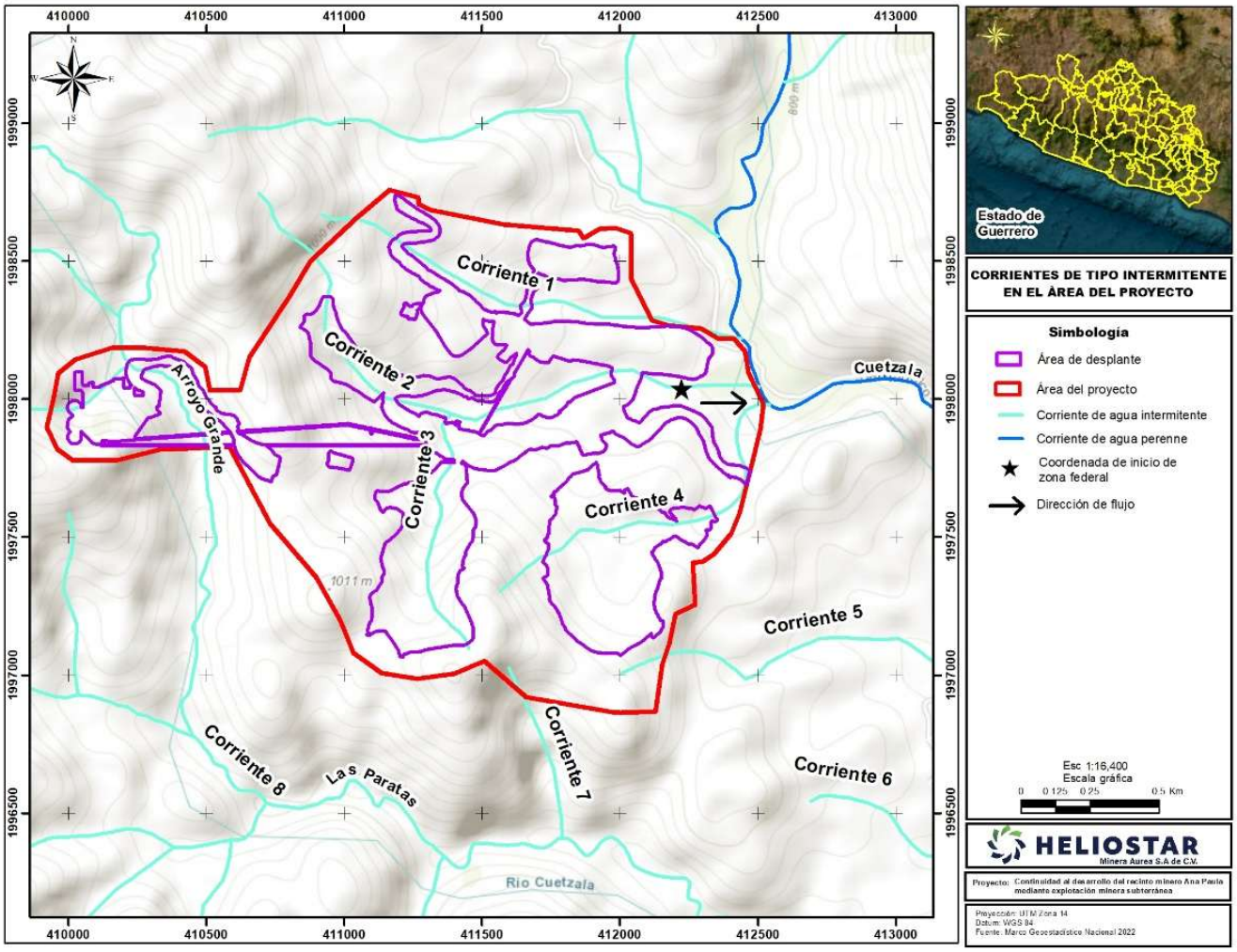


Figura 53. Ubicación de escurrimientos verificados por la CONAGUA.

Como se observa en la figura anterior, el AP no tiene incidencia en el escurrimiento número 8; en el caso del escurrimiento 2, el AP sí tiene incidencia, sin embargo, se encuentra en un área sin desplante de componentes, clasificada como área sin afectación del área del Proyecto en una superficie de 0.097 ha, por lo cual no resultará afectado en su trayectoria dictaminada como zona federal, como se muestra en la siguiente figura.

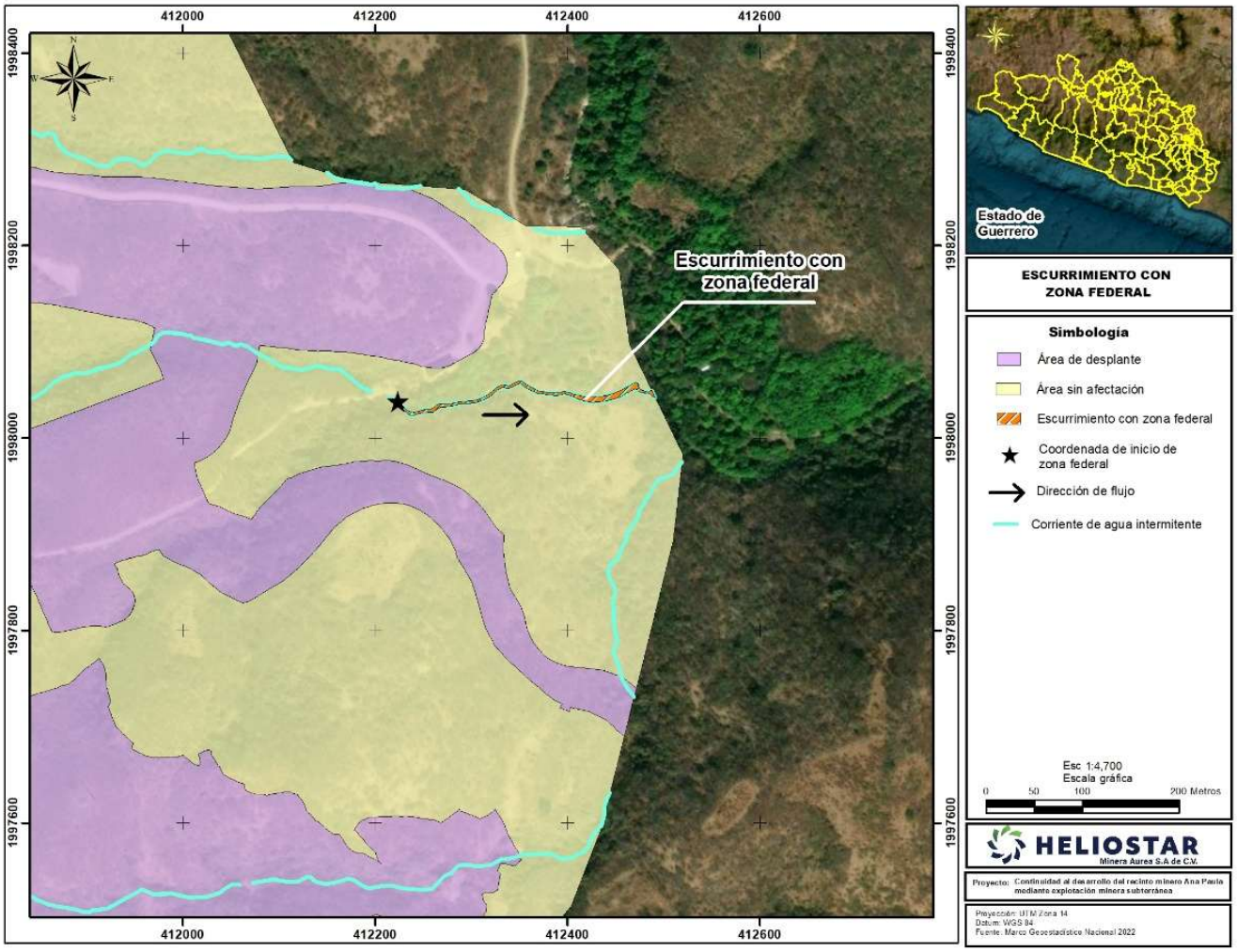


Figura 54. Ubicación de la zona federal de escurrimiento.

III.7.2.18.1 Estudio de caudal ecológico

La Mina Ana Paula contempla la existencia de una presa de jales, cuya ubicación y características hacen necesario evaluar los escurrimientos superficiales que pueden generarse dentro de las cuencas que inciden o tienen influencia sobre la infraestructura. Por lo anterior, se realizó un Estudio de Caudal Ecológico (Anexo 04), el cual tuvo por objetivo realizar el estudio hidrológico de la microcuenca y de los escurrimientos superficiales con influencia sobre la presa de jales, perteneciente a la Mina Ana Paula, mediante el análisis de la precipitación y las características fisiográficas e hidrológicas del área de estudio, con el propósito de determinar los caudales de escurrimiento asociados a eventos de diseño, proporcionar los elementos necesarios para la posterior simulación hidráulica de los cauces y determinar si los eventos extremos pueden generar condiciones de inundación, así como evaluar si el caudal ecológico de la cuenca podría verse afectado por el aporte de la microcuenca.

De dicho estudio se concluyó lo siguiente:

- La microcuenca presenta un aporte relativamente menor respecto al caudal de la cuenca principal, por lo que su influencia sobre el régimen de escurrimiento aguas abajo se considera

poco significativa. En este sentido, se determina que el caudal ecológico no presenta una afectación significativa asociada a la microcuenca.

- Estos resultados indican que la microcuenca constituye un aporte hidrológico relativamente menor respecto al caudal total de la cuenca, particularmente para los periodos de retorno mayores. Por lo tanto, aunque existe una contribución de la microcuenca al régimen de escurrimiento de la cuenca principal, su magnitud relativa no representa, por sí misma, una modificación significativa del caudal total aguas abajo.
- Los resultados de la modelación hidráulica para los periodos de retorno de 5, 100, 500 y hasta 1,000 años, bajo condiciones normales y extremas, muestran un incremento progresivo de la superficie libre del agua (WSE) conforme aumenta el periodo de retorno. En los diferentes escenarios y métodos evaluados, los niveles obtenidos se mantienen por debajo de la elevación de corona de 865.00 m establecida en el modelo.
- El TR de 1,000 años representa la condición hidráulica más crítica entre los periodos de retorno analizados, al presentar las mayores elevaciones de la superficie libre del agua (WSE). El valor más alto obtenido en la modelación corresponde a 843.69 m, manteniéndose un bordo libre de 21.31 m respecto a la elevación de corona.
- Los resultados obtenidos mediante los diferentes métodos considerados en la modelación muestran variaciones en la profundidad, elevación de la superficie libre del agua (WSE) y velocidad del flujo; sin embargo, en ninguno de los escenarios evaluados los niveles alcanzan la elevación de corona de la presa de jales, por lo que no se presentan condiciones de sobrevertimiento.
- En conjunto, los resultados de la modelación hidráulica indican que, para los escenarios y periodos de retorno considerados, los escurrimientos se mantienen contenidos dentro de las condiciones topográficas representadas en el modelo, sin alcanzar la corona de la presa de jales ni generar sobrevertimiento.

Anexo 04 Estudios / Caudal ecológico

III.7.2.19 Agua subterránea

Con respecto a la hidrología subterránea, de conformidad con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) la RE en su mayor superficie, así como la totalidad del AI y AP se encuentran en el acuífero Tlacotepec, sólo una mínima superficie de la RE incide en el acuífero Iguala, como se muestra en la siguiente figura.

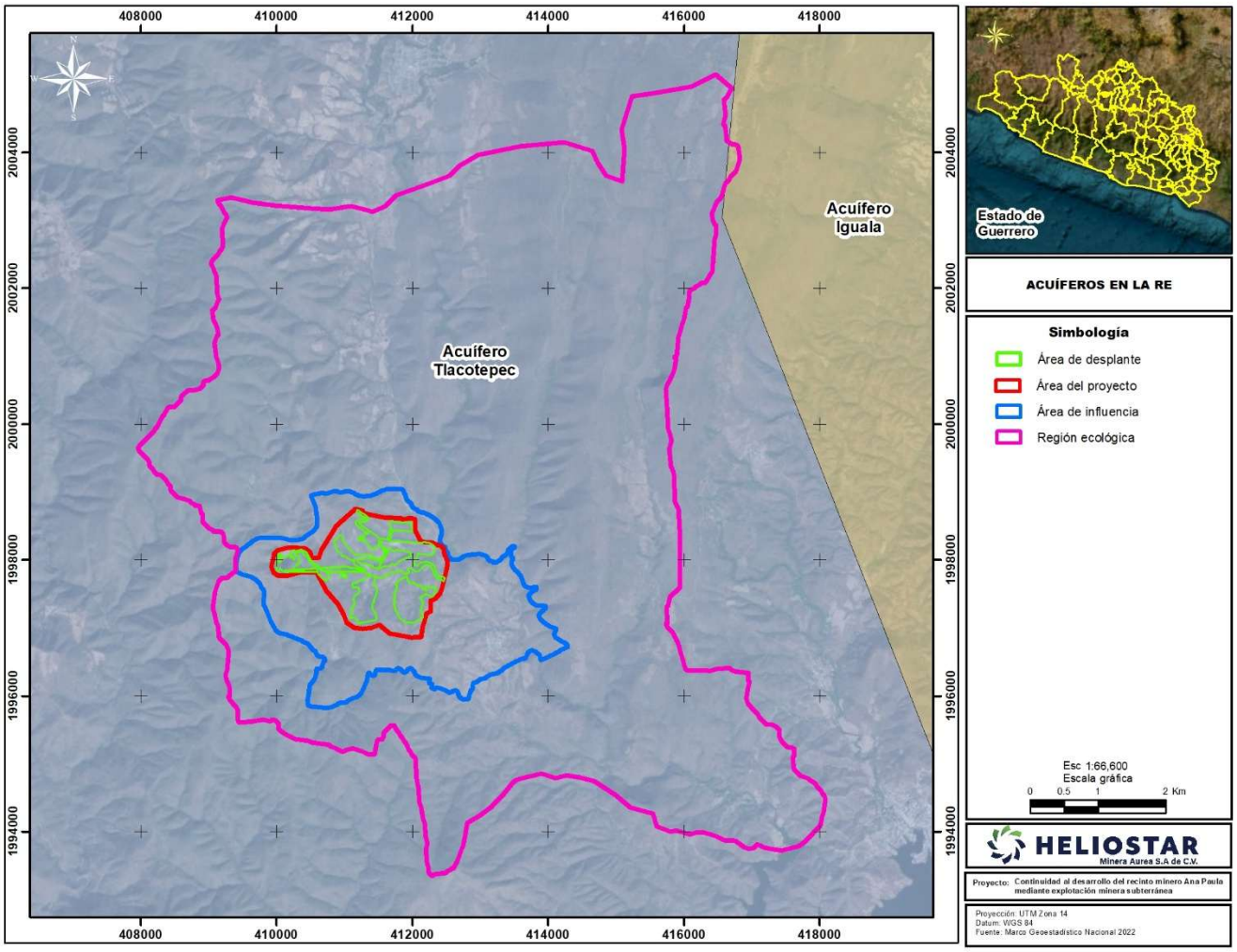


Figura 55. Ubicación del área de estudio con respecto a los acuíferos.

El acuífero Tlacotepec sobre el cual incide la totalidad del AI y AP, así como la mayor parte de la RE.

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2024, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 4. El uso principal del agua subterránea es el público-urbano. El acuífero pertenece al Consejo de Cuencas “Río Balsas”, instalado el 26 de marzo de 1999.

El acuífero se encuentra ubicado en la Región Hidrológica No.18 Balsas, la mayor parte en la cuenca del Río Balsas-Mezcala y algunas pequeñas porciones en las cuencas de los Ríos Atoyac y otros, Balsas-Zirándaro y Papagayo. La cuenca del Río Balsas-Mezcala comprende el 6% de la masa continental del territorio mexicano a través de ocho estados: México, Tlaxcala, Puebla, Oaxaca, Morelos, Guerrero, Michoacán y Jalisco. Las principales corrientes dentro del acuífero son todos afluentes del Río Balsas, por su caudal los más importantes son los ríos Oxtotitlán y Chilapilla, además de varios arroyos entre los que se destacan Acatempan, Ahuehuetla, Huerta Grande, Barranca de La Fundición, Barranca del Pochote, Barranca de Tlatzala y Barranca de Cambaya. La red de drenaje es de tipo dendrítico y paralelo en las rocas vulcanosedimentarias, subdendrítico en las volcánicas y radial en las zonas afectadas por cuerpos intrusivos.

De acuerdo con la información geológica y geofísica recaba en el acuífero y por correlación con acuíferos vecinos, es posible definir que el acuífero se encuentra alojado, en su porción superior, en los sedimentos aluviales y fluviales de granulometría variada que se encuentran restringidos a los cauces de los arroyos, así como en las tobas, areniscas y conglomerados polimícticos, que tienen varios cientos de metros de espesor hacia el centro de los valles.

Esta es la unidad que se explota principalmente para satisfacer las necesidades de agua de la región. La porción inferior se aloja en una secuencia de rocas sedimentarias marinas, representadas por las calizas y areniscas de las formaciones Morelos y Mezcala, respectivamente, así como rocas ígneas intrusivas y metamórficas, que presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento y disolución en el caso de las calizas. Las rocas calcáreas pueden presentar condiciones de confinamiento y semiconfinamiento debido a que están sobreyacidas por lutitas y limolitas y depósitos lacustres.

Las fronteras al flujo subterráneo y el basamento geohidrológico del acuífero están representadas por las mismas rocas sedimentarias y volcánicas, al desaparecer el fracturamiento a profundidad, y por rocas ígneas intrusivas y metamórficas.

Las evidencias geológicas, geofísicas e hidrogeológicas permiten definir la presencia de un acuífero tipo libre heterogéneo y anisótropo, constituido, en su porción superior, en los sedimentos aluviales y fluviales de granulometría variada, así como en las areniscas, conglomerados polimícticos y tobas, que tienen varios cientos de metros de espesor hacia el centro de los valles.

La porción inferior se aloja en una secuencia de rocas sedimentarias marinas, principalmente calizas y areniscas de las formaciones Morelos y Mezcala, respectivamente, y rocas ígneas intrusivas y metamórficas; todas ellas con permeabilidad secundaria por fracturamiento y disolución en el caso de las rocas calcáreas. Las rocas calcáreas pueden presentar condiciones de confinamiento y semiconfinamiento debido a que están sobreyacidas por lutitas y limolitas.

La geología no permite identificar zonas importantes con potencial geohidrológico, además, la gran mayoría de los aprovechamientos censados son manantiales, que imposibilitan realizar las configuraciones de profundidad y elevación del nivel estático.

No se cuenta con información piezométrica histórica que permita elaborar las configuraciones de profundidad, elevación y evolución del nivel estático debido a que la gran mayoría de los aprovechamientos son manantiales. Además de la gran extensión superficial y las condiciones orográficas del acuífero, existen pequeños valles intermontanos esparcidos en toda la superficie del acuífero, en los que se extrae de manera incipiente el agua subterránea de los niveles freáticos someros.

Debido al escaso número de aprovechamientos subterráneos existentes en el área que cubre el acuífero y al incipiente volumen de extracción, se puede afirmar que las variaciones en el nivel del agua subterránea no han sufrido alteraciones importantes en el transcurso del tiempo, por lo que el cambio de almacenamiento tiende a ser nulo.

De manera general, las concentraciones de los diferentes iones y elementos no sobrepasan los límites máximos permisibles que establece la modificación a la NOM127-SSA1-2021 “Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua”, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 2 de mayo del 2022. de STD

De acuerdo con la información del censo de aprovechamientos, llevado a cabo como parte del estudio realizado en el 2011, se registraron un total de 95 aprovechamientos en el acuífero: 76 manantiales, 16 norias y 3 pozos, todos ellos se encuentran activos.

Según el Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las Regiones Hidrológico-Administrativas que se indican, publicado en el Diario Oficial de la Federación (2023[18]), estos acuíferos presentan las siguientes características:

Tabla 30. Disponibilidad de los acuíferos sobre los cuales incide el área de estudio.

Acuífero	Clave	R hm³/año	DNC hm³/año	VEAS hm³/año	DMA hm³/año	Área de estudio
Tlacotepec	1207	84.7	31.5	2.726908	50.473092	RE, AI, AP
Iguala	1205	20.0	0.0	18.096921	1.903079	RE

Disponibilidad Media Anual de Agua Subterránea (DMA), Descarga Natural Comprometida (DNC), Recarga Media Anual (R), Volumen de Extracción de Aguas Subterráneas (VEAS).

Conforme a los datos anteriores, se puede observar que ambos acuíferos sobre los que incide el área de estudio presentan disponibilidad de aguas subterráneas, de los cuales el 98.3% es utilizado para uso público-urbano, 1.7 % es para usos doméstico y pecuario. Adicionalmente, a través de los 76 pequeños manantiales se descarga un caudal conjunto de 60 lps, que equivalen a 1.9 hm^3 anuales.

III.7.2.20 Aire

Para describir la calidad del aire, se consultó el Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes Criterio (INEM), el INEM integrado por la SEMARNAT comprende información de las emisiones liberadas a la atmósfera de los contaminantes clasificados como criterio: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), óxidos de azufre (SOx) y partículas con diámetro aerodinámico menor a 10 y 2.5 micrómetros (PM10 y PM2.5), compuestos orgánicos volátiles (COV) y amonio (NH3), emitidos por las distintas fuentes. En el caso del contaminante criterio ozono (O3), el INEM comprende la estimación de sus dos principales precursores: óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles. En el INEM se clasifican cuatro tipos de fuentes emisoras.

- **Fuentes fijas o puntuales**: son las instalaciones de ubicación fija, que tienen como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales de manufactura las cuales pueden generar emisiones contaminantes a la atmósfera.
- **Fuentes de área**: las fuentes de área representan aquellas fuentes pequeñas, numerosas y dispersas, y no pueden ser incluidas de manera eficiente en un inventario de fuentes fijas, sin embargo, colectivamente las fuentes de área representan un porcentaje significativo de las emisiones de contaminantes. En las fuentes de área se incluyen los comercios, servicios, casas habitación, entre otros.
- **Fuentes móviles (carreteras y no carreteras)**: se trata de los vehículos con motores de combustión y similares, que debido a su funcionamiento generan o pueden a generar emisiones contaminantes a la atmósfera. Las fuentes móviles carreteras incluyen: tractocamiones, autobuses, camiones, automóviles, motocicletas; mientras que las fuentes móviles no carreteras comprenden: aviones, helicópteros, ferrocarriles, tranvías, embarcaciones, equipo y maquinarias.
- **Fuentes naturales**: se trata de cualquier fuente o proceso natural en la vegetación y los suelos que generen emisiones, suelen incluirse las emisiones biogénicas, las emisiones del suelo y la erosión eólica.

[18] https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5708074&fecha=09/11/2023#gsc.tab=0

En este apartado se describe la calidad del aire de acuerdo con los datos del INEM, los cuales se presentan por municipio, describiéndose únicamente Cuetzala del Progreso dado que en este se ubica la mayor parte del territorio de la RE, así como la totalidad del AI y el área del Proyecto.

Como se observa en la siguiente tabla, los contaminantes emitidos en mayor cantidad corresponden a CO y COV, los primeros provenientes principalmente de fuentes de área y los últimos de fuentes naturales.

Tabla 31. Toneladas de contaminantes criterio emitidos por el municipio de Cuetzala del Progreso.

Tipo	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOX	COV	NH3
Área	174.12	152.02	4.43	1,698.68	52.34	402.44	103.76
Móvil	0.24	0.21	0.53	184.80	21.59	11.31	0.16
Natural	0.00	0.00	0.00	0.00	542.77	3,297.51	0.00
	174.36	**152.23**	**4.96**	**1,883.48**	**616.69**	**3,711.25**	**103.92**

Como se desglosa en la siguiente tabla, las principales fuentes emisoras de estos contaminantes criterio provienen de combustión doméstica en el caso de PM10, PM2.5, SO2 y CO, así como fuentes naturales emisoras de NOx y COV, y fuentes ganaderas responsables de la emisión de NH3, todas estas con posible presencia en la RE debido a las condiciones y actividades económicas predominantes de las localidades presentes en esta zona.

Tabla 32. Toneladas de contaminantes criterio emitidos por tipo y categoría.

Tipo	Categoría	Subcategoría	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOX	COV	NH3
Área	Agropecuarias	Aplicación de fertilizantes	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	15.2406
		Aplicación de plaguicidas	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.3887	0.0000
		Corrales de engorda	2.2990	0.2625	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
		Emisiones ganaderas de amoniaco	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	66.6453
		Labranza	18.2789	4.0524	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
		Quemas agrícolas	15.8447	15.2521	0.5102	97.9891	4.6234	11.3752	1.9583
	Almacenamiento y transporte de derivados de petróleo	Manejo y distribución de gas L.P.	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	16.1106	0.0000
	Fuentes industriales ligeras y comerciales	Asados al carbón	0.7406	0.5910	0.0000	1.4743	0.0271	0.0951	0.0000
		Panificación	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1849	0.0000
	Fuentes misceláneas	Emisiones domésticas de amoniaco	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	19.9157
		Esterilización de material hospitalario	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0066	0.0000
		Incendios en construcción	0.0015	0.0014	0.0000	0.0239	0.0006	0.0015	0.0000
		Quema de residuos a cielo abierto	0.0837	0.0766	0.0022	0.1872	0.0132	0.0188	0.0000
		Rellenos sanitarios	0.0000	0.0000	0.0000	0.0160	0.0000	0.8467	0.0000
	Quema de combustibles en fuentes estacionarias	Combustión agrícola	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0003	0.0000	0.0000
		Combustión comercial	0.0011	0.0011	0.0000	0.0088	0.0154	0.0005	0.0000
		Combustión doméstica	136.8673	131.7781	3.9164	1,598.9753	47.6491	352.3523	0.0002
		Combustión industrial	0.0004	0.0001	0.0000	0.0020	0.0080	0.0001	0.0003
	Uso de Solventes	Asfaltado	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9308	0.0000
		Limpieza de superficies industriales	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0228	0.0000

Tipo	Categoría	Subcategoría	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOX	COV	NH3
		Pintura para señalización vial	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.4031	0.0000
		Recubrimiento de superficies arquitectónicas	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.3977	0.0000
		Uso doméstico de solventes	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	14.3023	0.0000
Móvil		Autos particulares	0.0367	0.0324	0.0662	26.9647	3.2927	2.4780	0.0266
		Camionetas particulares	0.0069	0.0061	0.0256	7.8699	1.0253	0.5712	0.0076
		Combi	0.0413	0.0365	0.1258	34.2778	3.3845	1.4908	0.0293
		Maquinaria agrícola	0.0213	0.0206	0.0057	0.1189	0.2327	0.0232	0.0000
		Motocicletas	0.0021	0.0019	0.0053	1.4575	0.0590	0.1376	0.0040
		Pickup y Veh<3.8Ton	0.0939	0.0831	0.2112	75.5679	8.4918	5.1471	0.0634
		Taxi	0.0334	0.0295	0.0771	36.4018	4.8925	1.3213	0.0274
		Veh>3.8Ton	0.0035	0.0031	0.0120	2.1447	0.2066	0.1382	0.0023
Natural		(en blanco)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	542.7672	3,297.5091	0.0000
Total			**174.3561**	**152.2287**	**4.9579**	**1,883.4801**	**616.6895**	**3,711.2541**	**103.9211**

De acuerdo con el INECC, los principales gases responsables del efecto invernadero natural son los siguientes. Su presencia y relevancia en la RE deberán sustentarse con la fuente y periodo de información utilizados, evitando inferir niveles de emisión sin datos específicos para el área de estudio.

- El vapor de agua (H2O) producido por la evaporación del agua.
- El dióxido de carbono (CO2) generado a partir de la respiración de los seres vivos, la descomposición de la materia orgánica muerta y los incendios naturales.
- El metano (CH4) emitido por los humedales y los rumiantes durante su proceso digestivo.
- El óxido nitroso (N2O) producido por la descomposición bacteriana de la materia orgánica.
- El ozono (O3) cuando resulta de la unión natural de tres átomos de oxígeno.

III.7.2.21 Confort sonoro

El confort sonoro es aquella situación en la que el nivel de ruido provocado por las actividades humanas resulta adecuado para el descanso, la comunicación y la salud de las personas (Anta y Enríquez, 2013).

La intensidad de las ondas sonoras se mide en decibeles, y cuando éstos se disparan el sonido se convierte en ruido. El límite de ruido aceptado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) es de 65 decibeles, mientras que en nuestro país la NOM-081-SEMARNAT-1994 y el Reglamento para la protección del ambiente contra la contaminación originada por la emisión de ruido, establecen las siguientes referencias:

Tabla 33. Límites máximos permisibles de ruido.

Tipo de fuente	Zona/tipo de vehículo	Horario/tiempo de exposición	Límite máximo permisible dB (A)	Referencia
Fijas	Residencial (exteriores)	6:00 a 22:00	55	Reglamento para la protección del ambiente contra la contaminación originada por la emisión de ruido y NOM-081-SEMARNAT-1994- Establece los límites máximos permisibles
		22:00 a 6:00	50	
	Industriales y comerciales	6:00 a 22:00	68	
		22:00 a 6:00	65	
	Escuelas (áreas exteriores de juego)	Durante el juego	55	
	Ceremonias, festivales y eventos de entretenimiento.	4 horas	100	
Móviles	Automóviles, camiones, autobuses, tracto-camiones y similares			

Tipo de fuente	Zona/tipo de vehículo	Horario/tiempo de exposición	Límite máximo permisible dB (A)	Referencia
	Hasta 3 000 kg		79	de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición. Ref. 03/12/2013
	Más de 3 000 kg y hasta 10 000 kg		81	
	Más de 10 000 kg		84	
	Motocicletas, bicicletas y triciclos motorizados		84	

Este factor ambiental ha sido poco estudiado, particularmente en la RE no se cuenta con estudios que refieran a la contaminación por ruido, sin embargo, de acuerdo con las referencias normativas, así como con referencias bibliográficas acerca de los dB que emiten algunas fuentes e información acerca de las actividades que se realizan en la RE, y conforme a las observaciones realizadas durante la visita al sitio, se pueden inferir los niveles de ruido comúnmente presentes en la región.

En la RE generalmente las principales fuentes de emisión de ruidos serían móviles, específicamente autos tipo pick up, vehículos menores a 3.8 toneladas y vehículos particulares, salvo estos no se observa otra fuente significativa de emisiones de ruido en la zona de la RE, AI o AP.

III.7.3. Medio socioeconómico

La RE se ubica en los municipios de Cuetzala del Progreso en su mayor parte, así como el municipio de Cocula; mientras que, el AI y área del Proyecto se encuentran totalmente en el municipio de Cuetzala del Progreso; a nivel localidad se observa que, la RE incide en las localidades Ojo de Agua, San Luis y Tomixtlahuacán; en tanto que, el AI incide únicamente en Tomixtlahuacán; como se observa en la siguiente figura.

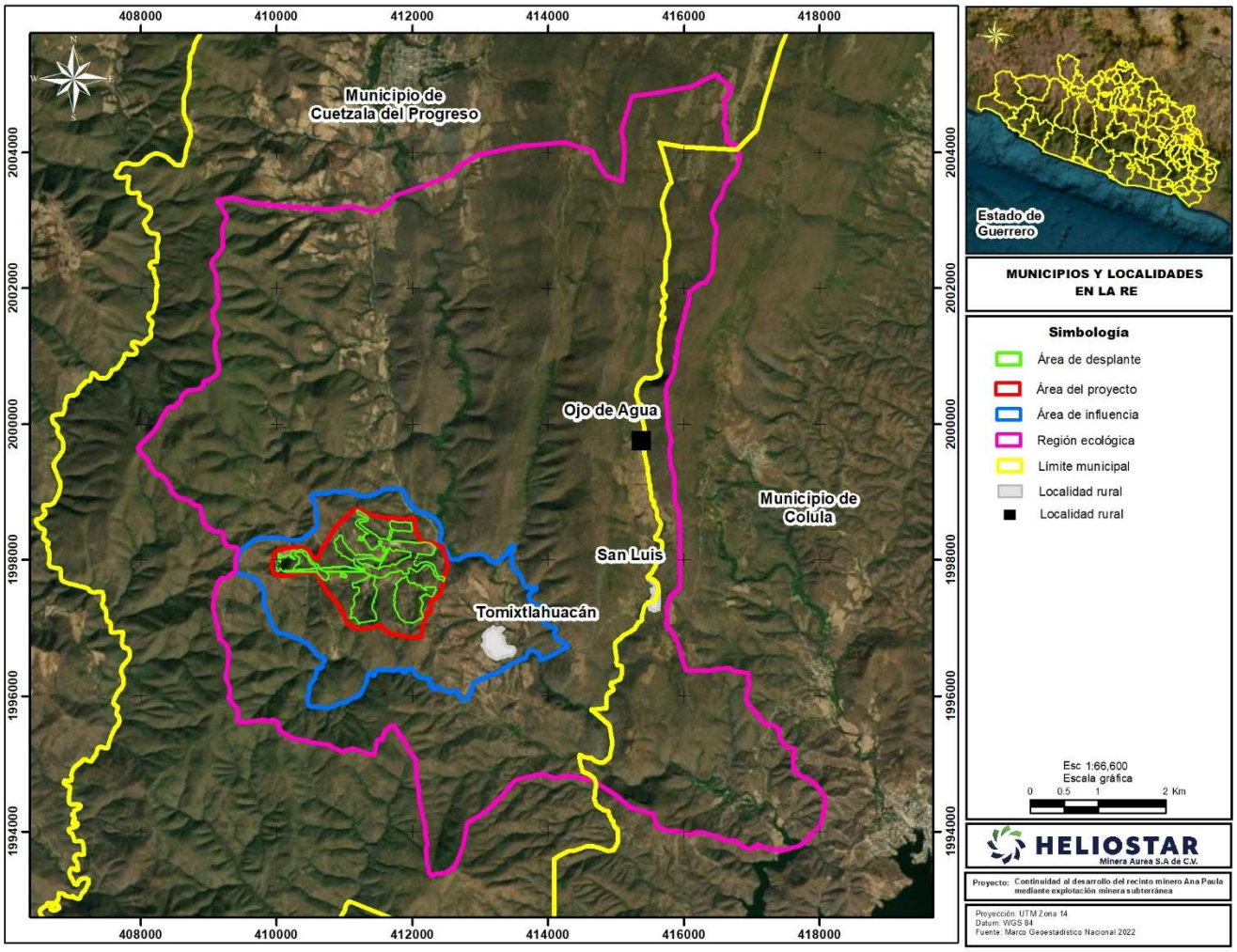


Figura 56. Ubicación de municipios y localidades en el área de estudio.

Como se observa en la figura anterior, las 3 localidades presentes en la RE pertenecen al municipio de Cuetzala del Progreso, mientras que en el territorio de Cocula no se presentan localidades, por lo cual, en este apartado se describirán únicamente los indicadores socioeconómicos de Cuetzala del Progreso con base en el Censo de Población y Vivienda 2020, estos se muestran en la siguiente tabla, tanto a nivel municipal como de las 3 localidades sobre las cuales incide la RE y AI.

El municipio de Cuetzala del Progreso tiene un total de 8,272 habitantes, de los cuales solo 354 se encuentran en la RE, la mayor parte en la localidad de Tomixtlahuacán, localidad presente al sureste del AI. La composición de la población en cuanto a sexo es similar, con una relación de 98 hombres por cada 100 mujeres en el municipio, aunque en la localidad de Tomixtlahuacán y San Luis hay más habitantes hombres, con una relación hombres-mujeres de 122 y 132, respectivamente, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 34.Indicadores de población del Municipio de Cuetzala del Progreso y localidades de la RE.

Indicador		Total del Municipio	Ojo de Agua	San Luis	Tomixtlahuacán	Total RE
Población	Población total	8,272	46	51	257	354
	Población femenina	4,180	26	22	116	164
	Población masculina	4,092	20	29	141	190
	Población de 12 años y más	6,448	33	47	185	265
	Población de 15 años y más	6,014	33	44	169	246
	Población de 18 años y más	5,589	32	44	158	234
	Población de 60 años y más	1,579	9	18	25	52
	Relación hombres-mujeres	98	77	132	122	-
	Población de 0 a 14 años	2,258	13	7	88	108
	Población de 15 a 64 años	4,759	25	29	148	202
Hogares censales	Total de hogares censales	2419	15	22	63	100
	Población en hogares censales	8272	46	51	257	354

Como se muestra en la siguiente tabla, la mayor parte de la población nació en la entidad y se encontraba residente en el mes de referencia, únicamente se registraron 139 personas a nivel municipal con residencia en otra entidad, y sólo 17 personas con esta característica a nivel de la RE, de los 354 habitantes identificados.

Tabla 35.Indicadores de migración del Municipio de Cuetzala del Progreso y localidades de la RE.

Indicador		Total del Municipio	Ojo de Agua	San Luis	Tomixtlahuacán	Total RE
Migración	Población nacida en la entidad	7,902	44	47	243	334
	Población nacida en otra entidad	271	2	4	12	18
	Población de 5 años y más residente en la entidad en marzo de 2015	7,326	38	39	207	284
	Población de 5 años y más residente en otra entidad en marzo de 2015	139	1	5	11	17

En cuanto a etnicidad, se tiene el registro de 294 habitantes hablantes de alguna lengua indígena, siendo la más frente el náhuatl con el 97.3%, así como 120 personas que se consideran afromexicanas o afrodescendientes; de este total sólo se tiene el registro de 2 habitantes hablantes de lengua indígena en la localidad de San Luis presente en la RE y 4 habitantes que se consideran afromexicanos o afrodescendientes.

Tabla 36. Indicadores de etnicidad del Municipio de Cuetzala del Progreso y localidades de la RE.

Indicador		Total del Municipio	Ojo de Agua	San Luis	Tomixtlahuacán	Total RE
Etnicidad	Población de 3 años y más que habla alguna lengua indígena	294	0	2	0	2
	Población femenina de 3 años y más que habla alguna lengua indígena	152	0	1	0	1
	Población masculina de 3 años y más que habla alguna lengua indígena	142	0	1	0	1
	Población de 3 años y más que habla alguna lengua indígena y no habla español	3	0	0	0	0
	Población de 3 años y más que habla alguna lengua indígena y habla español	291	0	2	0	2

Indicador		Total del Municipio	Ojo de Agua	San Luis	Tomixtlahuacán	Total RE
	Población en hogares censales indígenas	570	0	3	0	3
	Población que se considera afromexicana o afrodescendiente	120	0	0	4	4

En cuanto a las características educativas de la población, se observa que, el 975 habitantes de 15 años y más del municipio es analfabeta, cifra que corresponde al 11.8% de total de habitantes de 15 años y más; a nivel de la RE sólo 36 habitantes son analfabetas de los 246 habitantes de 15 años y más identificados en las 3 localidades sobre las que incide la RE, la mayoría son mujeres. La población en el municipio presenta un grado promedio de escolaridad de 6.13 que equivale a sexto de primaria, misma situación para la localidad de Tomixtlahuacán, en tanto que para las localidades de Ojo de agua equivale a quinto de primaria y para San Luis a cuarto año de primaria.

Tabla 37. Indicadores de educación del Municipio de Cuetzala del Progreso y localidades de la RE.

Indicador		Total del Municipio	Ojo de Agua	San Luis	Tomixtlahuacán	Total RE
Características educativas	Población de 15 años y más analfabeta	975	6	9	21	36
	Población femenina de 15 años y más analfabeta	553	5	3	13	21
	Población masculina de 15 años y más analfabeta	422	1	6	8	15
	Población de 15 años y más sin escolaridad	897	3	6	15	24
	Población femenina de 15 años y más sin escolaridad	496	2	1	9	12
	Población masculina de 15 años y más sin escolaridad	401	1	5	6	12
	Población de 18 años y más con educación posbásica	911	1	0	13	14
	Población femenina de 18 años y más con educación posbásica	487	0	0	7	7
	Población masculina de 18 años y más con educación posbásica	424	1	0	6	7
	Grado promedio de escolaridad	6.13	5.36	4.14	6.28	-
	Grado promedio de escolaridad de la población femenina	6.15	4.59	4.44	5.96	-
	Grado promedio de escolaridad de la población masculina	6.1	6.19	3.92	6.57	-

En el aspecto de servicios de salud, se tiene que a nivel municipal 3123 habitantes no se encuentran afiliados a algún servicio de salud, mientras que, a nivel de la RE son 87 habitantes, estas cifras representan el 38 y 25% de la población total, respectivamente, por lo tanto, la mayor parte de la población está afiliada a algún servicio de salud.

Tabla 38. Indicadores de salud del Municipio de Cuetzala del Progreso y localidades de la RE.

Indicador		Total del Municipio	Ojo de Agua	San Luis	Tomixtlahuacán	Total RE
Salud	Población sin afiliación a servicios de salud	3123	30	19	38	87
	Población afiliada a servicios de salud	5145	16	32	219	267
	Población con discapacidad	651	3	13	37	53

A nivel municipal se tiene el registro de 3976 viviendas, de las cuales 2419 se encuentran habitadas, con un promedio de 3 ocupantes; en la RE se tienen 140 viviendas, de las cuales 100 se encuentran habitadas, con un promedio de 2 a 4 ocupantes según la localidad; se observa que, apenas cerca de la mitad de las viviendas dispone de servicios de energía eléctrica, agua entubada de la red pública y drenaje, la mayor parte carece de estos servicios así como de bienes y tecnologías de la información y la comunicación, como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 39. Indicadores de vivienda del Municipio de Cuetzala del Progreso y localidades de la RE.

Indicador		Total del Municipio	Ojo de Agua	San Luis	Tomixtlahuacán	Total RE
Vivienda	Total de viviendas	3976	20	40	80	140
	Total de viviendas habitadas	2419	15	22	63	100
	Total de viviendas particulares	3850	20	37	75	132
	Total de viviendas particulares habitadas	2419	15	22	63	100
	Viviendas particulares deshabitadas	1073	3	16	14	33
	Ocupantes en viviendas particulares habitadas	8272	46	51	257	354
	Promedio de ocupantes en viviendas particulares habitadas	3.42	3.07	2.32	4.08	-
	Promedio de ocupantes por cuarto en viviendas particulares habitadas	1.14	1.07	1.24	1.85	-
	Viviendas particulares habitadas con piso de material diferente de tierra	2038	9	17	50	76
	Viviendas particulares habitadas con piso de tierra	379	6	5	13	24
	Viviendas particulares habitadas que disponen de energía eléctrica, agua entubada de la red pública y drenaje	849	10	6	53	69
	Viviendas particulares habitadas que no disponen de energía eléctrica, agua entubada, ni drenaje	12	0	1	0	1
	Viviendas particulares que disponen de drenaje y sanitario con admisión de agua	1924	10	15	53	78
	Viviendas particulares habitadas que no disponen de automóvil o camioneta, ni de motocicleta o motoneta	1796	6	13	33	52
	Viviendas particulares habitadas sin ningún bien	89	0	1	1	2
	Viviendas particulares habitadas sin radio ni televisor	243	3	4	13	20
	Viviendas particulares habitadas sin línea telefónica ni teléfono celular	713	2	9	18	29
	Viviendas particulares habitadas sin computadora ni Internet	2090	15	22	59	96
	Viviendas particulares habitadas sin tecnologías de la información y de la comunicación (TIC)	137	0	4	2	6

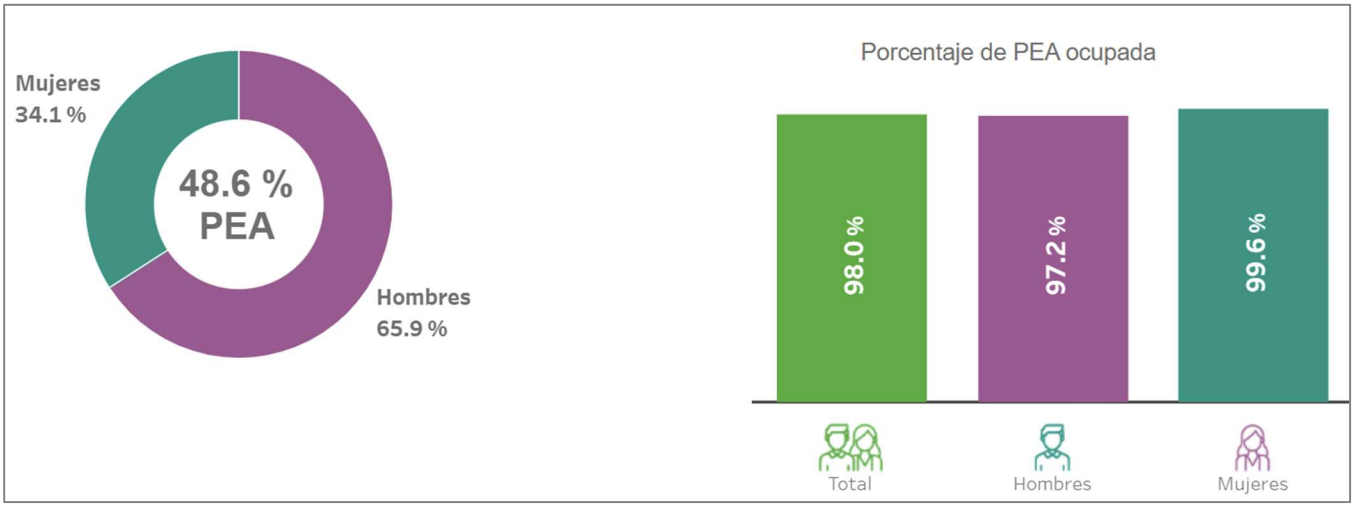
Respecto a las características económicas, en la siguiente tabla y gráfica se observa que, del total de la población de 12 años y más en el municipio, 3135 habitantes son población económicamente activa (PEA), cifra que equivale al 48.6% del total a nivel municipal; en tanto que, a nivel de la RE la PEA es

de 88 habitantes que representan el 33.2% del total identificado para las 3 localidades sobre las que incide la RE; siendo la mayoría hombres.

Tabla 40.Indicadores económicos del Municipio de Cuetzala del Progreso y localidades de la RE.

Indicador		Total del Municipio	Ojo de Agua	San Luis	Tomixtlahuacán	Total RE
Características económicas	Población de 12 años y más económicamente activa	3135	26	8	54	88
	Población femenina de 12 años y más económicamente activa	1070	13	1	12	26
	Población masculina de 12 años y más económicamente activa	2065	13	7	42	62
	Población de 12 años y más no económicamente activa	3301	7	39	131	177
	Población femenina de 12 años y más no económicamente activa	2199	4	18	76	98
	Población masculina de 12 años y más no económicamente activa	1102	3	21	55	79
	Población de 12 años y más ocupada	3073	26	8	54	88
	Población femenina de 12 años y más ocupada	1066	13	1	12	26
	Población masculina de 12 años y más ocupada	2007	13	7	42	62
	Población de 12 años y más desocupada	62	0	0	0	0
	Población femenina de 12 años y más desocupada	4	0	0	0	0
	Población masculina de 12 años y más desocupada	58	0	0	0	0

Figura 57. Porcentaje de población económicamente activa y PEA ocupada.



III.7.4. Paisaje

Para poder valorar el paisaje es importante saber cuáles son los elementos que lo componen, cómo se interrelacionan entre sí, cuál es su dinámica, para así estar en disposición de valorarlo por su calidad

intrínseca y no sólo por su belleza, cualidad de notable subjetividad sujeta a la interpretación del individuo.

Es de este modo que, para hacer la evaluación y el análisis del paisaje de la RE, AI y área del Proyecto se consideraron los aspectos de visibilidad, calidad paisajística y fragilidad.

III.7.4.1 Visibilidad

En la RE, AI y AP la visibilidad está limitada principalmente por elevaciones o vegetación, como se muestra en las siguientes figuras:



Figura 58. Visibilidad hacia el sureste de la RE (se fondo se aprecia la zona minera Media Luna, el cual se encuentra fuera de la RE).



Figura 59. Visibilidad hacia el este de la RE.



Figura 60. Visibilidad hacia el norte de la RE.



Figura 61. Visibilidad desde el área del Proyecto de sur a noroeste.

III.7.4.2 Calidad paisajística

Incluye tres aspectos de percepción que a continuación se describen:

- Las características intrínsecas del sitio, que se definen en función de la morfología, vegetación, puntos de agua y rasgos paisajísticos sobresalientes.
- La calidad visual del entorno inmediato, situado a cierta distancia visual, y en ella se aprecian valores como las formaciones vegetales, litología, grandes masas de agua, etc.
- La calidad del fondo escénico, es decir, el fondo visual del área donde se establecerá el proyecto.

Dentro de la RE, AI y AP se observa como rasgo de calidad paisajística la presencia de vegetación y la morfología, la cual es apreciable desde diferentes puntos, como se observa en las siguientes figuras:

Enseguida se presenta la evaluación de los componentes paisajísticos, su valoración y puntuación:

Tabla 41. Evaluación de los componentes paisajísticos, su valoración y la puntuación para la RE, AI y Proyecto.

Componente	Criterios de Valoración y Puntuación						Valoración			Justificación
	Criterio	Valor	Criterio	Valor	Criterio	Valor	RE	AI	AP	
Morfología	Relieve muy montañoso, marcado. Prominente (acantilados, agujas grandes, formaciones rocosas); o bien relieve de gran variedad superficial o muy erosionado o sistemas de dunas o bien presencia de algún rasgo muy similar y dominante	5	Formas erosivas interesantes o relieve variando en tamaño y forma y detalles interesantes, pero no dominantes o excepcionales.	3	Colinas suaves, fondos de valle, planos, pocos o ningún detalle singular.	1	5	3	3	La RE se ubica en 2 sistemas de topoformas: sierra baja compleja con llanuras y sierra de cumbres tendidas, la primera localizada únicamente en la porción sureste de la RE; mientras que el AI y AP se encuentran únicamente en topoforma de sierras de cumbres tendidas, misma que es dominante en la RE. Conforme al modelo de elevación y pendientes, la zona noreste de la RE es la de relieve más prominente, mientras que AI y AP se encuentran en una zona menos accidentada.
Vegetación	Gran variedad de tipos de vegetación, con formas, texturas y distribución interesantes	5	Alguna variedad en la vegetación, pero solo uno o dos tipos	3	Poca o ninguna variedad o contraste en la vegetación	1	3	3	3	La RE presenta bosque de encino y selva baja caducifolia, así como pastizal inducido; mientras que el AI conforme a INEGI sólo presenta bosque de encino; en tanto que, conforme a los muestreos los sitios levantados en el AI reflejan que presenta selva baja caducifolia, misma que se encuentra en el AP.
Agua	Factor dominante en el paisaje, limpia y clara. Aguas blancas (rápidos y cascadas) o láminas de agua en reposo	5	Agua en movimiento o en reposo, pero no dominante en el paisaje	3	Ausente o inapreciable	0	3	3	3	La RE y AP presentan números escurrimientos intermitentes, así como el Río Perenne Cuetzala, mientras que el AP solo presenta escurrimientos intermitentes.

Componente	Criterios de Valoración y Puntuación						Valoración			Justificación
	Criterio	Valor	Criterio	Valor	Criterio	Valor	RE	AI	AP	
Color	Combinación de color intensas y variadas o contrastes agradables	5	Alguna variedad e intensidad en los colores y contrastes, pero no actúa como elemento dominante	3	Poca variación de color o contraste, colores apagados	1	3	3	3	Coloración contrastante entre áreas con vegetación nativa y áreas con pastizales o agrícolas.
Fondo escénico	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual	5	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual en el conjunto	3	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto	0	3	3	3	El paisaje circundante a la RE, AI y AP presenta condiciones similares que incrementan moderadamente la calidad visual.
Rareza	Único o poco corriente o muy raro en la región, posibilidad de contemplar fauna o vegetación excepcional	6	Característico, aunque similar a otros en la región	2	Bastante común en la región	1	2	2	2	Las características ambientales son similares fuera del AP, AI y RE.2
Actuación humana	Libre de actuaciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual	5	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual	2	Modificaciones intensas y extensas, que reducen o anulan la calidad escénica.	0	2	2	2	La RE, AI y AP presentan modificaciones antrópicas de caminos, áreas agrícolas y pastizales, en el caso del AI y RE también se observan asentamientos humanos.
Σ=							21	19	19	
Calidad							Alta	Alta	Alta	

A continuación, se describe la escala de referencia utilizada para determinar la clase de calidad visual:

Tabla 42. Escala de referencia utilizada para determinar la clase de calidad visual.

Clase	Rango de puntuación	Descripción
A	19 a 33	Área de calidad alta, áreas con rasgos singulares y sobresalientes.
B	12 a 18	Áreas de calidad media, áreas cuyos rasgos poseen variedad en la forma, color y línea, pero que resultan comunes en la región estudiada y no son excepcionales.
C	0 a 11	Áreas de calidad baja, áreas con muy poca variedad en la forma, color, línea y textura.

Con base en la escala de referencia utilizada para determinar la clase de calidad visual, se obtuvo que la RE, AI y AP presentan una puntuación de 19 a 21, clasificándose dentro de la categoría A,

correspondiente a áreas de calidad visual alta, ya que se trata de áreas con rasgos singulares y sobresalientes.

III.7.4.3 Fragilidad del paisaje

La fragilidad visual del paisaje es la capacidad de respuesta de un paisaje frente a un uso de él. Es el grado de deterioro ante cambios en sus propiedades. Lo contrario es la capacidad de absorción visual (Escribano *et al*. 1991), entendida como la capacidad del paisaje para absorber los cambios que ahí se produzcan, es decir, recibir alteraciones sin deterioro de la calidad visual. Entonces, a mayor fragilidad menor capacidad de absorción visual y viceversa.

Conforme a lo anterior, se evaluó la fragilidad mediante el cálculo de la capacidad de absorción visual (CAV), para lo cual se realiza la evaluación que se especifica en la siguiente tabla:

Tabla 43. Evaluación de la CAV.

Factor	Condiciones	Valores		Valoración			Justificación
		Nominal	Numérico	RE	AID	AP	
Pendiente (S)	Inclinado (Pendiente > 55 %)	Bajo	1	2	2	2	La pendiente en la RE y AI se encuentra en un rango de 0 a 50° y en el AP es de 0 a 40°, con dominancia de una pendiente entre 20 y 30°.
	Inclinación suave (Pendiente de 25 - 55 %)	Moderado	2				
	Poco Inclinado (Pendiente de 0 - 25 %)	Alto	3				
Diversidad de vegetación (D)	Diversificada e interesante	Alta	3	3	3	3	La RE presenta 2 tipos de vegetación, AI y AP presentan un solo tipo. Conforme a los muestreos la diversidad es alta en las 3 áreas.
	Diversidad media, repoblaciones	Media	2				
	Zonas degradadas, pastizales, prados, matorrales sin vegetación o monoespecífica	Baja	1				
Estabilidad del suelo y erosionabilidad (E)	Restricción alta derivada de riesgos altos de erosión e inestabilidad, pobre regeneración potencial.	Bajo	1	2	2	2	En el suelo presente en la RE, AI y área del Proyecto se identifican áreas con erosión hídrica laminar en grados leve y moderado, así mismo, se observan áreas sin erosión en la mayor parte.
	Restricción moderada debido a ciertos riesgos de erosión e inestabilidad y buena regeneración potencial	Moderado	2				
	Poca restricción por riesgos bajos de erosión e inestabilidad y buena regeneración potencial	Alto	3				

Factor	Condiciones	Valores		Valoración			Justificación
		Nominal	Numérico	RE	AID	AP	
Contraste suelo / vegetación (V)	Alto contraste visual entre suelo y vegetación	Alto	3	1	1	1	El contrate es bajo debido a la alta presencia de cobertura vegetal.
	Contraste moderado entre suelo y vegetación	Moderado	2				
	Contraste visual bajo entre el suelo y vegetación, o sin vegetación	Bajo	1				
Potencial de regeneración de vegetación (R)	Potencial bajo o sin vegetación	Bajo	1	3	3	3	Las condiciones son favorables para la regeneración natural, dado que se encuentran fuentes de germoplasma cercanos.
	Potencial moderado	Moderado	2				
	Potencial alto	Alto	3				
Contraste suelo /roca (C)	Contraste alto	Alto	3	2	2	2	Si bien ha presencia de roca, el contraste resulta moderado debido a la presencia de vegetación.
	Contraste moderado	Moderado	2				
	Contraste bajo o inexistente	Bajo	1				
CAV = S(D+E+V+R+C)				22	22	22	-
				Moderado			-

Con los valores obtenidos se aplicó la siguiente relación:

$$CAV = S(D+E+V+R+C)$$

El resultado obtenido se compara con una escala de referencia que representa los factores considerados, las condiciones en las que se presentan y los puntajes asignados a cada condición.

Tabla 44. Escala de referencia del CAV.

Bajo	< 15
Moderado	15 a 30
Alto	> 30

Conforme a los resultados obtenidos se tiene una CAV moderada y por lo tanto, la fragilidad también es moderada.

III.8. Diagnóstico ambiental

En este apartado se presenta una síntesis objetiva y congruente del estado actual de la Región Ecológica, indicando el grado de conservación y/o deterioro (calidad del ambiente) que guarda cada uno de los factores ambientales descritos en este capítulo, para lo cual se seleccionaron los indicadores considerados más apropiados, mismos con los que fueron descritos los factores ambientales en apartados anteriores de este capítulo.

Tabla 45. Indicadores de calidad ambiental.

Indicador	Descripción
Índice de impacto antropogénico	Nivel de degradación de los ecosistemas debido a actividades humanas, por lo tanto, a mayor IIA menor naturalidad y viceversa.
Índice de Integridad Ecosistémica	El índice de integridad ecosistémica parte de un modelo conceptual llamado de tres capas (contextual, instrumental y latente), en el cual se establece la relación entre las características abióticas (climático-geográficas) y bióticas (principalmente de la estructura de la cobertura vegetal) con la condición del ecosistema. También hace uso de un modelo de referencia de integridad óptima, que asume la ausencia de intervenciones humanas.
Índice de fragmentación de áreas naturales	Indicador que describe la desintegración de los patrones geográficos existentes por la introducción de nuevos elementos o estructuras, de tal manera que se alteran las funciones prevalecientes. La fragmentación de las áreas naturales ocurre cuando grandes extensiones continuas de áreas naturales se dividen en pequeños bloques por la construcción de caminos, aclareo para la agricultura, urbanización u otro tipo de infraestructura y desarrollo provocado por la actividad humana (CONABIO, 2023).
Índice de capital Natural	Refleja la integridad ecológica de la zona, la cual muestra la condición del hábitat natural para mantener la red de interacciones depredador-presa y la viabilidad de poblaciones de 9 depredadores superiores de mamíferos, entre los cuales se encuentra la Pantherca onca (además del puma, lobo mexicano, coyotes, yaguarundi, ocelote, tigrillo, oso negro, y oso pardo) y 34 aves rapaces (águilas, halcones, búhos, y lechuzas) en los ecosistemas de México

Conforme a los criterios anteriores y la información presentada a lo largo de este capítulo, en seguida se presenta el diagnóstico ambiental.

La integración de los componentes ambientales se realizó considerando la sobreposición de la cartografía presentada y el uso de indicadores ambientales representados cartográficamente.

Conforme al Índice de Integridad Ecosistémica que se muestra en la siguiente figura, se observa que el área de estudio se encuentra en áreas con media a alta integridad ecosistémica, en la RE las áreas mejor conservadas o con mayor naturalidad se encuentran en la mayor parte de la RE, especialmente en la zona del centro al noreste y en la periferia al oeste; en el AI, AP y en la zona media norte de la RE se observan las áreas con menos integridad ecosistémica, los cuales han sido modificados principalmente a la actividad agrícola en sus proximidades a asentamientos humanos.

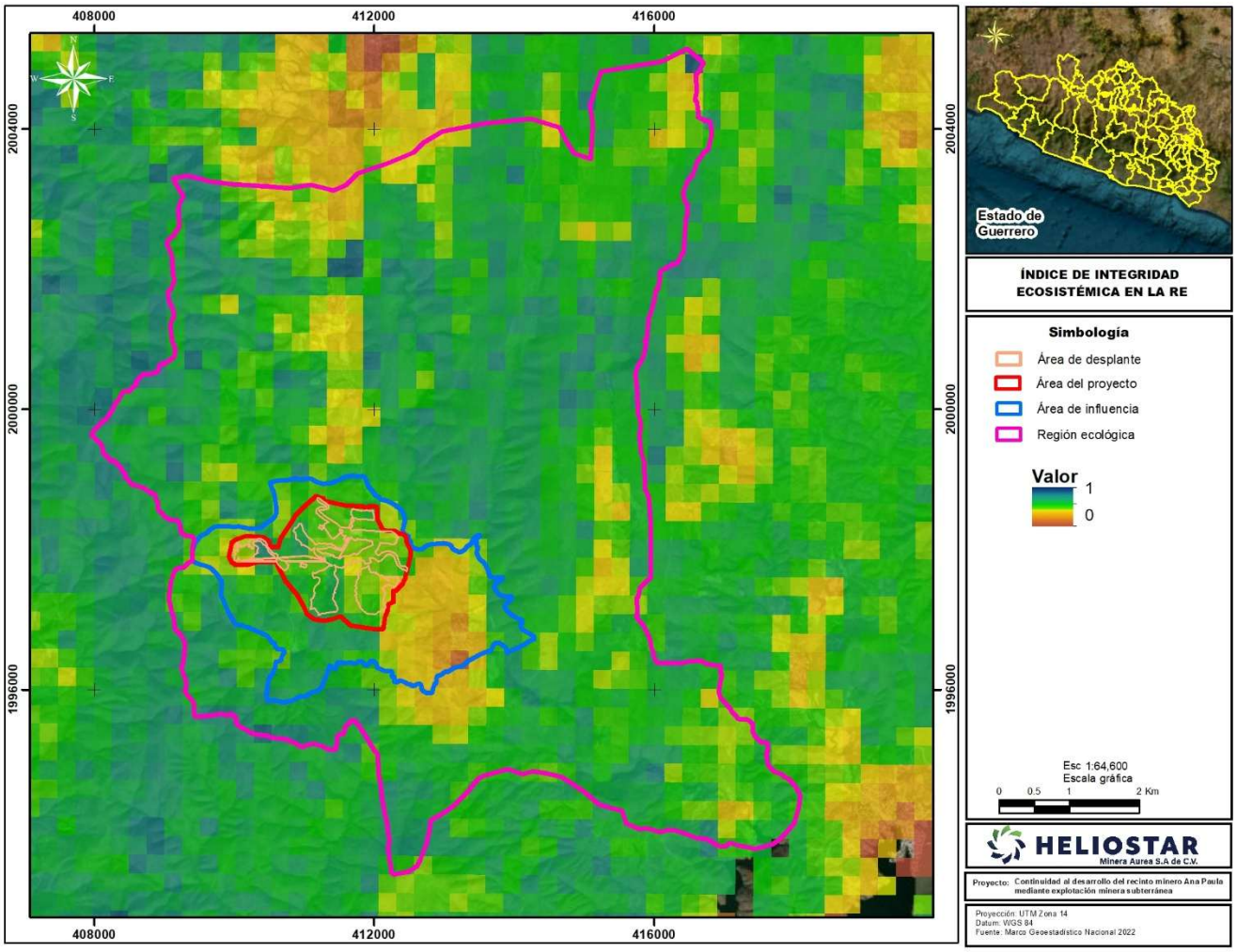


Figura 62. Índice de integridad ecosistémica en la RE.

Por otro lado, con base en el estado sucesional de la vegetación se obtuvo que la mayor parte de la superficie de la RE y AI y comprende vegetación secundaria, sin embargo, conforme a la reclasificación de USV de campo, se obtuvo que, en el AP, área de desplante y CUSTF la mayor parte es vegetación primaria.

El estado de conservación de la vegetación y los componentes asociados se puede medir indirectamente a través del índice de fragmentación de las áreas naturales de la CONABIO[19], este es uno de los indicadores de integridad ecológica, describe la integridad espacial de las áreas naturales remanentes después de los impactos humanos, y es una medida indirecta de la calidad de hábitat de las especies. Es un indicador que describe la desintegración de los patrones geográficos existentes por la introducción de nuevos elementos o estructuras, de tal manera que se alteran las funciones prevalecientes. La fragmentación de las áreas naturales ocurre cuando grandes extensiones continuas de áreas naturales se dividen en pequeños bloques por la construcción de caminos, aclareo para la agricultura, urbanización u otro tipo de infraestructura y desarrollo provocado por la actividad humana (CONABIO, 2023).

[19] CONABIO. 2023. Fragmentación de áreas naturales 2021. http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/biodiv/biatineco/biatieans/batieanfag/hbnts7gw

En la siguiente figura se observan las categorías de fragmentación de las áreas naturales remanentes por efecto de la actividad humana en la RE, AI y AP. Conforme a este modelo las áreas interior núcleo son las mejor conservadas, estas se ubican principalmente en 2 zonas, una al oeste de la RE y AI, y otra en la zona este de la RE. Mientras que, la mayor de la RE comprende áreas con algún tipo de fragmentación.

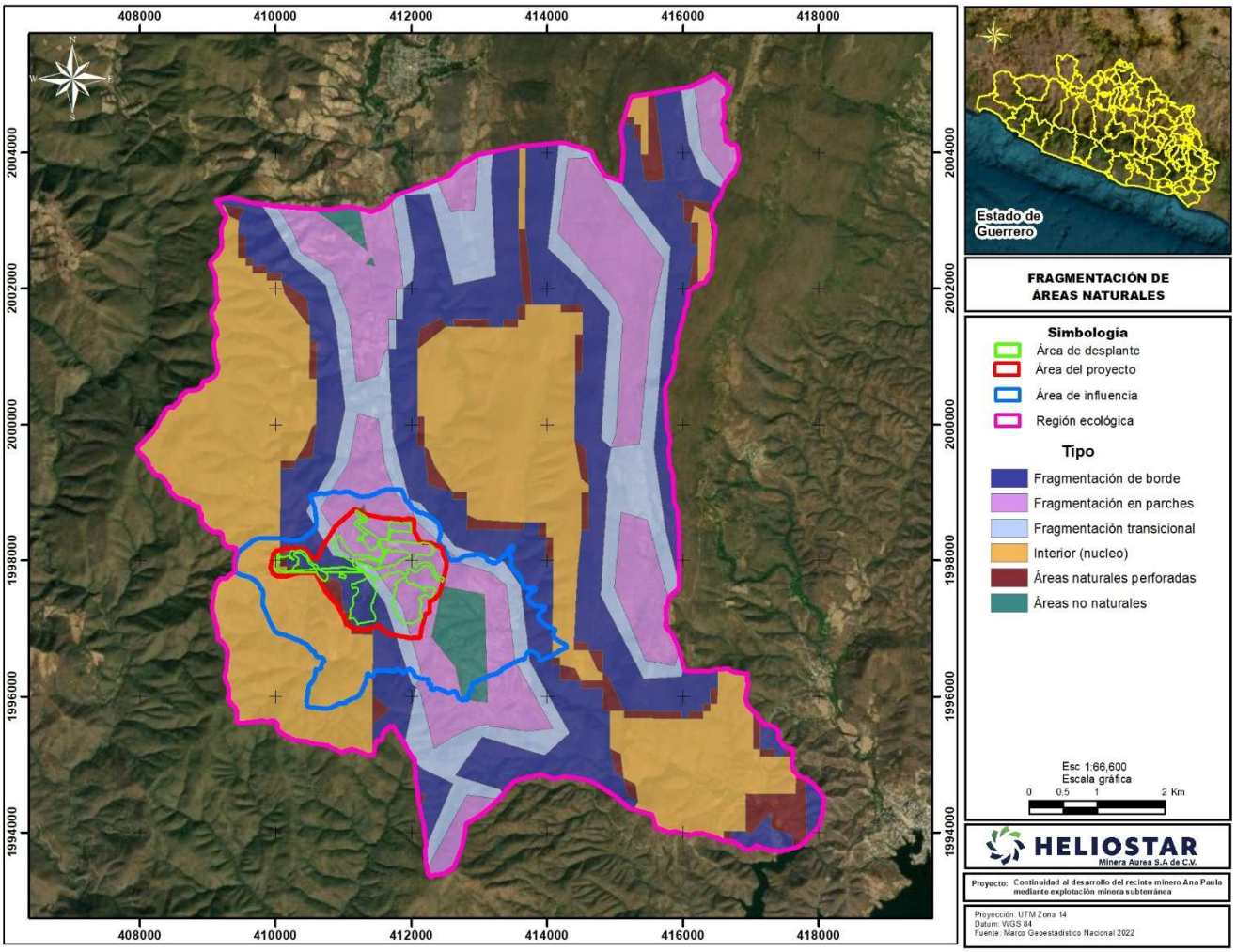


Figura 63. Índice de fragmentación de áreas naturales.

Como se describe en el estudio de Caracterización de la vegetación (Anexo 9), la mayor parte de la superficie, es decir, el 34.39% de la superficie comprende áreas interior núcleo, otra superficie importante en la RE comprende áreas con fragmentación de borde y fragmentación en parches. En el caso del AI, presenta superficies importantes de fragmentación, siendo el de parches con el 35.83% de la superficie total, mientras que, las áreas interior núcleo, es decir las mejor conservadas se distribuyen en el 24.32%. En el AP y Área de desplante, la mayor parte de la superficie presentan de fragmentación en parches con el 53.91% y 59.88% respectivamente, otra superficie importante es la de fragmentación de borde, con el 26.74% en el AP y 24.46% en el área de desplante.

Tabla 46. Superficies por categoría de fragmentación de áreas naturales en el AI y RE.

Tipo	Región ecológica		Área de influencia		Área del proyecto		Área de desplante	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Áreas naturales perforadas	313,114	4,64	18,674	2,09	15,646	5,63	3,006	2,98
Áreas no naturales	120,506	1,79	90,568	10,16	0,135	0,05	0,008	0,01
Fragmentación de borde	1.818,78	26,95	144,327	16,19	74,275	26,74	24,658	24,46
Fragmentación en parches	1.247,50	18,48	319,364	35,83	149,723	53,91	60,353	59,88
Fragmentación transicional	928,498	13,76	101,696	11,41	30,743	11,07	10,877	10,79
Interior (núcleo)	2.321,45	34,39	216,758	24,32	7,2	2,59	1,893	1,88
Suma	**6.749,85**	**100**	**891,387**	**100**	**277,723**	**100**	**100,795**	**100**

Para el área de CUSTF, el comportamiento es similar al AP, se identifica en una proporción mínima en áreas no naturales siendo en ambos casos un porcentaje menor al 0.1%, otras áreas en esta zona son las áreas naturales perforadas, con el 5.63% del AP y 0.82% del CUSTF, siendo estas las categorías de menor extensión después de las áreas no naturales. La mayor parte de la superficie (más de la mitad) en el AP y CUSTF las comprende la fragmentación en parches con el 53.91% en AP y 65.17% en CUSTF de la superficie total, posteriormente en un 26.74% en AP y 23.21 en CUSTF son áreas de fragmentación de borde y el 11.07% (AP) y 10.79% (CUSTF) con superficie en fragmentación transicional.

Tabla 47. Superficies por categoría de fragmentación de áreas naturales en el AP y área de CUSTF.

Tipo de fragmentación	Área del Proyecto		Área de CUSTF	
	Ha	%	Ha	%
Áreas naturales perforadas	15,646	5,63	0,708	0,82
Áreas no naturales	0,135	0,05	0,008	0,01
Fragmentación de borde	74,275	26,74	20,161	23,21
Fragmentación en parches	149,723	53,91	56,601	65,17
Fragmentación transicional	30,743	11,07	9,368	10,79
Interior (núcleo)	7,2	2,59		
Suma	**277,723**	**100**	**86,846**	**100**

Estos y otros factores se reflejan en el modelo de impacto antropogénico, ya que incluye como factores de presión y amenaza el uso del suelo, la infraestructura de carreteras y la fragmentación, por lo cual es un buen indicador del estado de degradación de los ecosistemas, como se observa en la siguiente figura, las áreas con índice de impacto humano elevado coinciden con las áreas no naturales y fragmentación en parches identificadas en el modelo de fragmentación anterior, mientras que las áreas con menor índice de impacto antropogénico se ubican al oeste de la RE, AP y AI, coincidiendo parcialmente con las áreas interior núcleo y fragmentación de borde.

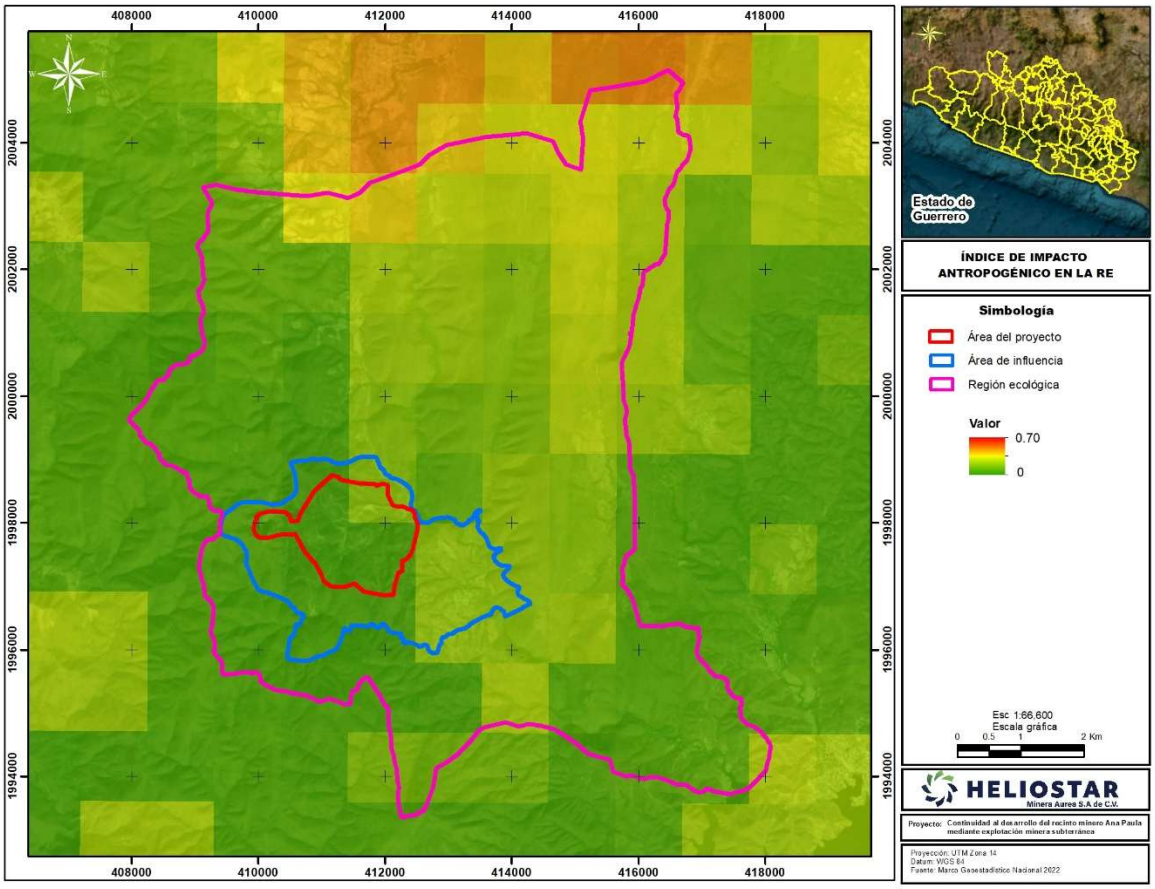


Figura 64. Índice de impacto antropogénico.

Por lo tanto, con base en las condiciones descritas en este capítulo y los modelos presentados anteriormente, se concluye que, la mayor parte de la RE, AI y AP presentan alto nivel de naturalidad de sus componentes y en grandes zonas, buena conservación; una menor proporción se encuentra afectada por fragmentación surgida debido a modificaciones en la superficie para usos antropogénicos asociados a la actividad agrícola y asentamientos humanos.

III.9. Problemáticas ambientales en la Región o Regiones Ecológicas

Conforme a las condiciones descritas en el presente Capítulo se observa que, los menores valores de integridad ecosistémica coinciden con áreas en donde se tiene la presencia de asentamientos humanos y parcelas asociadas a este, dado que, en los alrededores de las localidades de Tomixtlahuacán y Cuetzala del Progreso se concentran las áreas en donde se ha reemplazado el ecosistema original por áreas agrícolas, siendo esta la principal problemática de degradación de la vegetación y modificación de las condiciones naturales de los demás componentes ambientales asociados, tales como diversidad de flora y fauna, procesos erosivos, balance hídrico, entre otros. La agricultura es la principal actividad económicas de la región, aunque también se practica la ganadería a menor escala.

Los asentamientos humanos y la expansión de áreas agrícolas ha modificado la cobertura vegetal y son la principal causa del incremento de los procesos erosivos, específicamente erosión hídrica laminar en grado leve y moderado. Así mismo, otros factores como la calidad de aire son afectados por las

principales fuentes emisoras de combustión doméstica y fuentes ganaderas, aunque con efectos de baja intensidad debido a que son actividades que se practican en menor escala.

Aunado a las actividades de la región se han aperturado caminos para el acceso a diferentes zonas en las que la población desarrolla sus actividades económicas, por lo cual se tienen brechas que ha fragmentado la red de escurrimientos superficiales, con riesgos de arrastre de sedimentos durante la temporada de lluvias.

Finalmente se observó la presencia de líneas de transmisión eléctrica necesarias para las localidades en la región, y que se encuentran transversalmente en la RE y AI, las cuales son fuentes de riesgo de electrocución de aves y retiro de vegetación en su derecho de vía, como; aunque se señala que ninguno de estos constituye elementos de aislamiento o barreras.

Cabe aclara que, el Proyecto minero autorizado que se observa en el mapa anterior, corresponde al presente Proyecto en sus autorizaciones vigentes.

III.10. Reporte General de Incidencias del Proyecto y su AI

En los siguientes apartados se indica la superficie de incidencia del AP y su AI con elementos como el uso de suelo y vegetación observado en campo, escurrimientos y área de importancia ambiental.

III.10.1. Uso de suelo y vegetación

Tabla 48. Incidencia del Proyecto por uso de suelo y vegetación determinado en campo.

USV_campo	Elemento del Proyecto con el que incide	Sub componente (traslape con otro componente)	Sub componente 2 (traslape con otros componentes)	Superficie de incidencia del Proyecto (ha)	% de incidencia respecto de la superficie total del Proyecto	Remoción de vegetación
Área desprovista de vegetación	Área de explosivos	-	-	0.424	0.15%	0.000
	Área de reactivos	-	-	0.001	0.00%	0.000
	Área libre	-	-	0.936	0.34%	0.000
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo	-	0.000	0.00%	0.000
	Áreas de corte y relleno	-	-	2.246	0.81%	0.000
	Banda transportadora	-	-	0.040	0.01%	0.000
	Camino	-	-	0.633	0.23%	0.000
		Mina subterránea	-	0.032	0.01%	0.000
	Cimentación puente transportador y transportador aéreo	-	-	0.000	0.00%	0.000
	Cribado secundario, tanque de mineral en bruto y trituradora secundaria	-	-	0.036	0.01%	0.000
	Filtro y tanques de jales de flotación	-	-	0.035	0.01%	0.000
	Generador de emergencia (1) 1,000 kw diesel	-	-	0.020	0.01%	0.000
	Mantenimiento de molino	-	-	0.002	0.00%	0.000
	Mina subterránea	-	-	1.300	0.47%	0.000
		Áreas de corte y relleno	-	0.057	0.02%	0.000
		Rampa de acceso	-	0.007	0.00%	0.000

USV_campo	Elemento del Proyecto con el que incide	Sub componente (traslape con otro componente)	Sub componente 2 (traslape con otros componentes)	Superficie de incidencia del Proyecto (ha)	% de incidencia respecto de la superficie total del Proyecto	Remoción de vegetación
	Planta de tratamiento de aguas residuales para taller de camiones y vestuarios	-	-	0.043	0.02%	0.000
	Portal de entrada	-	-	0.441	0.16%	0.000
	Presa de jales	-	-	0.534	0.19%	0.000
	Puente transportador	-	-	0.004	0.00%	0.000
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo	-	0.001	0.00%	0.000
		Vialidad	-	0.000	0.00%	0.000
	Rampa de acceso	-	-	0.032	0.01%	0.000
	Rampa de servicios	-	-	0.030	0.01%	0.000
		Áreas de corte y relleno	-	0.003	0.00%	0.000
	Sistema de agua primario, deposito principal, agua fresca y contra incendios	-	-	0.016	0.01%	0.000
	Tepetatera 2	-	-	0.712	0.26%	0.000
	Torre de transferencia	-	-	0.027	0.01%	0.000
	Transportador aéreo de trituración subterránea	Áreas de corte y relleno	-	0.001	0.00%	0.000
		-	Cimentación puente transportador y transportador aéreo	0.000	0.00%	0.000
		Vialidad	-	0.001	0.00%	0.000
		-	Cimentación puente transportador y transportador aéreo	0.000	0.00%	0.000
	Vestidores	-	-	0.023	0.01%	0.000
	Vialidad	-	-	0.852	0.31%	0.000
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo	-	0.000	0.00%	0.000
	Área sin afectación	-	-	7.618	2.74%	0.000

USV_campo	Elemento del Proyecto con el que incide	Sub componente (traslape con otro componente)	Sub componente 2 (traslape con otros componentes)	Superficie de incidencia del Proyecto (ha)	% de incidencia respecto de la superficie total del Proyecto	Remoción de vegetación
Cuerpo de agua	Áreas de corte y relleno	-	-	0.027	0.01%	0.000
	Camino	-	-	0.004	0.00%	0.000
	Cimentación puente transportador y transportador aéreo	-	-	0.000	0.00%	0.000
	Corredor de tuberías	-	-	0.001	0.00%	0.000
	Obra de drenaje	-	-	0.003	0.00%	0.000
	Pileta de recolección	-	-	0.008	0.00%	0.000
	Presa de jales	-	-	0.030	0.01%	0.000
	Puente transportador	Cimentación puente transportador y transportador aéreo	-	0.000	0.00%	0.000
	Rampa de acceso	-	-	0.001	0.00%	0.000
	Rampa de servicios	-	-	0.001	0.00%	0.000
	Tepetatera 1	-	-	0.032	0.01%	0.000
	Tepetatera 2	-	-	0.049	0.02%	0.000
		Obra de drenaje	-	0.001	0.00%	0.000
	Transportador aéreo de trituración subterránea	Áreas de corte y relleno	-	0.000	0.00%	0.000
		-	Cimentación puente transportador y transportador aéreo	0.000	0.00%	0.000
	Vialidad	-	-	0.005	0.00%	0.000
		Obra de drenaje	-	0.001	0.00%	0.000
	Área sin afectación	-	-	0.357	0.13%	0.000
Selva baja caducifolia	Almacén	-	-	0.084	0.03%	0.084
	Almacén de reactivos	-	-	0.041	0.01%	0.041
	Área CIL	-	-	0.077	0.03%	0.077
	Área de flotación	-	-	0.056	0.02%	0.056
	Área de plataforma de explotación	-	-	1.759	0.63%	1.759
	Área de reactivos	-	-	0.032	0.01%	0.032
	Área libre	-	-	4.249	1.53%	4.249

USV_campo	Elemento del Proyecto con el que incide	Sub componente (traslape con otro componente)	Sub componente 2 (traslape con otros componentes)	Superficie de incidencia del Proyecto (ha)	% de incidencia respecto de la superficie total del Proyecto	Remoción de vegetación
	Áreas de corte y relleno	-	-	16.994	6.12%	16.994
	Banda transportadora	-	-	0.016	0.01%	0.016
		Vialidad	-	0.003	0.00%	0.003
	BIOX y torres de enfriamiento	-	-	0.400	0.14%	0.400
	Camino	-	-	2.812	1.01%	2.812
		Mina subterránea	-	0.025	0.01%	0.025
		Obra de drenaje	-	0.004	0.00%	0.004
		Rampa de acceso	-	0.006	0.00%	0.006
		Rampa de servicios	-	0.006	0.00%	0.006
	CCD y neutralización	-	-	0.233	0.08%	0.233
	Cimentación puente transportador y transportador aéreo	-	-	0.011	0.00%	0.011
	Corredor de tuberías	-	-	0.312	0.11%	0.312
		Obra de drenaje	-	0.001	0.00%	0.001
	Cuarto de control y eléctrico del molino	-	-	0.049	0.02%	0.049
	Depósito ASTER	-	-	0.069	0.02%	0.069
	Edificio de planta de relleno de pasta	-	-	0.203	0.07%	0.203
	Entrega, almacenamiento y procesamiento de piedra caliza	-	-	0.111	0.04%	0.111
	Espezadores	-	-	0.108	0.04%	0.108
	Estación de combustible de mina	-	-	0.483	0.17%	0.483
	Filtro y tanques de jales de flotación	-	-	0.076	0.03%	0.076
	Filtros de cola: plataforma de preparación y transferencia	-	-	0.104	0.04%	0.104
	Generador de emergencia (1) 1,000 kw diesel	-	-	0.004	0.00%	0.004
	Generadores de emergencia (3) 1,000 kw diesel	-	-	0.087	0.03%	0.087

USV_campo	Elemento del Proyecto con el que incide	Sub componente (traslape con otro componente)	Sub componente 2 (traslape con otros componentes)	Superficie de incidencia del Proyecto (ha)	% de incidencia respecto de la superficie total del Proyecto	Remoción de vegetación
	Laboratorio	-	-	0.054	0.02%	0.054
	Manipulación del carbón y refinería	-	-	0.145	0.05%	0.145
	Mantenimiento de molino	-	-	0.050	0.02%	0.050
	Mina subterránea	-	-	4.154	1.50%	0.000
		Áreas de corte y relleno	-	0.053	0.02%	0.053
		Rampa de acceso	-	0.082	0.03%	0.000
	Molino	-	-	0.056	0.02%	0.056
	Molino de bolas deposito de alimentación	-	-	0.037	0.01%	0.037
	Obra de drenaje	-	-	0.032	0.01%	0.032
	Pileta de recolección	-	-	1.044	0.38%	1.044
	Planta de tratamiento de aguas residuales para taller de camiones y vestuarios	-	-	0.069	0.02%	0.069
	Portal de entrada	-	-	0.036	0.01%	0.036
		Rampa de servicios	-	0.001	0.00%	0.001
		Transportador aéreo de trituración subterránea	-	0.000	0.00%	0.000
	Presa de jales	-	-	15.394	5.54%	15.394
	Puente transportador	-	-	0.040	0.01%	0.040
		Áreas de corte y relleno	-	0.009	0.00%	0.009
		-	Cimentación puente transportador y transportador aéreo	0.003	0.00%	0.003
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo	-	0.017	0.01%	0.017
		Vialidad	-	0.003	0.00%	0.003
		-	Cimentación puente transportador y transportador aéreo	0.002	0.00%	0.002
	Rampa de acceso	-	-	0.531	0.19%	0.000

USV_campo	Elemento del Proyecto con el que incide	Sub componente (traslape con otro componente)	Sub componente 2 (traslape con otros componentes)	Superficie de incidencia del Proyecto (ha)	% de incidencia respecto de la superficie total del Proyecto	Remoción de vegetación
		Áreas de corte y relleno	-	0.007	0.00%	0.007
	Rampa de servicios		-	0.515	0.19%	0.000
		Áreas de corte y relleno	-	0.048	0.02%	0.048
	Sistema de agua primario, deposito principal, agua fresca y contra incendios	-	-	0.155	0.06%	0.155
	Subestación eléctrica principal, sala de control eléctrico de la zona 700 EL. 785	-	-	0.320	0.12%	0.320
	Tepetatera 1	-	-	5.139	1.85%	5.139
	Tepetatera 2	-	-	13.696	4.93%	13.696
	Transportador aéreo de trituración subterránea	Áreas de corte y relleno	-	0.003	0.00%	0.003
		-	Cimentación puente transportador y transportador aéreo	0.001	0.00%	0.001
		Vialidad	-	0.002	0.00%	0.002
		-	Cimentación puente transportador y transportador aéreo	0.001	0.00%	0.001
	Trituración primaria	-	-	0.017	0.01%	0.000
	Vestidores	-	-	0.097	0.03%	0.097
	Vialidad	-	-	4.124	1.48%	4.124
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo	-	0.001	0.00%	0.001
	Zona de apilamiento	-	-	1.502	0.54%	1.502
	Área sin afectación	-	-	154.481	55.62%	0.000
Vegetación secundaria arbustiva de	Área libre	-	-	0.886	0.32%	0.886
	Áreas de corte y relleno	-	-	1.501	0.54%	1.501
	Camino	-	-	0.055	0.02%	0.055

USV_campo	Elemento del Proyecto con el que incide	Sub componente (traslape con otro componente)	Sub componente 2 (traslape con otros componentes)	Superficie de incidencia del Proyecto (ha)	% de incidencia respecto de la superficie total del Proyecto	Remoción de vegetación
selva baja caducifolia	Cimentación puente transportador y transportador aéreo	-	-	0.003	0.00%	0.003
	Edificio de planta de relleno de pasta	-	-	0.537	0.19%	0.537
	Filtro y tanques de jales de flotación	-	-	0.105	0.04%	0.105
	Generador de emergencia (1) 1,000 kw diesel	-	-	0.000	0.00%	0.000
	Obra de drenaje	-	-	0.139	0.05%	0.139
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo	-	0.000	0.00%	0.000
	Pileta de recolección	-	-	0.433	0.16%	0.433
	Portal de entrada	-	-	0.002	0.00%	0.002
	Presa de jales	-	-	6.782	2.44%	6.782
	Puente transportador	-	-	0.005	0.00%	0.005
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo	-	0.002	0.00%	0.002
		Vialidad	-	0.003	0.00%	0.003
		-	Cimentación puente transportador y transportador aéreo	0.001	0.00%	0.001
	Tepetatera 2	-	-	4.591	1.65%	4.591
		Obra de drenaje	-	0.022	0.01%	0.022
	Torre de transferencia	Vialidad	-	0.019	0.01%	0.019
	Transportador aéreo de trituración subterránea	Áreas de corte y relleno	-	0.004	0.00%	0.004
		-	Cimentación puente transportador y transportador aéreo	0.003	0.00%	0.003
		Obra de drenaje	-	0.001	0.00%	0.001

USV_campo	Elemento del Proyecto con el que incide	Sub componente (traslape con otro componente)	Sub componente 2 (traslape con otros componentes)	Superficie de incidencia del Proyecto (ha)	% de incidencia respecto de la superficie total del Proyecto	Remoción de vegetación
		-	Cimentación puente transportador y transportador aéreo	0.001	0.00%	0.001
		Vialidad	-	0.005	0.00%	0.005
		-	Cimentación puente transportador y transportador aéreo	0.002	0.00%	0.002
	Vialidad	-	-	1.181	0.43%	1.181
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo	-	0.001	0.00%	0.001
		Obra de drenaje	-	0.010	0.00%	0.010
	Área sin afectación	-	-	14.472	5.21%	0.000
Total general				277.723	100.00%	86.846

En el **Anexo 9.8** se incluye esta tabla en formato Excel.

III.10.2. Corrientes y cuerpos de agua

En la siguiente tabla se muestra la superficie de incidencia del AP con escurrimientos intermitentes, la cual corresponde al uso de suelo clasificado como cuerpo de agua según la reclasificación de USV de campo. Conforme se observa en la tabla, el AP tiene incidencia en una superficie total de 0.519 ha de escurrimientos intermitentes, de la cual, 0.357 ha se ubican en las áreas sin afectación o sin desplante de componentes, mientras que la superficie restante correspondiente a 0.162 ha tendrá alguna interacción con el Proyecto por los componentes que se señalan enseguida.

Tabla 49. Incidencia del AP en uso de suelo clasificado como cuerpo de agua, correspondiente a escurrimientos intermitentes identificados en campo.

Elemento del Proyecto con el que incide	Sub componente (traslape con otro componente)	Sub componente 2 (traslape con otros componentes)	Superficie de incidencia del Proyecto (ha)	% de incidencia respecto de la superficie total del Proyecto
Áreas de corte y relleno	-	-	0.027	0.01%
Camino	-	-	0.004	0.00%
Cimentación puente transportador y transportador aéreo	-	-	0.0001	0.00%
Corredor de tuberías	-	-	0.001	0.00%
Obra de drenaje	-	-	0.003	0.00%
Pileta de recolección	-	-	0.008	0.00%
Presa de jales	-	-	0.030	0.01%
Puente transportador	Cimentación puente transportador y transportador aéreo	-	0.0002	0.00%
Rampa de acceso	-	-	0.001	0.00%
Rampa de servicios	-	-	0.001	0.00%
Tepetatera 1	-	-	0.032	0.01%
Tepetatera 2	-	-	0.049	0.02%
	Obra de drenaje	-	0.001	0.00%
Transportador aéreo de trituración subterránea	Áreas de corte y relleno	-	0.0002	0.00%
		Cimentación puente transportador y transportador aéreo	0.000002	0.00%
Vialidad	-	-	0.005	0.00%
	Obra de drenaje	-	0.001	0.00%
Sin afectación	-	-	0.357	0.13%
		Total	**0.519**	**0.19%**

III.10.3. Áreas de importancia ambiental

Como se observa en la siguiente tabla y mapas posteriores, el área del Proyecto y AI únicamente presentan incidencia con Sitios Prioritarios Acuáticos Epicontinentales y Sitios Prioritarios para la Restauración.

Tabla 50. Superficies de incidencia del AP con áreas de importancia ambiental.

Incidencia	Elemento del Proyecto con el que incide	Superficie de incidencia del Proyecto (ha)	% de incidencia respecto de la superficie total del Proyecto	Superficie de incidencia del AI (ha)	% de incidencia respecto de la superficie total del AI
2. Áreas Naturales Protegidas (ANP)	Sin incidencia	0	0	0	0
3. Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC)	Sin incidencia	0	0	0	0
4. Sitio RAMSAR	Sin incidencia	0	0	0	0
5. Humedales	Sin incidencia	0	0	0	0
6. Manglar	Sin incidencia	0	0	0	0
7. Áreas de Importancia ambiental:					
7.1 Regiones Terrestres Prioritarias	Sin incidencia	0	0	0	0
7.2 Regiones Hidrológicas Prioritarias	Sin incidencia	0	0	0	0
7.3 Áreas de Importancia para la Conservación de Aves	Sin incidencia	0	0	0	0
8. Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre	Sin incidencia	0	0	0	0
9. Ecosistemas relevantes	Sin incidencia	0	0	0	0
10. Sitios Prioritarios Acuáticos Epicontinentales (SPAE)	Zona sin afectación y área de desplante. En la zona de desplante los componentes de incidencia son: Almacén, Almacén de reactivos, Área CIL, Área de flotación, Área de plataforma de explotación, Área de reactivos, Área libre, Áreas de corte y relleno, Banda transportadora, BIOX y torres de enfriamiento, Camino, CCD y neutralización, Cimentación puente transportador y transportador aéreo, Corredor de tuberías, Cribado secundario, tanque de mineral en bruto y trituradora secundaria, Cuarto de control y eléctrico del molino, Depósito	96.461	34.73	219.013	24.57

Incidencia	Elemento del Proyecto con el que incide	Superficie de incidencia del Proyecto (ha)	% de incidencia respecto de la superficie total del Proyecto	Superficie de incidencia del AI (ha)	% de incidencia respecto de la superficie total del AI
	ASTER, Edificio de planta de relleno de pasta, Entrega, almacenamiento y procesamiento de piedra caliza, Espezadores, Estación de combustible de mina, Filtro y tanques de jales de flotación, Filtros de cola: plataforma de preparación y transferencia, Generadores de emergencia (3) 1,000 kw diesel, Laboratorio, Manipulación del carbón y refinería, Mantenimiento de molino, Molino, Molino de bolas deposito de alimentación, Obra de drenaje, Pileta de recolección, Planta de tratamiento de aguas residuales para taller de camiones y vestuarios , Presa de jales, Puente transportador, Subestación eléctrica principal, sala de control eléctrico de la zona 700 EL. 785, Torre de transferencia, Vestidores, Vialidad, Zona de apilamiento.				
11. Sitios Prioritarios Terrestres (SPT)	Sin incidencia	0	0	0	0
12. Sitios de Atención Prioritaria para la Conservación de la Biodiversidad (SAP)	Sin incidencia	0	0	0	0
13. Sitios Prioritarios para la Restauración (SPR)	Zona sin afectación y área de desplante. En la zona de desplante los componentes de incidencia son: Almacén, Almacén de reactivos, Área CIL, Área de explosivos, Área de flotación, Área de reactivos, Área libre, Áreas de corte y relleno, Banda transportadora, BIOX y	182.945	65.87	342.153	38.38

Incidencia	Elemento del Proyecto con el que incide	Superficie de incidencia del Proyecto (ha)	% de incidencia respecto de la superficie total del Proyecto	Superficie de incidencia del AI (ha)	% de incidencia respecto de la superficie total del AI
	torres de enfriamiento, Camino, CCD y neutralización, Cimentación puente transportador y transportador aéreo, Corredor de tuberías, Cribado secundario, tanque de mineral en bruto y trituradora secundaria, Cuarto de control y eléctrico del molino, Depósito ASTER, Edificio de planta de relleno de pasta, Entrega, almacenamiento y procesamiento de piedra caliza, Espezadores, Filtro y tanques de jales de flotación, Filtros de cola: plataforma de preparación y transferencia, Generador de emergencia (1) 1,000 kw diesel, Generadores de emergencia (3) 1,000 kw diesel, Manipulación del carbón y refinería, Mantenimiento de molino, Molino, Molino de bolas deposito de alimentación, Obra de drenaje, Pileta de recolección, Portal de entrada, Presa de jales, Puente transportador, Rampa de acceso, Rampa de servicios, Subestación eléctrica principal, sala de control eléctrico de la zona 700 EL. 785, Tepetatera 1, Tepetatera 2, Torre de transferencia, Transportador aéreo de trituración subterránea, Vialidad, Zona de apilamiento.				
14. Corredores bioclimáticos	Sin incidencia	0	0	0	0

III.10.4. Áreas Naturales Protegidas (incluye ADVC)

De acuerdo con el Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) no se encuentra incidencia del Proyecto con alguna área natural protegida (ANP) a nivel federal, estatal o municipal, siendo las más cercanas al área de Proyecto: la ANP Federal “Sierra Tecuani” a 36.20 km en el extremo oeste como se aprecia en la siguiente figura.

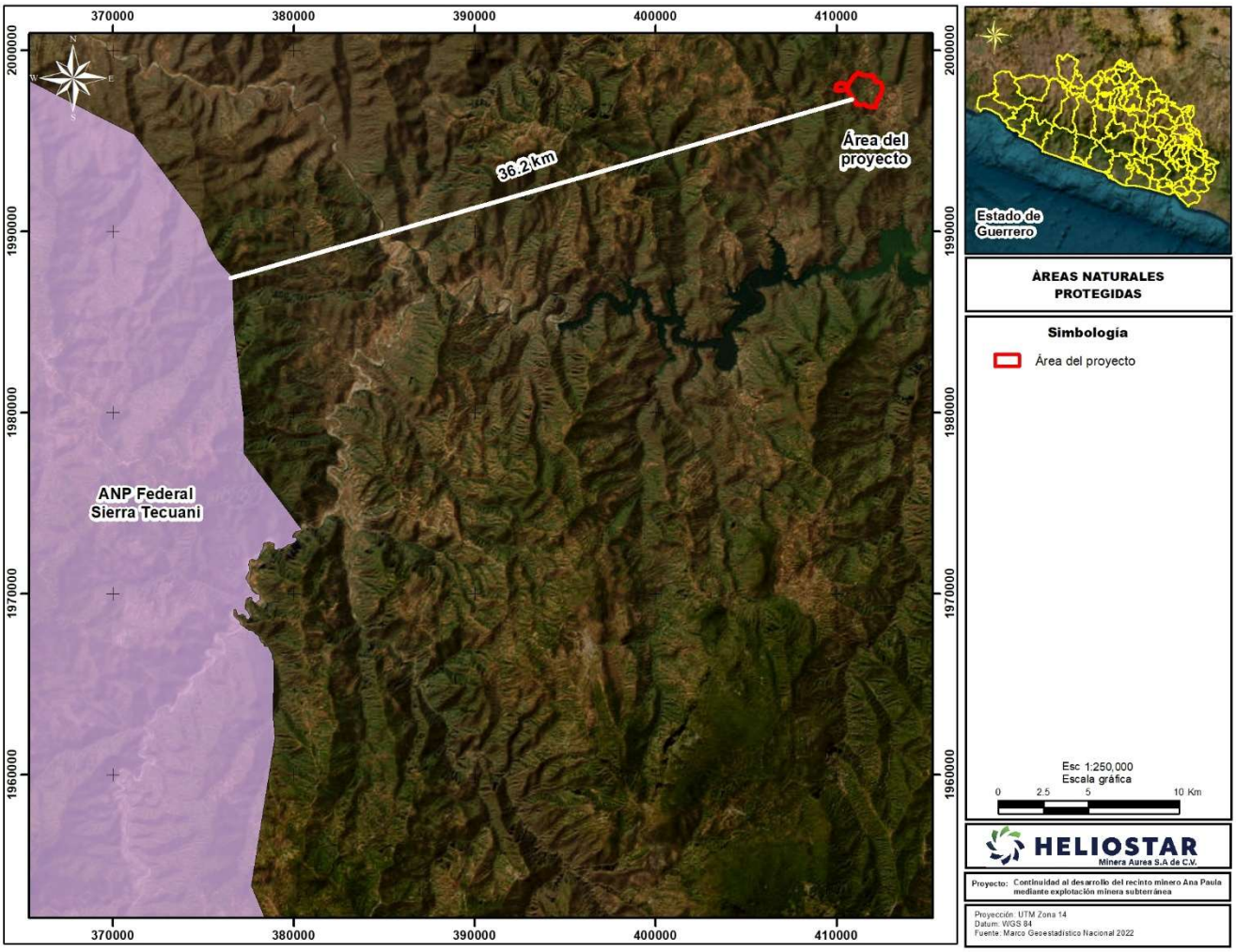


Figura 65. Ubicación del Proyecto respecto de ANP.

III.10.5. Sitios Ramsar

De acuerdo con la cartografía de Sitios Ramsar, como se muestra en la siguiente figura, el Área del Proyecto no incide en alguno de estos sitios.

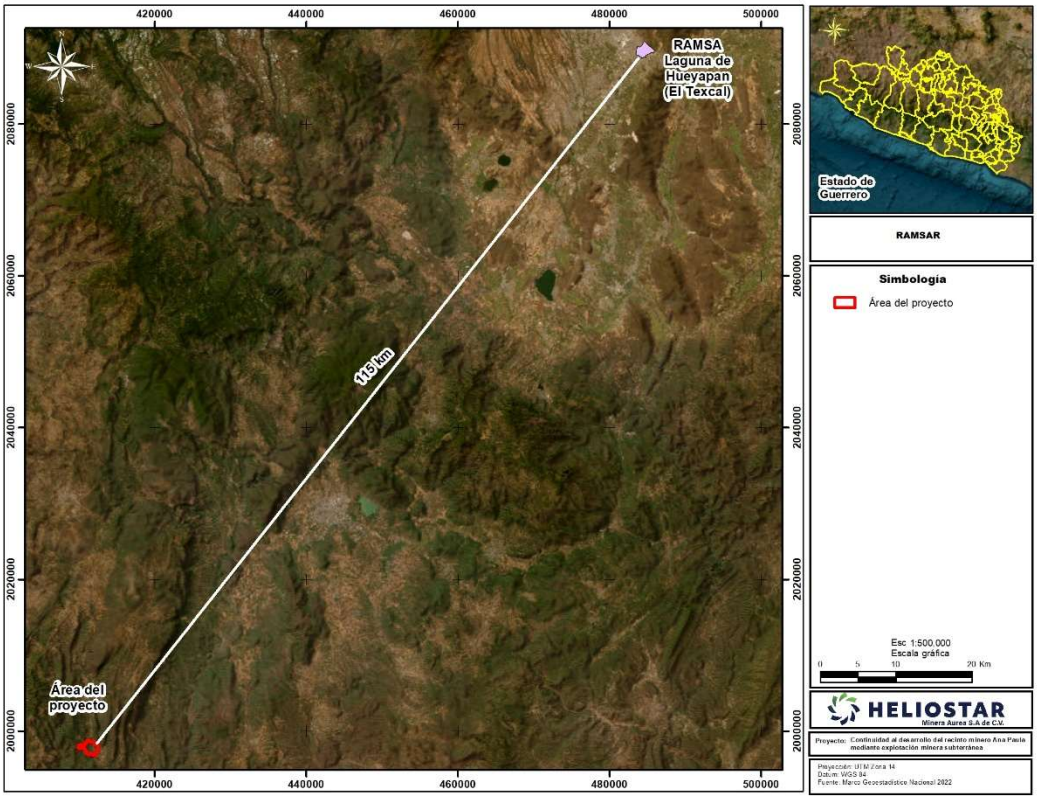


Figura 66. Ubicación del Proyecto con respecto a sitios Ramsar.

III.10.6. Humedales

De acuerdo con la capa vectorial de humedales potenciales de INEGI en la zona sureste se tiene una incidencia con un humedal de tipo creado, como se muestra en la siguiente figura.

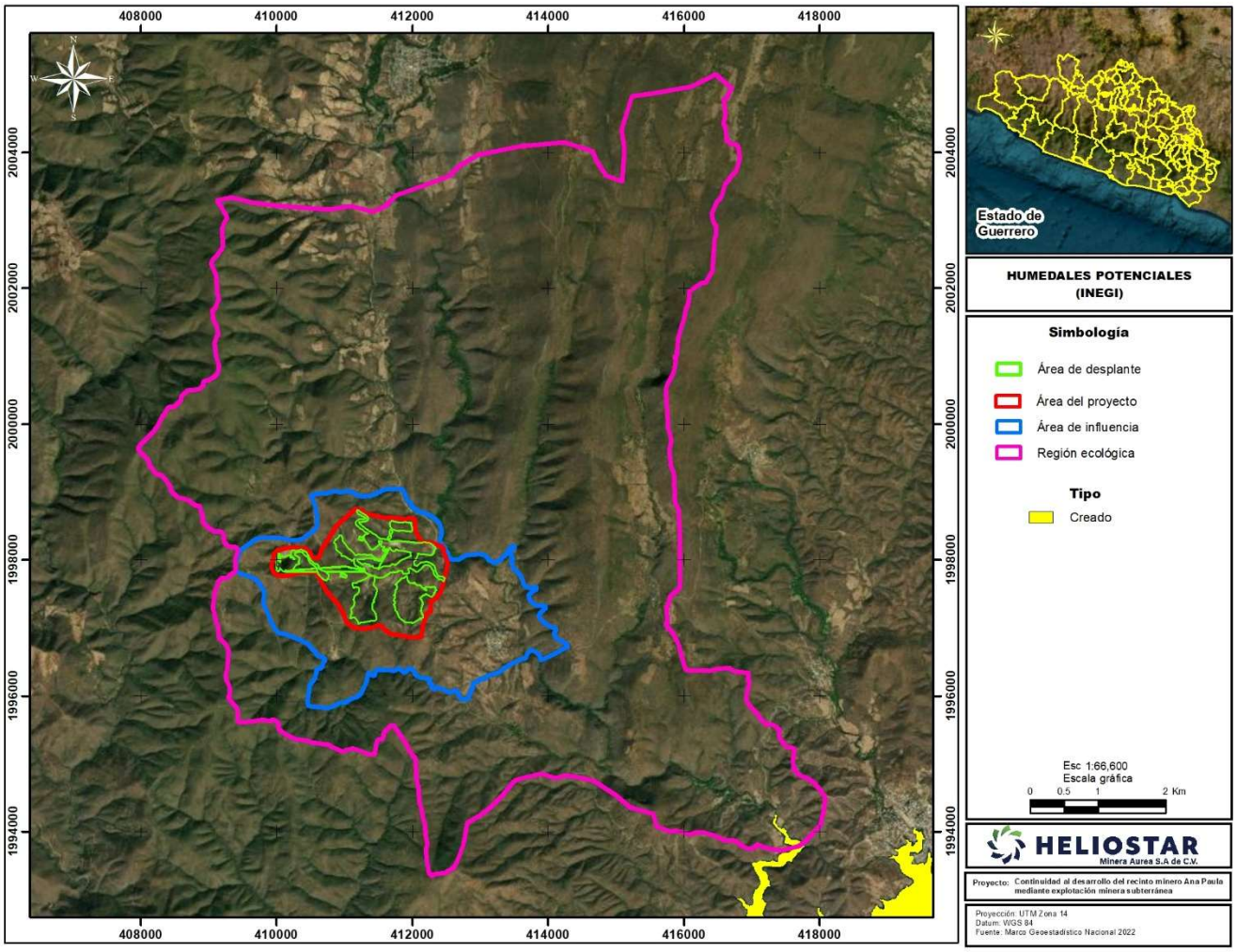


Figura 67. Humedales potenciales en el área de estudio (INEGI).

De acuerdo con la capara vectorial de humedales de CONAGUA en la zona sureste se tiene una incidencia de clase fluvial, como se muestra en la siguiente figura.

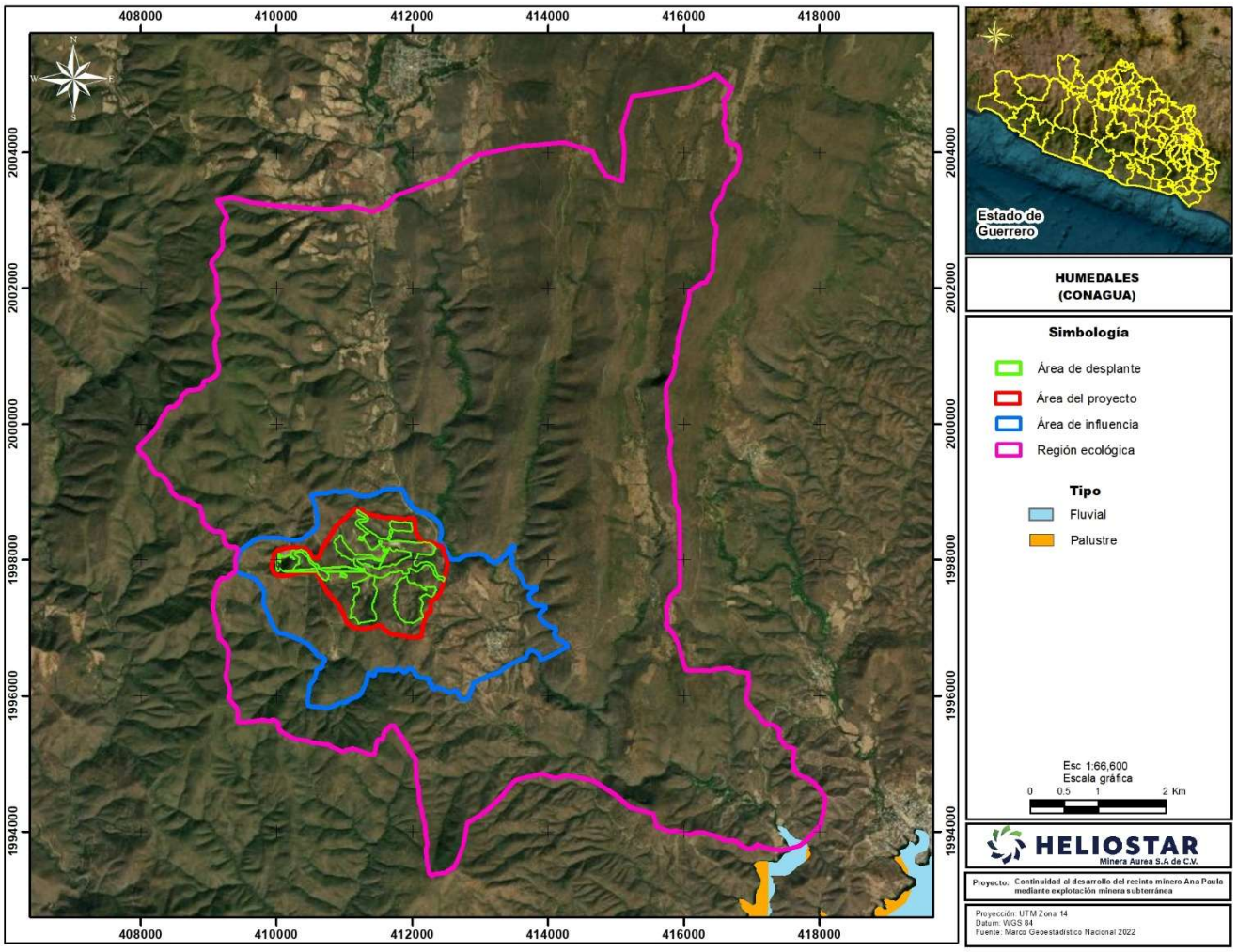


Figura 68. Humedales en el área de estudio (CONAGUA).

III.10.7. Regiones Terrestres Prioritarias (RTP)

El área de Proyecto se encuentra fuera de alguna Región Terrestre Prioritaria (RTP), siendo las más cercanas: la número 118 Cañón del Zopilote a una distancia aproximada de 10 km al sureste del Proyecto, de acuerdo con Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO[20]), como se observa en la siguiente figura:

[20] http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp_118.pdf

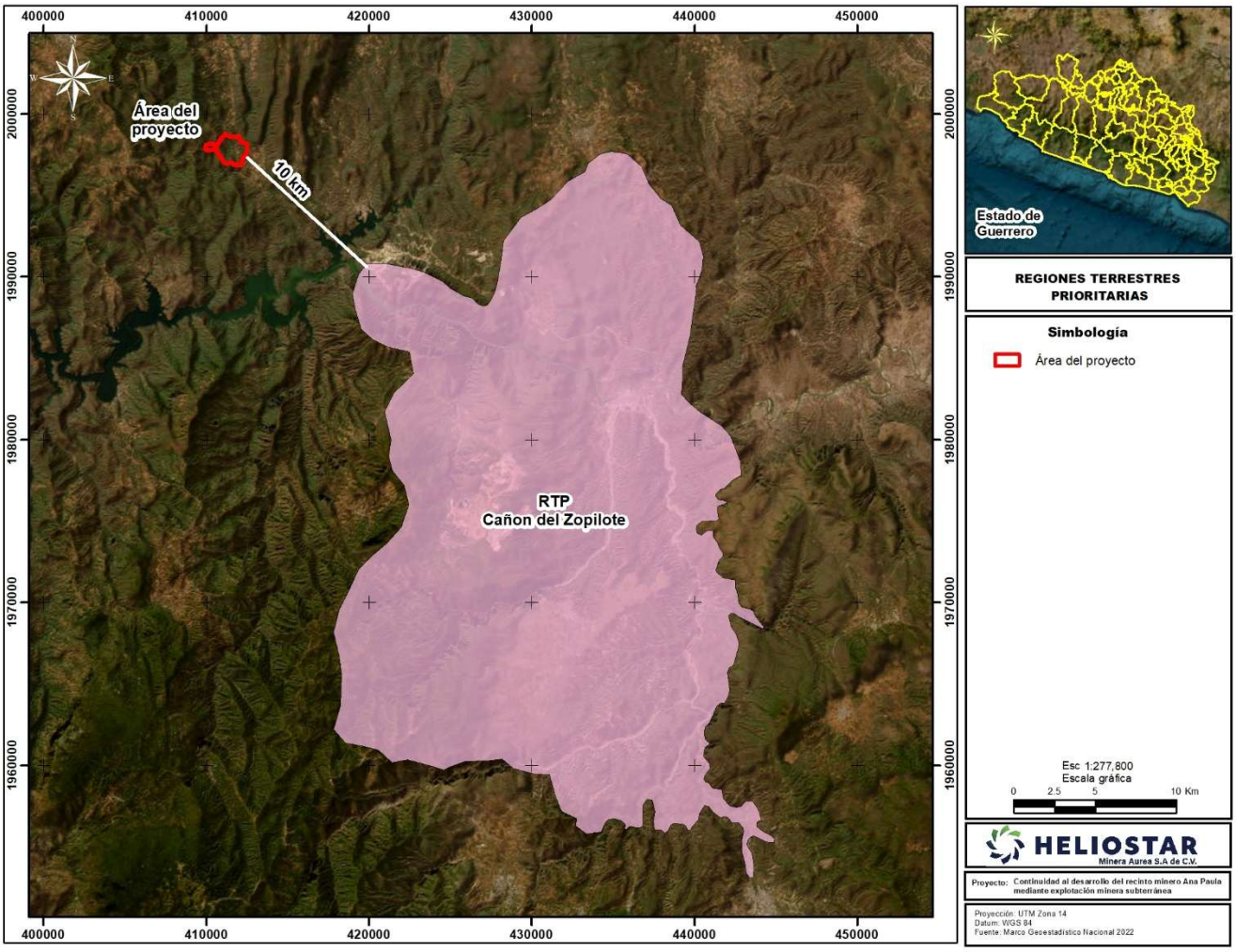


Figura 69. Ubicación del Proyecto respecto a la RTP -118 Cañón del Zopilote.

III.10.8. Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP)

El área de Proyecto no incide en alguna RHP, la más cercana es la RHP 67 “Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala” misma que se ubica al noreste a una distancia aproximada de 59 km, de acuerdo con Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO[21]); como se muestra en la siguiente figura:

[21] http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_067.html

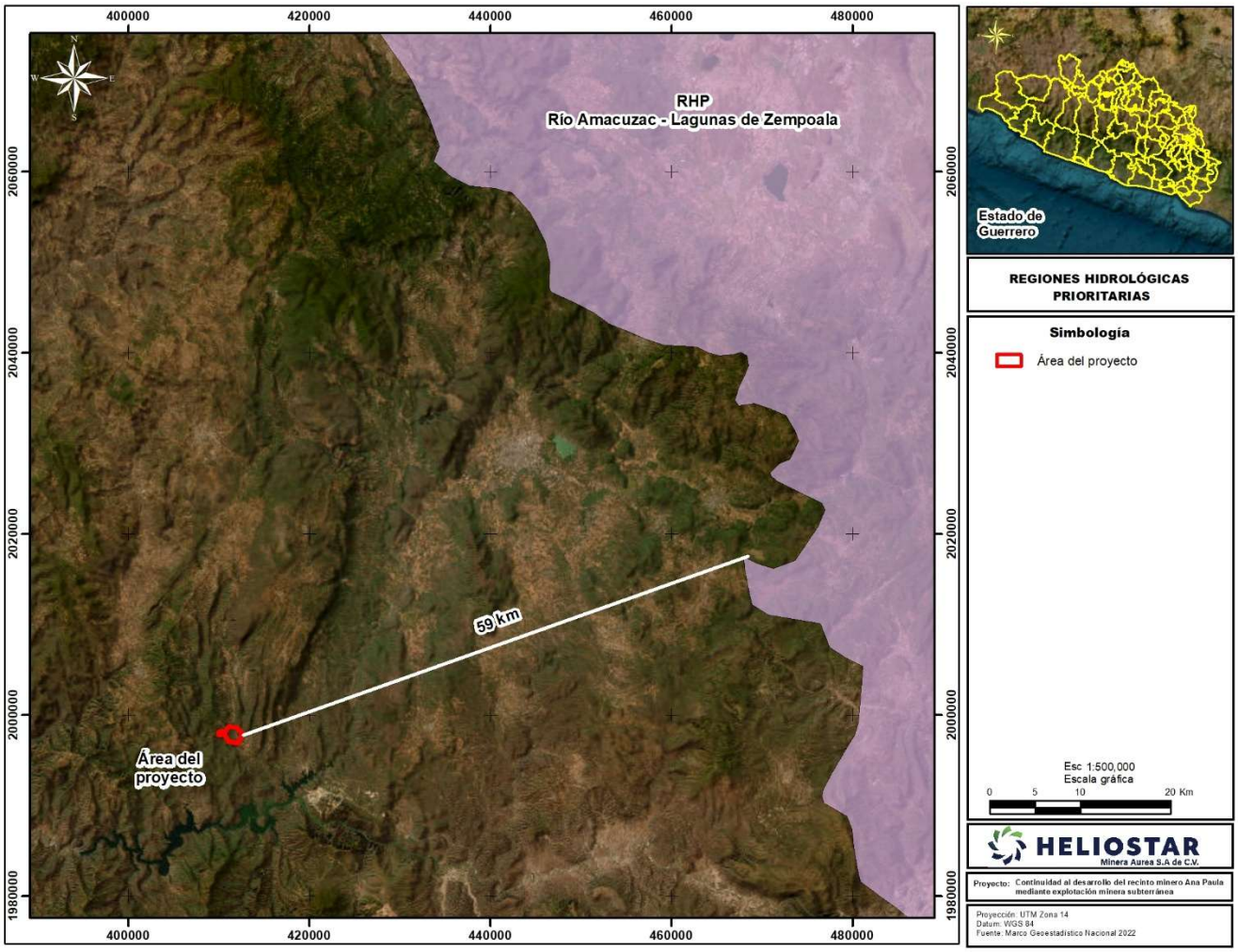


Figura 70. Ubicación del Proyecto respecto a la RHP -67 “Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala”.

III.10.9. Áreas de Importancia para la Conservación de Aves (AICA)

El área de Proyecto no incide en alguna Área de Importancia para la Conservación de Aves (AICA), la más próxima es: AICA-18 Cañón del Zopilote localizada al este a una distancia de 5.90 km, de acuerdo con Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)[22]; como se muestra en la siguiente figura.

[22] https://avesmx.conabio.gob.mx/FichaRegion.html#AICA_18

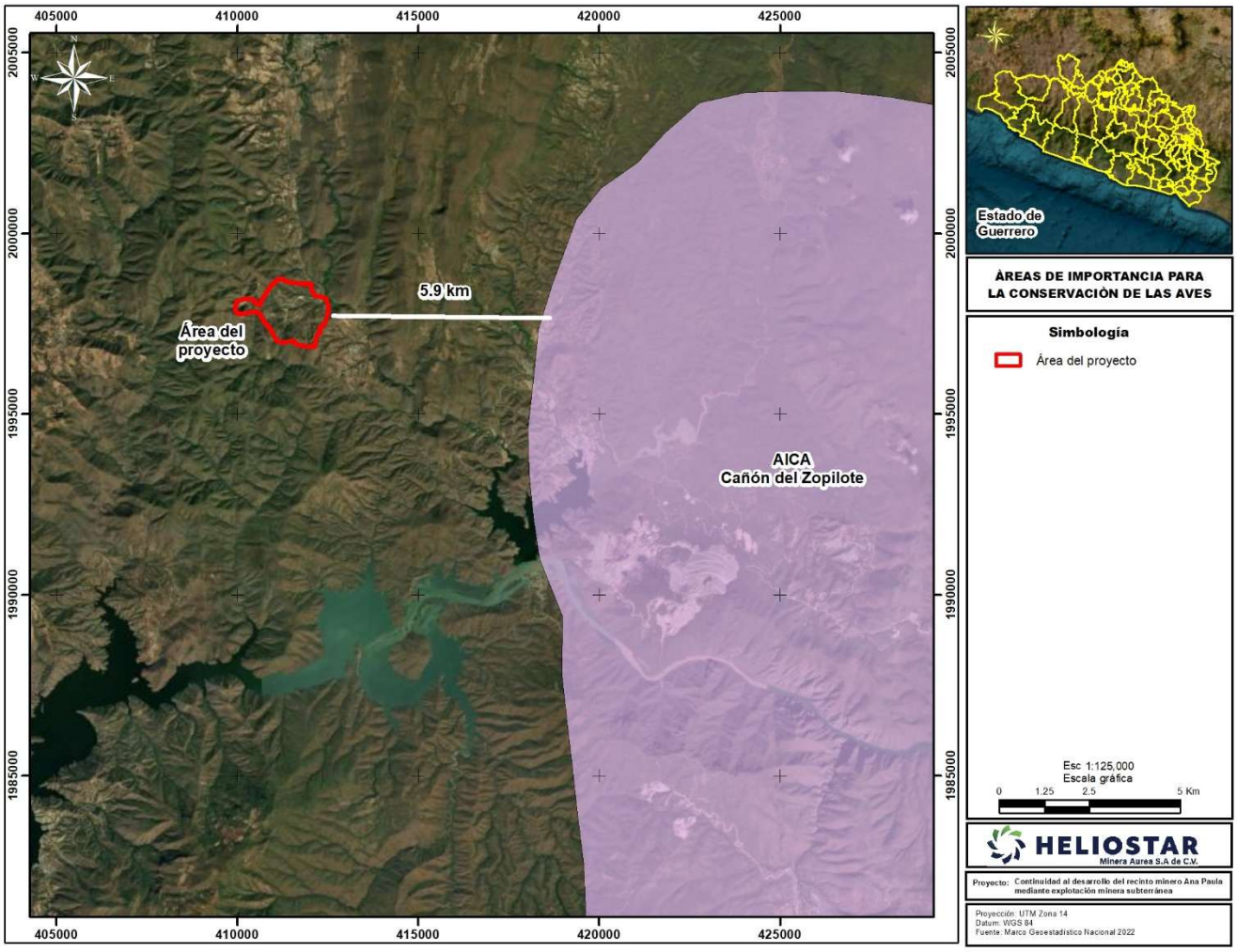


Figura 71. Ubicación del Proyecto respecto a la AICA-18 Cañón del Zopilote.

III.10.1. Unidades de Manejo Ambiental (UMAS)

Las UMA son predios de propietarios o poseedores que voluntariamente los destinan al aprovechamiento sustentable de las especies silvestres que ahí habitan. Asimismo, dan respuesta a la necesidad de conservar la biodiversidad y dar impulso a la producción y el desarrollo socioeconómico del país.

De acuerdo con el análisis realizado, el Proyecto se encuentra fuera de alguna UMA, la más próxima es la UMA Comunidad la Coronilla a 202 km localizada en el extremo suroeste, como se observa en la siguiente figura:

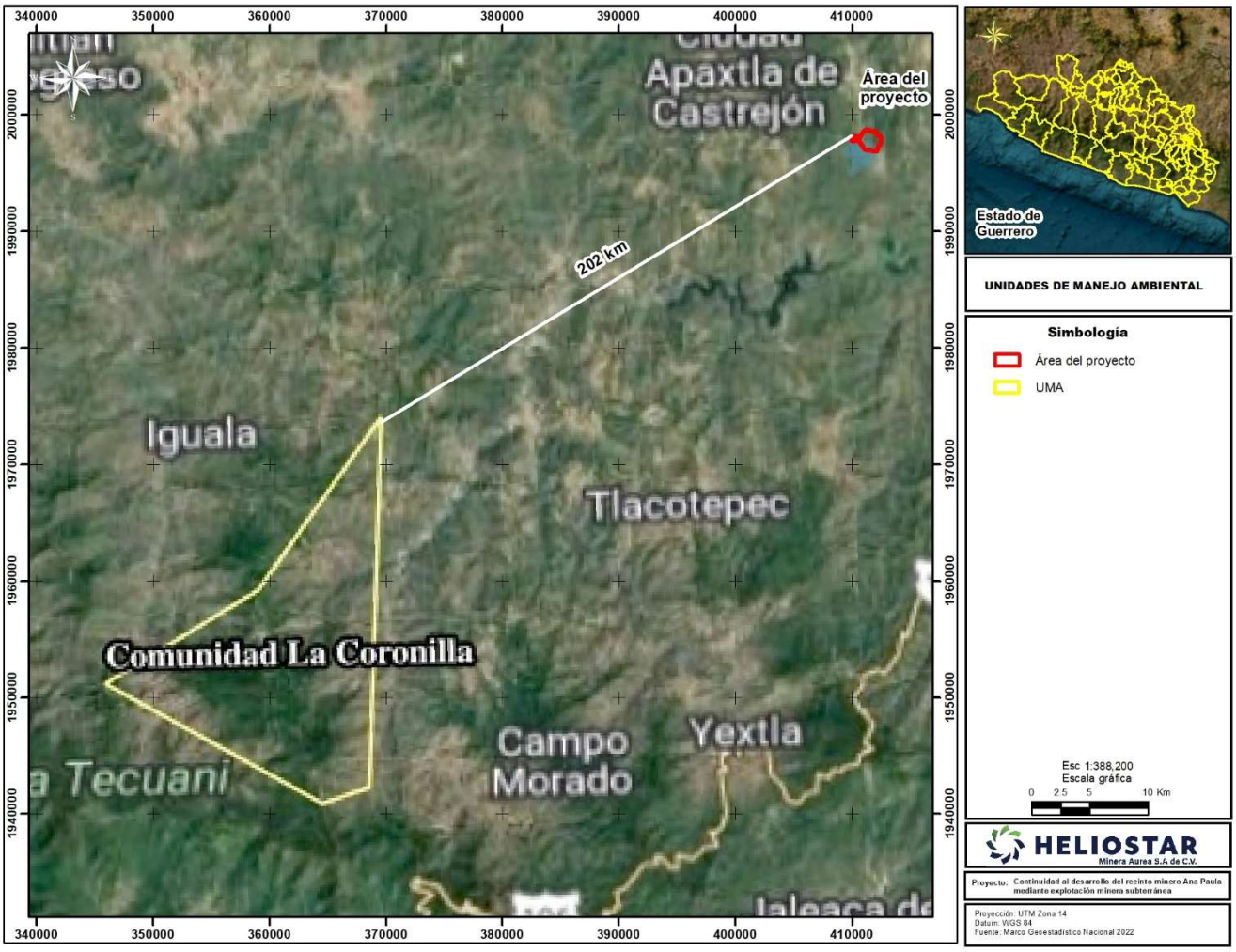


Figura 72. Ubicación del Proyecto respecto a Unidades de Manejo Ambiental (UMAS).

III.10.1. Sitios Prioritarios Acuáticos Epicontinentales (SPAE)

Los sitios prioritarios acuáticos y epicontinentales son áreas clave para la conservación de la biodiversidad, identificadas por su importancia ecológica y la necesidad de protección frente a amenazas humanas, son áreas de agua dulce (ríos, lagunas, humedales continentales) identificadas por su biodiversidad, sus especies endémicas, su estado de conservación, y las amenazas que enfrentan. Se dividieron en regiones hidrográficas para reconocer diferencias ecológicas y de amenazas humanas (semiáridas vs húmedas).

Una porción del área de Proyecto en su parte noreste incide en un Sitio Prioritario Acuáticos Epicontinental de acuerdo con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), de prioridad media, como se muestra en la siguiente figura.

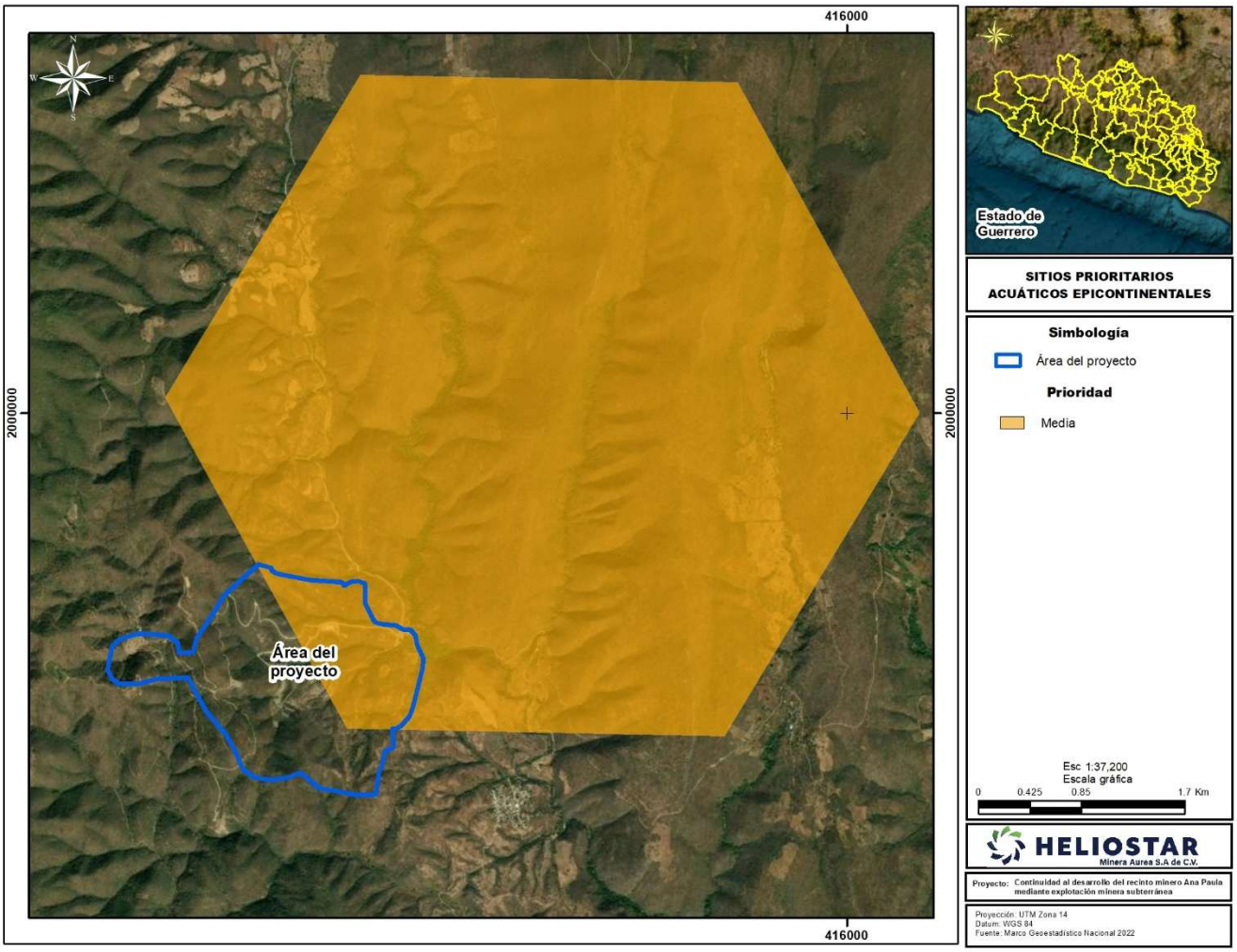


Figura 73. Ubicación del Proyecto respecto SPAE.

Las variables consideradas por la CONABIO para la delimitación de los sitios prioritarios considera las amenazas humanas principales, como cambio de uso del suelo, contaminación, alteración de flujos de agua (presas, bordos, canales), explotación del recurso hídrico, especies invasoras, entre otras, por lo que los sitios ubicados en el umbral de prioridad extrema (rojo) son áreas que combinan altos valores ecológicos (alta diversidad / endemismo), con fuertes amenazas humanas, poca protección legal existente, y que son irremplazables (es decir, no fácilmente substituibles por otras áreas), por otra parte los sitios con Prioridad Media (amarillos), son áreas que son importantes, pero con menores valores de diversidad/endemicidad, menos amenazas urgentes, o que no están tan fragmentadas.

Vinculación con el Proyecto:

Aun cuando estos sitios no constituyen por sí mismos una figura de protección legal, su clasificación como sitio prioritario de importancia media identifica elementos de interés para la conservación. Por ello, su incidencia deberá considerarse en la evaluación de impactos del Proyecto sin equiparar dicha clasificación con una declaratoria de área natural protegida.

Si bien el método principal de explotación será subterráneo, el Proyecto incluye obras e infraestructura superficial asociada, por lo que la valoración de impactos debe considerar integralmente todos sus componentes. El Proyecto contempla medidas de prevención, mitigación, compensación y monitoreo ambiental, cuyo alcance deberá ser congruente con los impactos identificados y con las medidas descritas en los capítulos correspondientes de la MIA-R.

III.10.2. Sitios Prioritarios Terrestres (SPT)

El área de Proyecto se encuentra fuera de las zonas delimitadas como sitios prioritarios terrestres, los más cercanos se localizan en la zona este y sur respecto del área de proyecto. Dichos SPT presentan una prioridad media de acuerdo con la CONABIO como se muestra en la siguiente figura.

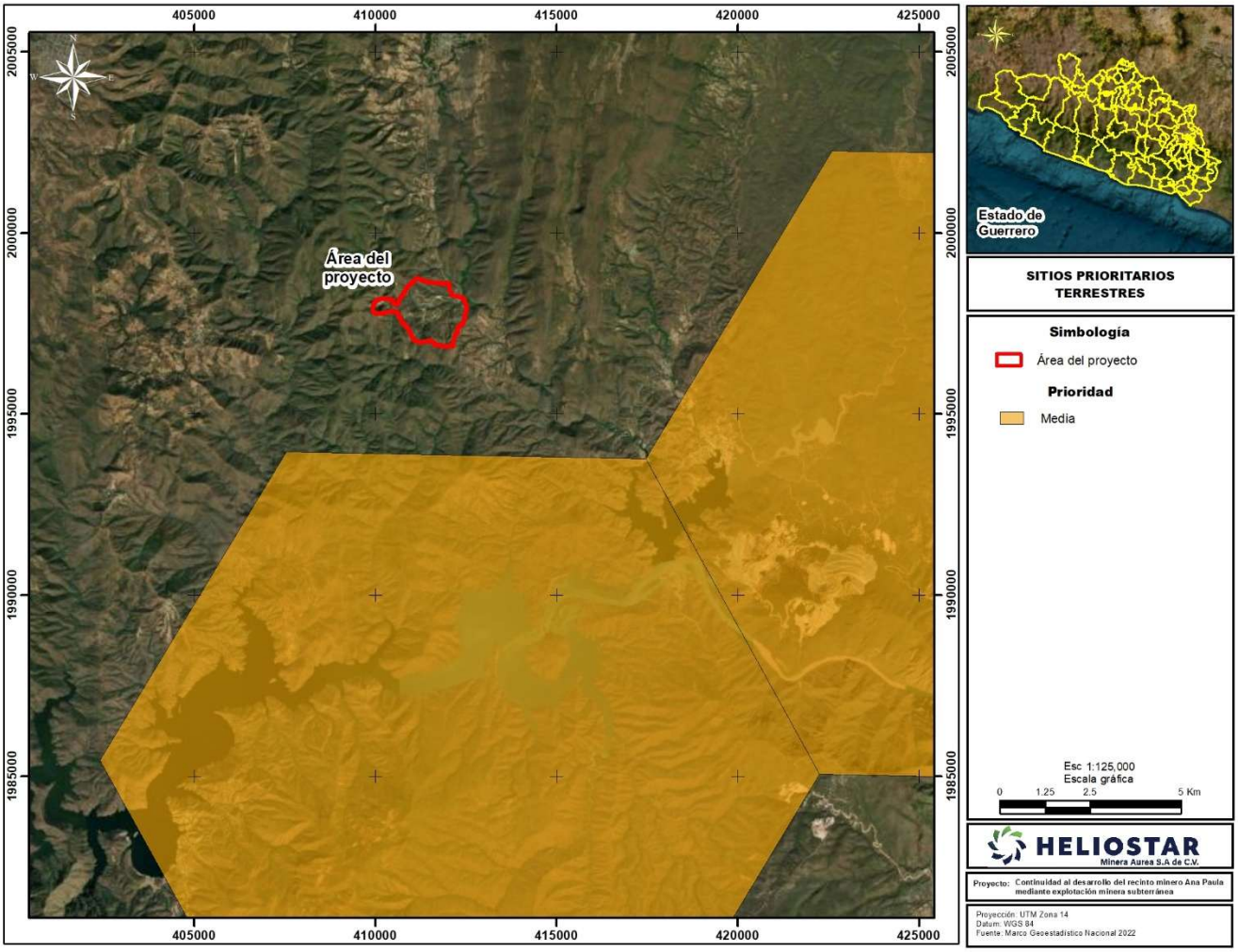


Figura 74. Ubicación del Proyecto respecto SPT.

III.10.3. Sitios de Atención Prioritaria para la Conservación de la Biodiversidad (SAP)

Como se observa en la siguiente figura, el área del Proyecto se ubica fuera de los Sitios de Atención Prioritaria para la Conservación de la Biodiversidad.

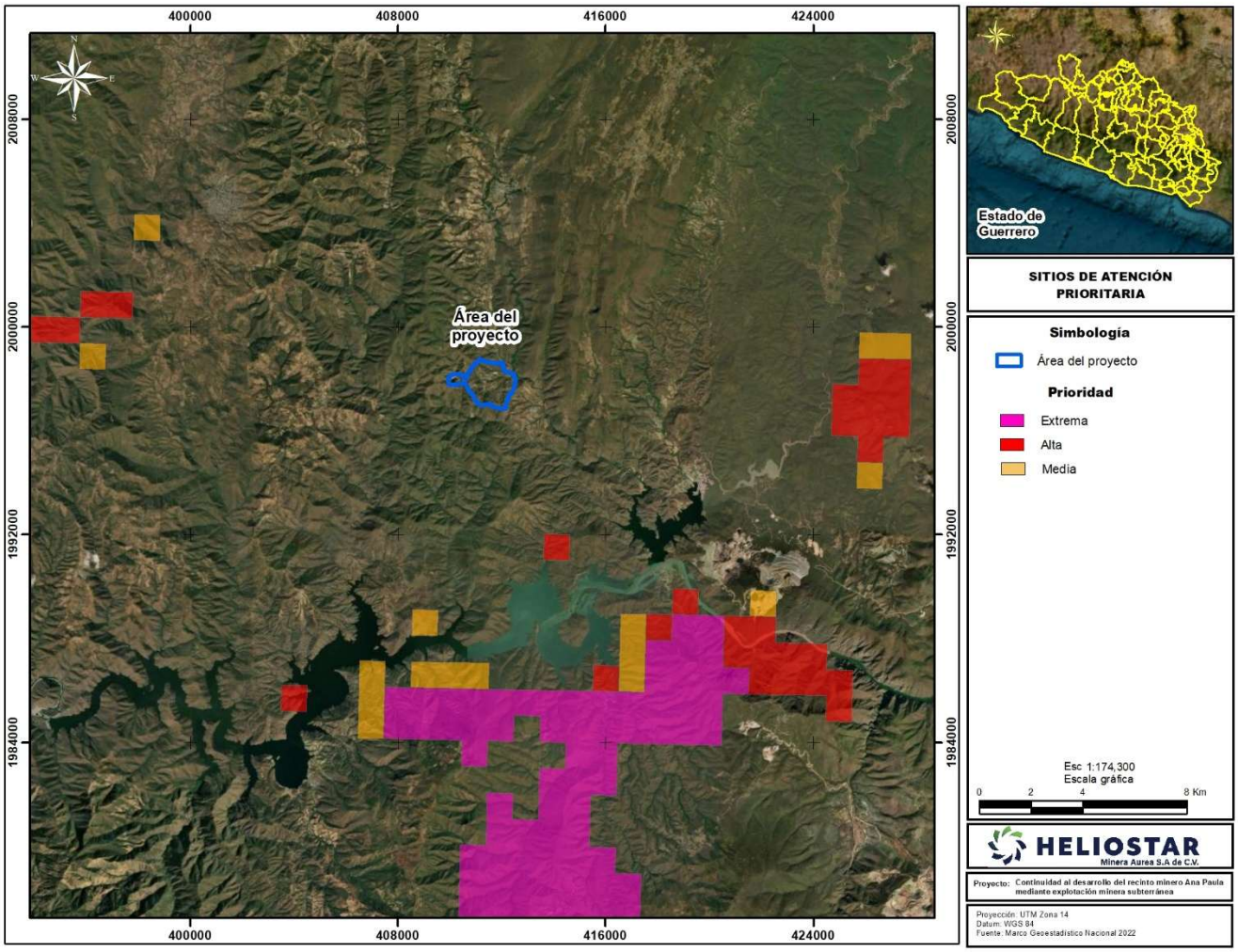


Figura 75. Ubicación del Proyecto respecto a SAP.

III.10.4. Sitios Prioritarios para la Restauración (SPR)

De acuerdo con la CONABIO, los SPR fueron diseñados para identificar áreas de alto valor biológico que requieren acciones de restauración para asegurar en el largo plazo la persistencia de su biodiversidad, función ecológica y los servicios ecosistémicos que proveen, y además buscan incrementar la conectividad de ecosistemas y la recuperación de hábitats de las especies más vulnerables. La identificación de SPR se basó en un análisis espacial multicriterio que consideró 10 criterios agrupados en dos componentes que representaron por un lado la importancia biológica y, por el otro lado, la factibilidad de restauración.

De acuerdo con la sobreposición del área del Proyecto con estos SPR, se observa la incidencia con una zona de clasificación de prioridad media, como se muestra en la siguiente figura.

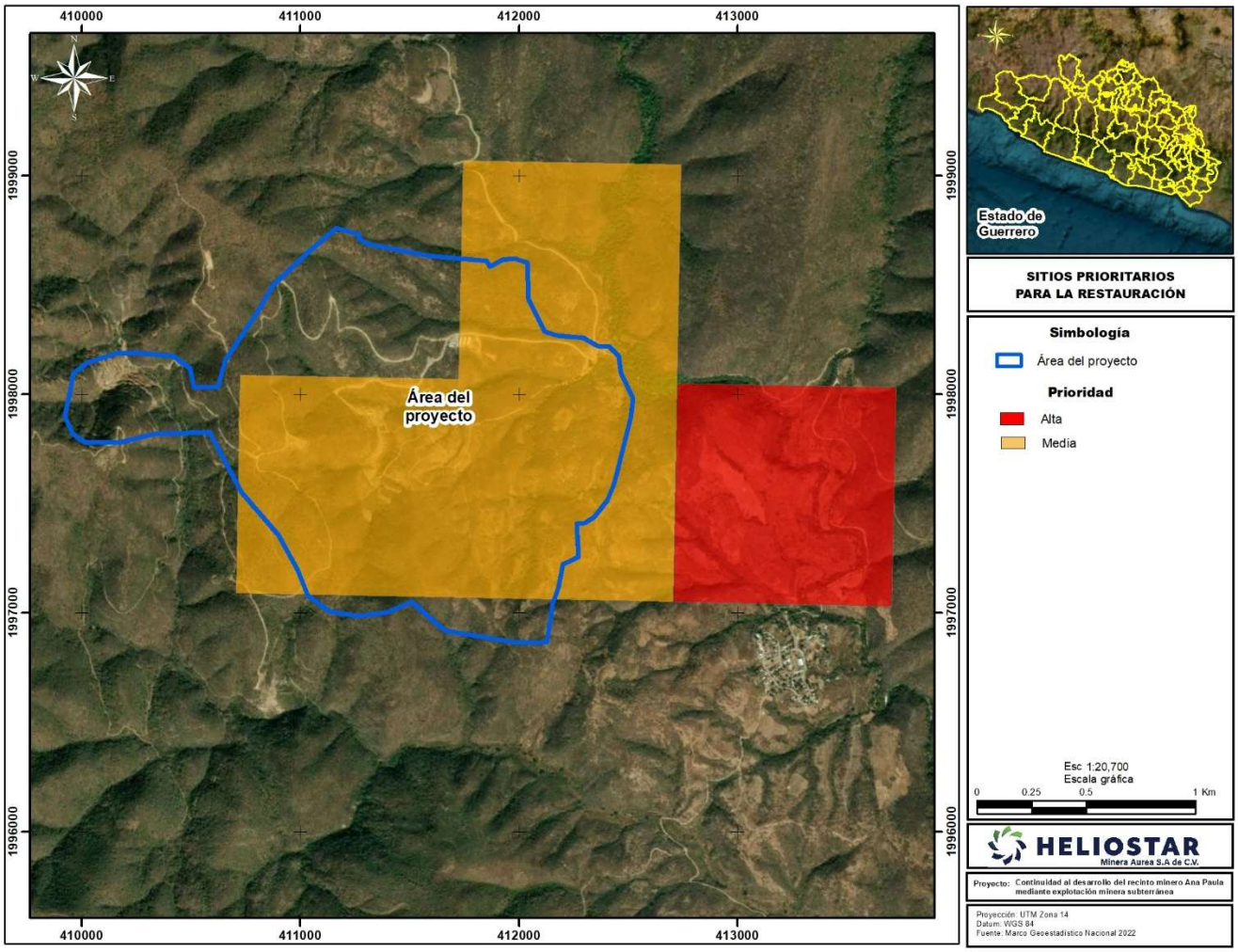


Figura 76. Ubicación del Proyecto respecto a SPR.

Vinculación con el Proyecto:

Al igual que los SPAE, estos sitios son importantes para crear estrategias que fomenten la conectividad y recuperación de paisajes que históricamente han sido sometidos a impactos antropogénicos que en este caso han sido la agricultura, ganadería y el crecimiento de las localidades rurales en las zonas aledañas al Proyecto los que han modificado el ecosistema en la zona.

Si bien el método principal de explotación será subterráneo, el Proyecto comprende también infraestructura y actividades en superficie. En consecuencia, la incidencia con el sitio prioritario deberá analizarse considerando el conjunto de componentes del Proyecto. Las medidas de prevención, mitigación, compensación y monitoreo aplicables serán las que se definan con base en los impactos identificados y se describan expresamente en los capítulos correspondientes de la MIA-R.

Cuando la evaluación de impactos determine la necesidad de medidas de compensación o restauración, éstas deberán definirse de manera específica, cuantificable y congruente con las superficies y componentes efectivamente afectados, evitando incorporar compromisos genéricos que no estén desarrollados en los programas ambientales del Proyecto.

III.10.5. Corredores bioclimáticos

En el marco de colaboración de la CONABIO con el Proyecto GEF-Resiliencia, se identificaron las rutas de 'menor costo', es decir, aquellas que consideran el gradiente climático (variación en la variable climática por unidad de distancia), el impacto humano y la distancia euclidiana entre fragmentos de vegetación nativa (en estado de conservación primario, que aparentemente tienen menor grado de impacto o deterioro). El modelo de conectividad incorpora el impacto humano por medio de un modelo de resistencia como un indicador del costo de desplazamiento, así como a la evapotranspiración para un periodo reciente (1980-2009) como variable climática que integra temperatura y humedad, para evitar desviaciones extremas en el clima a lo largo de la ruta propuesta. Se identificaron 4,504 corredores de menor costo. En el norte del país se presenta el menor número de corredores dado que existe un menor número de fragmentos de vegetación nativa a conectar y la superficie de vegetación primaria continua es mayor, mientras que en el centro y sur del país la fragmentación del paisaje es mayor y por ende incrementa el número de fragmentos y de corredores de menor costo que conectan los fragmentos de vegetación nativa.

Como se observa en la siguiente figura, el área del Proyecto no incide en áreas identificadas como corredores bioclimáticos.

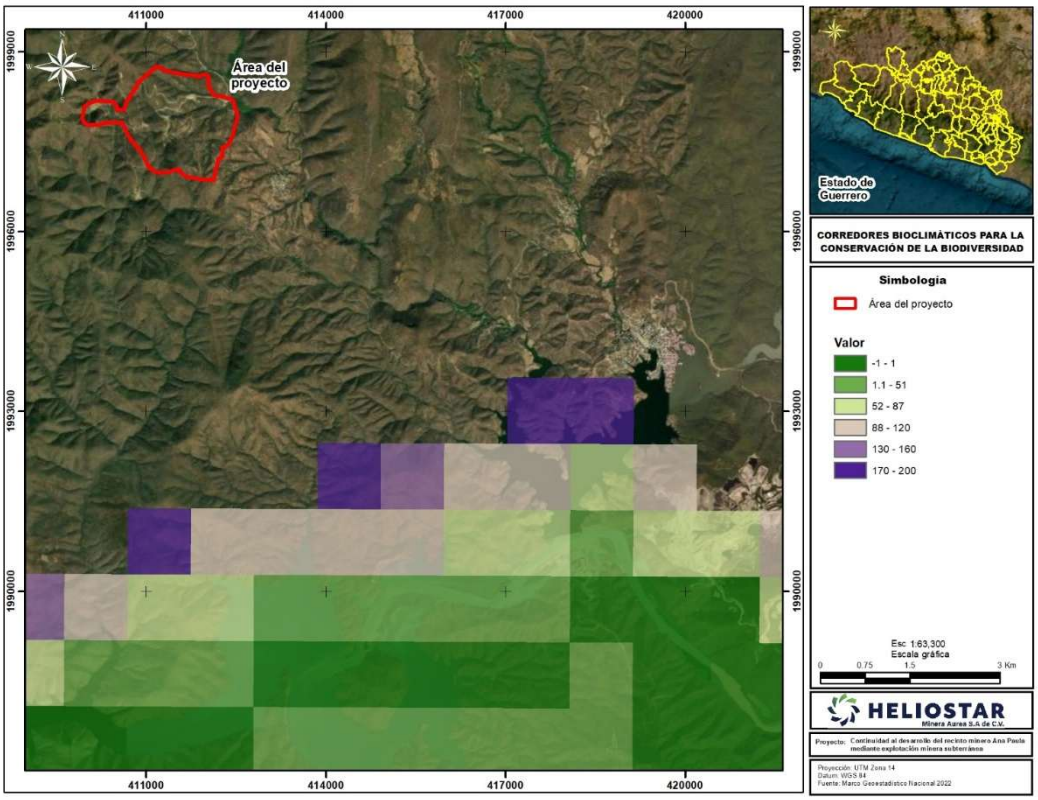


Figura 77. Ubicación del

PROYECTO

“CONTINUIDAD AL DESARROLLO DEL RECINTO MINERO ANA PAULA MEDIANTE EXPLOTACIÓN MINERA SUBTERRÁNEA”

CAPÍTULO IV

IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN

Índice

IV. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN 4

IV.1. IMPACTOS AMBIENTALES EXISTENTES EN LA RE GIÓN ECOLÓGICA PARA EL POSTERIOR ANÁLISIS DE IMPACTOS NEGATIVOS SIGNIFICATIVOS, SINÉRGICOS, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL PROYECTO 4
IV.2. METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS, EN PARTICULAR LOS IMPACTOS NEGATIVOS SIGNIFICATIVOS, SINÉRGICOS, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES; ASÍ COMO, LA JUSTIFICACIÓN DE SU SELECCIÓN 9
IV.2.1. Identificación de impactos 9
IV.2.1.1 Componentes y factores ambientales 10
IV.2.1.2 Acciones del Proyecto 12
IV.2.1.3 Identificación de las interacciones 13
IV.2.1.4 Descripción de las interacciones 17
IV.2.1.5 Identificación de los impactos ambientales 24
IV.2.2. Valoración 27
IV.2.3. Impactos sinérgicos 44
IV.2.4. Impactos acumulativos 54
IV.2.5. Impactos residuales 63
IV.3. IMPACTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN .. 67
IV.4. ANÁLISIS SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS DONDE SE INTEGREN LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y/O RESTAURACIÓN, RESPECTO A LA INTEGRACIÓN DE LOS COMPONENTES AMBIENTALES QUE RESULTARÁN AFECTADOS 100
IV.5. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL COSTO DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN 114
IV.6. RESUMEN 115
IV.7. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO DE ACUERDO CON LA EXTENSIÓN E INTENSIDAD DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS, SINÉRGICOS, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES ANTES SEÑALADOS Y SUS EFECTOS. 117
IV.8. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS 120
IV.8.1. Tendencia de desarrollo de la RE 121
IV.8.2. Descripción y análisis de los escenarios 124

Índice de figuras

FIGURA 1. OBRAS Y ACTIVIDADES QUE SE DESARROLLAN EN LA REGIÓN ECOLÓGICA ACTUALMENTE. 8
FIGURA 2. OBRAS Y ACTIVIDADES PRESENTES EN LA RE. 55
FIGURA 3. REPRESENTACIÓN GENERAL DEL AI DELIMITADO PARA EL PROYECTO. 120
FIGURA 4. COMPARATIVO DE TASAS ANUALES DE CAMBIO DE USO DE SUELO EN LA RE. 123

Índice de tablas

TABLA 1. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS EN LA REGIÓN ECOLÓGICA (RE). 4
TABLA 2. LISTA DE FACTORES AMBIENTALES DEL PROYECTO. 11
TABLA 3. ÁRBOL DE ACCIONES DEL PROYECTO. 13
TABLA 4. MATRIZ INTERACTIVA PROYECTO – AMBIENTE. 15
TABLA 5. INTERACCIONES POR ETAPA DEL PROYECTO. 17
TABLA 6. DESCRIPCIÓN DE LAS INTERACCIONES EN TODAS LAS ETAPAS DEL PROYECTO. 17
TABLA 7. IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS. 25

TABLA 8. CRITERIOS BÁSICOS Y COMPLEMENTARIOS PARA VALORAR EL MEDIO ABIÓTICO Y BIÓTICO. 28
TABLA 9. CRITERIOS BÁSICOS Y COMPLEMENTARIOS PARA VALORAR EL MEDIO SOCIOECONÓMICO. 29
TABLA 10. VALORES ASIGNADOS A LOS CRITERIOS BÁSICOS Y COMPLEMENTARIOS Y SU JUSTIFICACIÓN. 32
TABLA 11. MATRIZ DE VALORACIÓN DE IMPACTOS. 41
TABLA 12. CANTIDAD DE IMPACTOS POR CATEGORÍA DE SIGNIFICANCIA. 44
TABLA 13. VALORACIÓN DE SINERGIA. 45
TABLA 14. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS ACUMULATIVOS POR FACTOR AMBIENTAL (X: PRESENCIA, -: AUSENCIA). 56
TABLA 15. MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS ACUMULATIVOS. 60
TABLA 16. ESCALA UTILIZADA PARA DETERMINAR RESIDUALIDAD. 63
TABLA 17. MATRIZ DE IMPACTOS PARA DETERMINAR LA RESIDUALIDAD. 63
TABLA 18. RESUMEN DE IMPACTOS Y MEDIDAS AMBIENTALES. 67
TABLA 19. ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS. 101
TABLA 20. ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS PREVISTOS PARA LA APLICACIÓN DE LOS PROGRAMAS Y PROTOCOLOS. 115
TABLA 21. NIVELES DE RUIDO GENERADO POR DIFERENTES FUENTES. 118
TABLA 22. CAMBIO DEL NIVEL SONORO DB(A) CON LA DISTANCIA 118
TABLA 23. SUPERFICIE POR USO DE SUELO EN LA RE, A TRAVÉS DEL TIEMPO, DE ACUERDO CON LA CARTOGRAFÍA DEL INEGI. 121
TABLA 24. TASAS ANUALES DE CAMBIO DE USO DE SUELO EN EL SAR 122
TABLA 25. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS TRES ESCENARIOS PLANTEADOS: SIN PROYECTO, CON PROYECTO Y CON PROYECTO Y MEDIDAS. 124

IV. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN

IV.1. Impactos ambientales existentes en la Región Ecológica para el posterior análisis de impactos negativos significativos, sinérgicos, acumulativos y residuales del Proyecto

La Región Ecológica presenta un territorio con antecedentes y continuidad de actividades de exploración y desarrollo minero, particularmente en el entorno de Cuetzala del Progreso y la zona de conexión con Nuevo Balsas. Estas actividades han implicado la habilitación y utilización de caminos, plataformas, planillas, áreas de trabajo e infraestructura auxiliar, generando presiones localizadas sobre el suelo, la cobertura vegetal, la fauna, la calidad del paisaje y las condiciones atmosféricas y acústicas. La existencia de proyectos adicionales de exploración minera autorizados o sometidos al procedimiento de evaluación ambiental evidencia la continuidad de esta presión territorial.

Tabla 1. Identificación de impactos en la Región ecológica (RE).

Principales obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en la Región Ecológica, que se relacionan con el Proyecto	Componente ambiental impactado	Impacto ambiental	Caracterización del impacto (indicar tipo, duración, extensión, intensidad y efectos)
Barrenación y exploración minera	Suelo	Alteración física localizada del suelo	Tipo: Negativo, directo Duración: Temporal a prolongada Extensión: Localizada Intensidad: Baja-moderada Efectos: Compactación, pérdida de estructura y alteración del horizonte superficial
Construcción de planillas/plataformas	Suelo	Remoción y compactación del suelo	Tipo: Negativo, directo Duración: Prolongada Extensión: Local Intensidad: Moderada Efectos: Pérdida de estructura, disminución de infiltración y aumento de susceptibilidad a erosión
Apertura de zanjas de exploración	Suelo	Excavación y modificación de la superficie del terreno	Tipo: Negativo, directo Duración: Prolongada Extensión: Localizada Intensidad: Moderada Efectos: Exposición del subsuelo, pérdida de suelo y generación de superficies susceptibles a erosión
Construcción y rehabilitación de caminos mineros	Suelo	Incremento de procesos erosivos	Tipo: Negativo, directo/indirecto Duración: Prolongada Extensión: Local-regional Intensidad: Moderada Efectos: Concentración de escorrentía, erosión laminar, surcos y cárcavas
Caminos y brechas mineras	Hidrología superficial	Modificación del patrón natural de escurrimiento	Tipo: Negativo, directo/indirecto

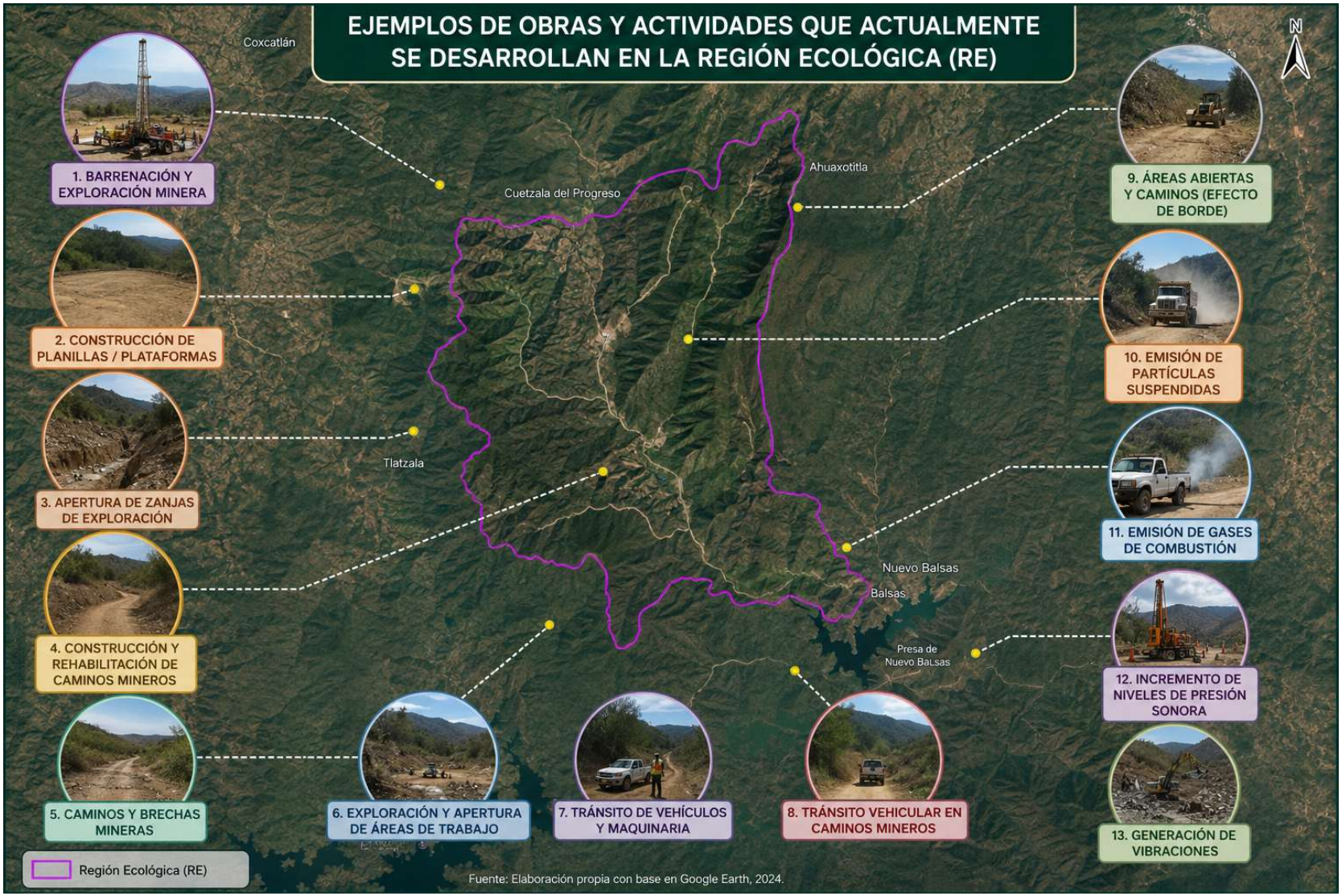
Principales obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en la Región Ecológica, que se relacionan con el Proyecto	Componente ambiental impactado	Impacto ambiental	Caracterización del impacto (indicar tipo, duración, extensión, intensidad y efectos)
			Duración: Prolongada Extensión: Local Intensidad: Baja-moderada Efectos: Concentración de escurrimientos y transporte de sedimentos
Exploración y apertura de áreas de trabajo	Vegetación	Pérdida localizada de cobertura vegetal	Tipo: Negativo, directo Duración: Temporal-prolongada Extensión: Localizada Intensidad: Baja-moderada Efectos: Eliminación de individuos, reducción de cobertura y apertura de claros
Caminos, planillas y áreas intervenidas	Vegetación	Fragmentación de la cobertura vegetal	Tipo: Negativo, indirecto Duración: Prolongada Extensión: Local-regional Intensidad: Moderada Efectos: Disminución de continuidad de la vegetación y aumento del efecto de borde
Caminos y áreas intervenidas	Fauna	Alteración y fragmentación funcional del hábitat	Tipo: Negativo, indirecto Duración: Prolongada Extensión: Local-regional Intensidad: Moderada Efectos: Reducción de áreas de utilización y modificación de rutas de desplazamiento
Tránsito de vehículos y maquinaria	Fauna	Perturbación de fauna por ruido, vibraciones y presencia humana	Tipo: Negativo, directo/indirecto Duración: Recurrente Extensión: Local Intensidad: Baja-moderada Efectos: Desplazamiento temporal y modificación de patrones de actividad
Tránsito vehicular en caminos mineros	Fauna	Incremento del riesgo de atropellamiento	Tipo: Negativo, directo Duración: Prolongada/recurrente Extensión: Local Intensidad: Baja-moderada Efectos: Mortalidad accidental y modificación de patrones de desplazamiento
Áreas abiertas y caminos	Fauna	Incremento del efecto de borde	Tipo: Negativo, indirecto Duración: Prolongada Extensión: Local Intensidad: Baja-moderada Efectos: Mayor exposición a perturbaciones y modificación de condiciones microambientales

Principales obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en la Región Ecológica, que se relacionan con el Proyecto	Componente ambiental impactado	Impacto ambiental	Caracterización del impacto (indicar tipo, duración, extensión, intensidad y efectos)
Maquinaria y vehículos	Atmósfera	Emisión de partículas suspendidas	Tipo: Negativo, directo Duración: Temporal/recurrente Extensión: Local Intensidad: Baja-moderada Efectos: Incremento de PM_{10} y $PM_{2.5}$, principalmente en temporada seca
Maquinaria, vehículos y equipos	Atmósfera	Emisión de gases de combustión	Tipo: Negativo, directo Duración: Temporal/recurrente Extensión: Local-regional Intensidad: Baja Efectos: Emisión de CO, NO_X, SOx, CO_2 y otros productos de combustión
Maquinaria, vehículos y actividades mineras	Ambiente acústico	Incremento de niveles de presión sonora	Tipo: Negativo, directo Duración: Temporal/recurrente Extensión: Local Intensidad: Baja-moderada Efectos: Perturbación de fauna y modificación de condiciones acústicas
Actividades mineras y almacenamiento de materiales	Suelo	Riesgo de contaminación por hidrocarburos y sustancias químicas	Tipo: Negativo, potencial/directo Duración: Temporal–prolongada Extensión: Puntual–local Intensidad: Baja–alta* Efectos: Alteración de propiedades fisicoquímicas del suelo
Actividades mineras y manejo de materiales	Agua superficial	Riesgo de alteración de la calidad del agua	Tipo: Negativo, potencial Duración: Temporal–prolongada Extensión: Puntual–local Intensidad: Baja–alta* Efectos: Incremento potencial de sedimentos, metales u otros contaminantes
Instalaciones mineras y superficies intervenidas	Agua subterránea	Riesgo potencial de afectación de la calidad del agua subterránea	Tipo: Negativo, potencial/indirecto Duración: Prolongada Extensión: Local–regional Intensidad: Baja–alta* Efectos: Posible incorporación de contaminantes al subsuelo y sistema acuífero
Superficies desnudas y caminos	Suelo–agua	Incremento del transporte de sedimentos	Tipo: Negativo, directo/indirecto Duración: Recurrente Extensión: Local-regional Intensidad: Moderada Efectos: Aporte de sedimentos a cauces y cuerpos receptores
Infraestructura y áreas mineras	Paisaje	Alteración de la calidad visual del paisaje	Tipo: Negativo, directo Duración: Prolongada

Principales obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en la Región Ecológica, que se relacionan con el Proyecto	Componente ambiental impactado	Impacto ambiental	Caracterización del impacto (indicar tipo, duración, extensión, intensidad y efectos)
			Extensión: Local Intensidad: Moderada Efectos: Artificialización del paisaje y modificación de la estructura visual
Caminos, planillas, instalaciones y actividades mineras	Paisaje	Incremento de la antropización del paisaje	Tipo: Negativo, acumulativo en sentido descriptivo Duración: Prolongada Extensión: Local-regional Intensidad: Moderada Efectos: Incremento progresivo de elementos antrópicos
Diversos proyectos de exploración minera	Suelo–vegetación	Incremento progresivo de superficies intervenidas	Tipo: Negativo, directo/indirecto Duración: Prolongada Extensión: Regional Intensidad: Moderada Efectos: Acumulación espacial de áreas transformadas
Diversos proyectos mineros y sus caminos	Fauna–vegetación	Disminución progresiva de la conectividad ecológica	Tipo: Negativo, indirecto Duración: Prolongada Extensión: Regional Intensidad: Moderada Efectos: Fragmentación de hábitat y reducción de continuidad
Diversos proyectos mineros	Fauna	Incremento de perturbación antropogénica	Tipo: Negativo, acumulativo potencial Duración: Prolongada Extensión: Regional Intensidad: Moderada Efectos: Mayor presencia humana, ruido, tránsito e iluminación
Actividades agropecuarias	Suelo	Compactación y transformación de las propiedades superficiales	Tipo: Negativo, directo Duración: Prolongada Extensión: Local-regional Intensidad: Baja-moderada Efectos: Disminución de infiltración y aumento de escorrentía
Actividades agropecuarias y remoción de vegetación	Vegetación	Transformación de cobertura vegetal	Tipo: Negativo, directo Duración: Prolongada Extensión: Local-regional Intensidad: Moderada Efectos: Sustitución de vegetación natural y modificación de la estructura vegetal

En la siguiente figura se muestran algunas de las actividades que ocasionan presión en la RE.

Figura 1. Obras y actividades que se desarrollan en la Región Ecológica ACTUALMENTE.



IV.2. Metodología empleada para la identificación, análisis y evaluación de impactos, en particular los impactos negativos significativos, sinérgicos, acumulativos y residuales; así como, la justificación de su selección

Se dice que hay un impacto ambiental cuando una acción consecuencia de un proyecto o actividad produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de los componentes del medio. La alteración se mide y el impacto se evalúa por la diferencia entre la evolución en el tiempo que tendría el entorno, o alguno de los factores que lo constituyen, en ausencia de la actividad causante y la que tiene en presencia de esta (Conesa Fernández-Vítora, 2009; Gómez y Gómez, 2013).

En este sentido, la EIA es el conjunto de estudios y análisis técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de un determinado proyecto puede causar sobre el medio ambiente mediante la identificación, descripción y evaluación de forma apropiada, en función de cada caso particular y de conformidad con la ley, de los efectos directos e indirectos de un proyecto sobre los factores ambientales (Conesa Fernández-Vítora, 2009).

Para realizar una evaluación de impacto ambiental se pueden utilizar diferentes metodologías. Algunos métodos son generales, otros muy específicos, pero de todos ellos pueden extraerse técnicas, que, con variaciones, pueden ser útiles para la evaluación. La mayor parte de estos métodos se elaboraron para trabajos concretos por lo que, en ocasiones, no es sencillo su uso tal y como fueron creados, por lo que es necesario adaptarlos a cada caso concreto (Garmendia *et. al*., 2005).

IV.2.1. Identificación de impactos

Los métodos para la identificación de los impactos ambientales de un Proyecto son muy variados, destacan las listas de verificación o revisión, las matrices de interacción y la superposición de capas vectoriales de distintas temáticas.

Cuando de un proyecto no se conocen los impactos que puede producir, la mejor manera de reconocerlos es mediante algún método de matrices, cómo la Matriz de Leopold. Para representar los impactos secundarios y terciarios, posiblemente los mejores métodos sean los diagramas causa – efecto y en los casos en los que ya se conocen los impactos que produce un tipo de proyecto son muy útiles las listas de revisión y los cuestionarios (Garmendia *et. al.,* 2005).

Las matrices interactivas por su facilidad de integrar la información han sido las más utilizadas en la evaluación de impacto ambiental, ya que permiten evaluar las acciones del Proyecto o actividades sobre los factores ambientales (Bojórquez-Tapia y Ortega-Rubio, 1989).

Los métodos matriciales fueron desarrollados por el pionero Luna Leopold en 1969 y proveen la base para la evaluación de impactos ambientales asociados con casi todo tipo de proyecto de construcción, así como cualquier otro tipo de proyecto. El método matricial se basa en relacionar, por un lado, las acciones del proyecto que pueden causar alteraciones y, por otro, los componentes del medio ambiental alterado. Cada relación causa – efecto identifica un impacto potencial o efecto cuya significación se estima después. Estos métodos tienen la ventaja de que proveen una lista de revisión que incorpora

información cualitativa sobre las relaciones de causa y efecto. Otra gran utilidad es la presentación ordenada de los resultados de la evaluación que permite visualizar de un modo rápido y claro los principales impactos y las acciones del proyecto que los producen (Gómez y Gómez, 2013).

En este caso, la identificación de impactos ambientales se realizó partiendo de una matriz interactiva causa – efecto o matriz de Leopold modificada, la información considerada para su elaboración (acciones del proyecto y factores ambientales) se describe enseguida, así como los criterios para su elección:

Para realizar esta etapa, primero se identificaron los componentes y factores ambientales que pudieran ser impactados con la realización de las actividades del Proyecto mediante la elaboración de listas de verificación para luego establecer las relaciones en la matriz de interacciones.

El manejo de las listas de verificación se realizó separando las acciones del proyecto que se prevé tengan impacto en las condiciones ambientales actuales y por otro lado se realizó el listado de los factores ambientales que pudieran ser afectados por dichas actividades.

Posteriormente se realizó la matriz de interacciones o matriz causa-efecto donde se muestran dos ejes, por un lado, el de las actividades del proyecto y por otro los factores ambientales. Cuando se identifica una acción determinada que cause un efecto significativo en el factor ambiental, se anota en el punto de interacción de la matriz para posteriormente describirse en términos de magnitud e importancia.

IV.2.1.1 Componentes y factores ambientales

De acuerdo con Gómez y Gómez (2013), por factores del medio susceptibles de recibir impactos entendemos los elementos, cualidades y procesos del entorno que pueden ser afectados por el proyecto de forma significativa. Nos referimos a ellos con la calificación de “relevantes”.

La complejidad del entorno y su carácter de sistema aconseja disponer los factores relevantes en forma de árbol con varios niveles, el último de los cuales representará subfactores muy simples y concretos. Se recomienda desagregarlo en los cuatro niveles siguientes:

- Primer nivel: subsistemas
- Segundo nivel: medios
- Tercer nivel: componentes
- Cuarto nivel: factores

Los factores ambientales que se identifiquen como relevantes, es decir, susceptibles de recibir impactos significativos, deben reunir condiciones de:

- Relevancia: portadores de información importante sobre el estado y funcionamiento del medio.
- Exclusión, sin solapamientos ni redundancias que lleven a repeticiones de impactos.
- De fácil identificación, es decir susceptibles de una definición nítida y de una percepción fácil sobre campo, mapas o información estadística.

- Localización: atribuibles a puntos o zonas concretas del entorno.
- Medibles, cuantificables en la medida de lo posible, pues muchos de ellos serán intangibles, directa o indirectamente a través de algún indicador.

A partir de estas consideraciones y de la información descriptiva y de diagnóstico de la RE, presentada en el Capítulo III, se construyó la siguiente lista de factores ambientales:

Tabla 2. Lista de factores ambientales del Proyecto.

Subsistema	Medio	Componente ambiental	Factor
Físico - natural	Abiótico	Clima	Microclima
		Aire	Calidad
		Confort sonoro	Nivel sonoro
			Vibraciones
		Suelo	Estructura
			Características fisicoquímicas
			Erosión
			Cantidad
		Geomorfología	Relieve
		Agua superficial	Calidad
			Patrón de drenaje
		Agua subterránea	Recarga de acuíferos
			Régimen hidrogeológico
			Calidad
	Biótico	Vegetación	Cobertura vegetal
			Estructura y composición florística
			Especies de interés para conservación
			Captura de carbono y generación de oxígeno
		Fauna	Diversidad y abundancia
			Movilidad
			Hábitat
			Especies de interés para conservación
			Corredores biológicos / bioclimáticos[1]
			Sanidad de la fauna silvestre
	Paisaje		Calidad del paisaje
Socioeconómico		Población	Salud
			Dinámica poblacional
		Economía	Empleo y ocupación
		Infraestructura y servicios	Vialidades

[1] Cartográficamente, dentro de la RE no existen corredores biológicos o bioclimáticos, no obstante se considera el factor derivado de la presencia de comunidades vegetales forestales.

IV.2.1.2 Acciones del Proyecto

De acuerdo con Gómez y Gómez (2013), se entiende por acción, en general, a la parte activa que interviene en la relación causa – efecto que define un impacto ambiental. Dada la complejidad de muchos proyectos y su carácter de sistema, es aconsejable desagregar el proyecto en forma de árbol con varios niveles, el último de los cuales representará acciones simples causa directa de impacto. Resulta práctico utilizar los tres niveles siguientes:

- Primer nivel: fases, se refiere a las que forman la estructura vertical del proyecto. En este estudio se denominan etapas y son preparación de sitio y construcción, operación y mantenimiento, así como, desmantelamiento y abandono.
- Segundo nivel: elementos, que puede identificar partes homogéneas del proyecto, se refiere sin más al segundo nivel de desagregación del proyecto.
- Tercer nivel: acciones concretas, una acción se refiere a una causa simple, concreta, directa, bien definida y localizada de impacto.

Las acciones que se identifiquen deben ser concretas y:

- Relevantes: ajustadas a la realidad del proyecto y capaces de desencadenar efectos notables,
- Excluyentes: sin solapamientos que puedan llevar a duplicaciones en la contabilidad de los impactos,
- Fácilmente identificables, susceptibles de una definición nítida y de una identificación fácil sobre planos del proyecto o diagramas del proceso constructivo y productivo,
- Localizables: atribuibles a una zona o punto concreto del espacio en que se ubica el proyecto,
- Cuantificables: en la medida de lo posible, medibles en magnitudes físicas, y quedar descritas con la mayor aproximación posible en términos de:
    - Magnitud: superficie y volumen ocupados, cantidad, tamaño, etc.
    - Localización espacial
    - Flujo: caudal de vertidos, emisiones de vehículos, etc. y
    - Momento en que se produce la acción y plazo temporal en que opera.

Adicionalmente, para la identificación de acciones del proyecto susceptibles de producir impactos se tomaron en cuenta las consideraciones propuestas por Conesa Fernández-Vítora (2009), quien sugiere que se deben diferenciar los elementos del proyecto de manera estructurada, atendiendo aspectos como las acciones que modifican el uso de suelo, emisión de contaminantes, acciones derivadas del manejo y gestión de residuos, sobreexplotación o subexplotación de recursos, entre otras.

Tomando en cuenta esta información, y con base en la información descriptiva del Proyecto presentada en el capítulo I de este estudio, se construyó el siguiente árbol de acciones específico del Proyecto.

Tabla 3. Árbol de acciones del Proyecto.

Etapa	Actividad	Clave
Preparación del sitio y construcción	Trazo y nivelación	PSC01
	Desmonte	PSC02
	Despalme	PSC03
	Mejoramiento ampliación y construcción de caminos	PSC04
	Movimientos de tierras (excavaciones, cortes, rellenos, nivelación, compactación)	PSC05
	Construcción de infraestructura de proceso	PSC06
	Construcción del sistema de jales	PSC07
	Construcción de Planta de Pasta	PSC08
	Construcción de infraestructura auxiliar	PSC09
	Construcción de la planta de beneficio de minerales	PSC10
	Generación y manejo de residuos (RSU, RME, RP)	PSC11
Operación y mantenimiento	Voladuras	OM01
	Transporte y acarreo de material	OM02
	Operación de trituración y molienda	OM03
	Concentración y tratamiento metalúrgico	OM04
	Manejo y detoxificación de soluciones	OM05
	Manejo de carbón y recuperación de oro	OM06
	Manejo y disposición de jales	OM07
	Depósito de material estéril (tepetateras)	OM08
	Operación de Planta de Pasta	OM09
	Manejo de insumos y materiales	OM10
	Mantenimiento preventivo y correctivo	OM11
	Generación y manejo de residuos (RSU, RME, RP)	OM12
Desmantelamiento y abandono	Desmantelamiento y retiro de estructuras	DA01
	Desmantelamiento del sistema de jales	DA02
	Limpieza y manejo de residuos	DA03
	Restauración y rehabilitación	DA04
	No se incluye como actividad generadora de impacto por tratarse de una medida para la atención de estos.	

IV.2.1.3 Identificación de las interacciones

Una vez que se obtuvieron las listas de verificación, se utilizaron para la elaboración de la matriz de interacciones y para definir cuáles serán los impactos que genere el proyecto. Dicha matriz, muestra en un eje las actividades del proyecto y en el otro los factores

ambientales, cada interacción proyecto – ambiente se marcó con los símbolos “–" o “+” según la naturaleza del efecto (-: adverso y +: benéfico), esta se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4. Matriz interactiva proyecto – ambiente.

Matriz de interacciones ambiente - Proyecto			Preparación del sitio y Construcción											O&M												D-A				Negativas	Positivas
Medio	Componente ambiental	Factor ambiental	PSC01	PSC02	PSC03	PSC04	PSC05	PSC06	PSC07	PSC08	PSC09	PSC10	PSC11	OM01	OM02	OM03	OM04	OM05	OM06	OM07	OM08	OM09	OM10	OM11	OM12	DA01	DA02	DA03	DA04		
Abiótico	Clima	Microclima		-	-			-																					+	3	1
	Aire	Calidad	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	24	1
	Confort sonoro	Nivel sonoro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-		-		-	-	-	-	24	0
		Vibraciones												-	-	-								-		-	-			6	0
	Suelo	Estructura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-						-	-					-	-	-	+	16	1
		Características fisicoquímicas		-	-		-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	+	+	21	2
		Erosión	-	-	-		-								-						-					-	-	-	+	9	1
		Cantidad	-		-			-	-	-	-	-									-						-	-	+	10	1
	Geomorfología	Relieve	-	-	-	-	-	-	-	-		-		-							-					-	-		+	13	1
	Agua superficial	Calidad		-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	+	+	22	2
		Patrón de drenaje	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								-					+	+	+	+	12	4
	Agua subterránea	Recarga de acuíferos	-	-	-	-	-		-			-														+	+		+	7	3
		Régimen hidrogeológico												-													+			1	1
		Calidad			-	-	-		-	-			-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	+	+	18	2
Biótico	Vegetación	Cobertura vegetal		-		-	-																						+	3	1
		Estructura y composición florística		-		-																							+	2	1
		Especies de interés para conservación		-		-																							+	2	1
		Captura de carbono y generación de oxígeno		-		-																							+	2	1
	Fauna	Diversidad y abundancia		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	23	2
		Movilidad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-				-	-					-	-		+	17	1
		Hábitat	-	-	-	-		-	-					-							-				-	-	+	+	+	10	3
		Especies de interés para conservación		-	-	-	-							-		-		-	-				-	-	-	-	-	+	+	13	2
		Corredores biológicos / bioclimáticos		-																						+	+		+	1	3
		Sanidad de la fauna silvestre			-				-				-	-			-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	+	+	14	2
Paisaje		Calidad del paisaje		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						-	-				-	+	+	+	+	14	4

Matriz de interacciones ambiente - Proyecto			Preparación del sitio y Construcción											O&M													D-A				Negativas	Positivas
Medio	**Componente ambiental**	**Factor ambiental**	**PSC01**	**PSC02**	**PSC03**	**PSC04**	**PSC05**	**PSC06**	**PSC07**	**PSC08**	**PSC09**	**PSC10**	**PSC11**	**OM01**	**OM02**	**OM03**	**OM04**	**OM05**	**OM06**	**OM07**	**OM08**	**OM09**	**OM10**	**OM11**	**OM12**	**DA01**	**DA02**	**DA03**	**DA04**		
Socioeconómic	Población	Salud			-								-	-		-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	+	15	1
		Dinámica poblacional				+		+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+		+	+	+		-				1	15
	Economía	Empleo y ocupación	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	27
	Infraestructura y servicios	Vialidades				+						+			-											-	-	-		4	2
		Interacciones negativas =	10	20	19	16	15	12	15	12	10	12	9	15	10	9	7	8	9	11	11	8	8	10	10	17	16	7	1	307	86
		Interacciones positivas =	1	1	1	3	1	2	2	2	2	3	2	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	5	7	10	24		

De acuerdo con la matriz anterior, se observa que se identificaron 393 interacciones, de las cuales 307 son negativas y 86 son positivas, la mayor parte de los efectos negativos son generados en la etapa de preparación del sitio y construcción, específicamente por las actividades de desmonte y despalme, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 5. Interacciones por etapa del Proyecto.

Etapa	+	-
Preparación del sitio y construcción	20	150
Operación y mantenimiento	20	116
Desmantelamiento y abandono	46	41
Total	86	307

IV.2.1.4 Descripción de las interacciones

Descripción de las interacciones entre las actividades del **Proyecto** y los componentes ambientales.

Tabla 6. Descripción de las interacciones en todas las etapas del Proyecto.

Componente ambiental	Factor	Etapa	Descripción de las interacciones que pueden producir afectaciones a los componentes ambientales presentes en el AP
Clima	Microclima	Preparación del sitio y construcción	Las actividades de desmonte, despalme, movimientos de tierra, compactación y construcción de plataformas e infraestructura modifican localmente las condiciones de exposición solar, humedad y temperatura superficial. La remoción de la cobertura vegetal disminuye el sombreado y la evapotranspiración, mientras que el despalme y la compactación modifican la capacidad del suelo para retener humedad y regular el intercambio térmico. Estas alteraciones se concentran en las superficies directamente intervenidas.
		Operación y mantenimiento	Las superficies permanentemente ocupadas, compactadas o desprovistas de vegetación mantienen condiciones térmicas e hídricas distintas respecto del terreno no intervenido. La interacción se concentra en caminos, plataformas, instalaciones industriales, tepetateras y depósitos.
		Desmantelamiento y abandono	El retiro de infraestructura y la restauración pueden favorecer gradualmente la recuperación de condiciones térmicas y de humedad, especialmente mediante revegetación y descompactación.
Aire	Calidad	Preparación del sitio y construcción	El desmonte, despalme, movimientos de tierra, construcción de caminos, excavaciones, transporte de materiales y operación de maquinaria generan partículas suspendidas por remoción y resuspensión de suelo, así como gases y partículas provenientes de motores de combustión interna. Las emisiones son principalmente temporales y recurrentes y su dispersión depende de las condiciones meteorológicas y del grado de control aplicado en las áreas de trabajo.

Componente ambiental	Factor	Etapa	Descripción de las interacciones que pueden producir afectaciones a los componentes ambientales presentes en el AP
		Operación y mantenimiento	Las principales interacciones derivan de transporte y acarreo, trituración y molienda, manejo de materiales, tepetateras, depósito de jales y motores de combustión interna. Se generan partículas por resuspensión y manejo de mineral, así como gases de combustión y, dependiendo del proceso, emisiones fugitivas de reactivos o materiales pulverulentos.
		Desmantelamiento y abandono	El desmantelamiento, demolición, limpieza y transporte generan temporalmente polvo y emisiones de maquinaria. Posteriormente, al cesar la operación, desaparecen las principales fuentes permanentes.
Confort sonoro	Nivel sonoro	Preparación del sitio y construcción	La operación de maquinaria pesada, equipos de construcción, herramientas, transporte de materiales y actividades de montaje incrementa temporalmente los niveles sonoros respecto de las condiciones previas. La interacción se manifiesta principalmente dentro de las áreas de trabajo y su entorno inmediato.
		Operación y mantenimiento	La operación de trituradoras, molinos, bombas, compresores, motores, equipos de proceso, transporte y demás maquinaria genera ruido de manera recurrente durante la vida operativa.
		Desmantelamiento y abandono	Durante el desmantelamiento se genera ruido temporal por herramientas, maquinaria y transporte; después del cierre disminuye sustancialmente la presión acústica.
	Vibraciones	Preparación del sitio y construcción	Las actividades de excavación, compactación, demolición puntual, tránsito de maquinaria pesada y, en su caso, voladuras asociadas a la habilitación de obras pueden transmitir vibraciones al terreno. Su magnitud depende del tipo de equipo, masa movilizada, características geológicas y distancia a los receptores.
		Operación y mantenimiento	Las voladuras representan la fuente principal de vibraciones, acompañadas de manera secundaria por trituración, molienda y tránsito de equipo pesado. Las vibraciones pueden propagarse a través del terreno y macizo rocoso.
		Desmantelamiento y abandono	Pueden presentarse vibraciones puntuales durante demolición o retiro de estructuras, pero desaparecen una vez concluidas las actividades.
Suelo	Estructura	Preparación del sitio y construcción	El despalme, excavación, cortes, rellenos, compactación, construcción de caminos, plataformas y cimentaciones modifican directamente la estructura física del suelo. Estas actividades alteran la porosidad, agregación, densidad aparente, capacidad de infiltración y disposición de los horizontes edáficos.
		Operación y mantenimiento	La operación mantiene la compactación y ocupación de superficies por caminos, plataformas, tepetateras y depósitos de jales. En áreas de disposición, la carga y sepultamiento modifican de forma directa las propiedades físicas del suelo subyacente.
		Desmantelamiento y abandono	El retiro de infraestructura puede generar alteraciones temporales, mientras que la descompactación, escarificación y restitución de suelo favorecen la recuperación física.

Componente ambiental	Factor	Etapa	Descripción de las interacciones que pueden producir afectaciones a los componentes ambientales presentes en el AP
	Características fisicoquímicas	Preparación del sitio y construcción	La remoción y mezcla de horizontes durante el despalme y los movimientos de tierra pueden modificar las condiciones fisicoquímicas del suelo. Adicionalmente, el manejo de combustibles, lubricantes, concreto, residuos y otras sustancias introduce un riesgo potencial de alteración química en caso de derrames o manejo inadecuado.
		Operación y mantenimiento	La interacción se relaciona con manejo de combustibles, lubricantes, reactivos, soluciones, jales, material estéril y residuos. Bajo condiciones normales, gran parte de estas sustancias se maneja en áreas contenidas; sin embargo, fugas, infiltraciones o contacto prolongado pueden modificar las propiedades químicas del suelo.
		Desmantelamiento y abandono	La limpieza y retiro de materiales remanentes eliminan fuentes potenciales de contaminación. En superficies restauradas puede mejorar progresivamente la calidad del suelo.
	Erosión	Preparación del sitio y construcción	La eliminación de vegetación, exposición del suelo, formación de taludes y movimientos de tierra incrementan temporalmente la susceptibilidad a erosión hídrica y eólica. La pérdida de protección superficial y la modificación de pendientes pueden favorecer el desprendimiento y transporte de partículas, especialmente durante eventos de lluvia o viento.
		Operación y mantenimiento	Taludes, caminos no pavimentados, superficies de tepetateras y depósitos de jales pueden mantenerse susceptibles a erosión hídrica y eólica mientras permanezcan expuestos.
		Desmantelamiento y abandono	Durante el retiro de estructuras pueden generarse superficies desnudas; posteriormente, estabilización, control de escurrimientos y revegetación reducen la susceptibilidad a erosión.
	Cantidad	Preparación del sitio y construcción	El despalme y las excavaciones implican la remoción de suelo de las superficies intervenidas. En las áreas ocupadas por infraestructura, caminos y plataformas, el suelo queda temporal o permanentemente indisponible para mantener sus funciones originales.
		Operación y mantenimiento	El crecimiento progresivo de tepetateras y depósitos puede mantener o ampliar superficies donde el recurso suelo queda sepultado o indisponible funcionalmente.
		Desmantelamiento y abandono	La restitución de suelo vegetal puede recuperar parcialmente la disponibilidad del recurso en áreas rehabilitadas, aunque no necesariamente en tepetateras o depósitos permanentes.
Geomorfología	Relieve	Preparación del sitio y construcción	Los cortes, rellenos, excavaciones, nivelaciones, plataformas, caminos y cimentaciones modifican localmente la configuración del terreno. Las alteraciones son mayores donde se requieren terraplenes o conformaciones de gran volumen.
		Operación y mantenimiento	El depósito progresivo de material estéril y jales genera nuevas geoformas y modifica la elevación, pendiente y configuración topográfica del sitio.

Componente ambiental	Factor	Etapa	Descripción de las interacciones que pueden producir afectaciones a los componentes ambientales presentes en el AP
		Desmantelamiento y abandono	El retiro de infraestructura y reconformación pueden mejorar la integración topográfica en áreas recuperables. Sin embargo, tepetateras y depósitos de jales pueden permanecer como geoformas finales.
Agua superficial	Calidad	Preparación del sitio y construcción	Los movimientos de tierra, superficies desnudas y acopios de material pueden incrementar el transporte de sedimentos hacia escurrimientos. Asimismo, derrames o manejo inadecuado de residuos y sustancias pueden constituir fuentes potenciales de alteración de la calidad del agua superficial cuando existe conectividad hidráulica.
		Operación y mantenimiento	Escurrimientos procedentes de caminos, tepetateras, depósitos de jales y áreas operativas pueden transportar sedimentos o sustancias disueltas. El manejo de residuos, combustibles o reactivos constituye una fuente potencial adicional en caso de pérdida de contención.
		Desmantelamiento y abandono	La limpieza y estabilización disminuyen aportes de sedimentos y fuentes de contaminación; durante el desmantelamiento pueden existir riesgos temporales por movilización de materiales.
	Patrón de drenaje	Preparación del sitio y construcción	La construcción de caminos, plataformas, terraplenes, drenajes, obras de cruce e infraestructura puede interceptar, concentrar o redirigir escurrimientos superficiales. La interacción se presenta principalmente por cambios en la microtopografía y por la ocupación de superficies que anteriormente contribuían al drenaje natural.
		Operación y mantenimiento	El crecimiento y permanencia de tepetateras, depósitos de jales, caminos y plataformas pueden interceptar, redistribuir o concentrar los escurrimientos superficiales.
		Desmantelamiento y abandono	La rehabilitación de superficies y obras hidráulicas puede restablecer parcialmente patrones funcionales de escurrimiento, aunque algunos sistemas de drenaje de cierre deberán permanecer.
Agua subterránea	Recarga de acuíferos	Preparación del sitio y construcción	La compactación y sellamiento de superficies disminuyen localmente la infiltración de agua al subsuelo. El efecto depende de la superficie efectivamente impermeabilizada, permeabilidad natural del terreno y relevancia del sitio dentro del proceso de recarga.
		Operación y mantenimiento	La presencia prolongada de superficies compactadas o impermeabilizadas modifica localmente la infiltración y puede reducir la recarga difusa.
		Desmantelamiento y abandono	La descompactación y retiro de superficies impermeables pueden favorecer recuperación parcial de infiltración en las áreas rehabilitadas.
	Régimen hidrogeológico	Preparación del sitio y construcción	Durante esta etapa, la interacción suele ser limitada; sin embargo, excavaciones profundas o habilitación inicial de obras subterráneas pueden interceptar fracturas o unidades con presencia de agua y modificar localmente las condiciones de flujo.

Componente ambiental	Factor	Etapa	Descripción de las interacciones que pueden producir afectaciones a los componentes ambientales presentes en el AP
		Operación y mantenimiento	Éste es uno de los factores más relevantes durante operación subterránea. Las excavaciones, fracturamiento, intercepción de agua y posible desagüe de mina pueden modificar niveles piezométricos, gradientes, direcciones de flujo y conectividad hidráulica.
		Desmantelamiento y abandono	El cierre de obras subterráneas y cese de bombeo pueden generar recuperación progresiva de niveles; sin embargo, la evolución hidrogeológica post-cierre puede diferir de las condiciones originales.
	Calidad	Preparación del sitio y construcción	El riesgo se relaciona principalmente con infiltración de combustibles, lubricantes, residuos o sustancias liberadas durante construcción. La afectación requiere que exista una vía efectiva de infiltración hacia el sistema subterráneo.
		Operación y mantenimiento	Puede existir interacción por infiltración de lixiviados, agua de contacto, soluciones o sustancias contaminantes, particularmente en zonas de jales, tepetateras o áreas donde exista conectividad con el subsuelo.
		Desmantelamiento y abandono	El control de fuentes, estabilización de depósitos y cierre adecuado reducen riesgos futuros; no obstante, debe mantenerse monitoreo donde existan fuentes potenciales persistentes.
Vegetación	Cobertura vegetal	Preparación del sitio y construcción	El desmonte ocasiona la remoción directa de la cobertura vegetal dentro de las superficies requeridas para obras e infraestructura, generando una reducción inmediata de la superficie vegetada.
		Operación y mantenimiento	La cobertura permanece reducida en las superficies ocupadas permanentemente. Si existen expansiones progresivas de tepetateras o depósitos sobre áreas adicionales, puede existir pérdida adicional.
		Desmantelamiento y abandono	La revegetación y restauración favorecen la recuperación progresiva de la cobertura vegetal en superficies rehabilitables.
	Estructura y composición florística	Preparación del sitio y construcción	La eliminación de individuos y parches de vegetación modifica localmente la estructura de estratos, abundancia relativa y composición de las comunidades vegetales presentes.
		Operación y mantenimiento	La fragmentación y efecto borde pueden continuar modificando las condiciones de los remanentes vegetales adyacentes.
		Desmantelamiento y abandono	El establecimiento de especies nativas favorece gradualmente la recuperación de estructura y composición, aunque puede requerir periodos prolongados.
	Especies de interés para conservación	Preparación del sitio y construcción	El desmonte puede implicar el retiro de individuos de especies en riesgo, endémicas o de distribución restringida cuando éstos se encuentran dentro de las áreas de intervención.
		Operación y mantenimiento	Las poblaciones remanentes pueden verse afectadas indirectamente por pérdida de hábitat, aislamiento o cambios en condiciones microambientales.

Componente ambiental	Factor	Etapa	Descripción de las interacciones que pueden producir afectaciones a los componentes ambientales presentes en el AP
		Desmantelamiento y abandono	La restauración puede favorecer el establecimiento o recolonización de especies de interés cuando se incorporan al programa de revegetación o cuando se recupera hábitat adecuado.
	Captura de carbono y generación de oxígeno	Preparación del sitio y construcción	La remoción de biomasa vegetal disminuye localmente la capacidad de captura y almacenamiento de carbono y la producción primaria asociada a la vegetación.
		Operación y mantenimiento	La pérdida de biomasa y permanencia de superficies no revegetadas mantiene reducida la capacidad local de captura y almacenamiento de carbono.
		Desmantelamiento y abandono	La recuperación de biomasa permite restablecer progresivamente la capacidad de captura y almacenamiento de carbono.
Fauna	Diversidad y abundancia	Preparación del sitio y construcción	El desmonte, movimientos de tierra, tránsito, ruido y presencia humana pueden provocar desplazamiento temporal o permanente de individuos y modificar la riqueza y abundancia local de fauna.
		Operación y mantenimiento	Ruido, vibraciones, tránsito, pérdida de hábitat y actividad humana pueden modificar la presencia, abundancia y distribución de especies durante la vida operativa.
		Desmantelamiento y abandono	La disminución de perturbaciones y recuperación del hábitat pueden favorecer la recolonización progresiva de las áreas rehabilitadas.
	Movilidad	Preparación del sitio y construcción	Los caminos, frentes de trabajo, maquinaria, cercados y presencia humana pueden modificar rutas habituales de desplazamiento y generar áreas de evitación.
		Operación y mantenimiento	Caminos, infraestructura, cercados, tepetateras y depósitos, junto con tránsito y ruido, generan barreras físicas o conductuales que modifican desplazamientos.
		Desmantelamiento y abandono	El retiro de barreras y restauración de superficies puede mejorar la permeabilidad del territorio y recuperar parcialmente rutas de desplazamiento.
	Hábitat	Preparación del sitio y construcción	La remoción de vegetación y ocupación del terreno ocasionan pérdida o transformación directa de áreas utilizadas como refugio, alimentación, reproducción y desplazamiento.
		Operación y mantenimiento	La ocupación permanente y perturbación continua reducen la superficie y calidad funcional del hábitat disponible.
		Desmantelamiento y abandono	La restauración de suelo y vegetación permite recuperar progresivamente la funcionalidad del hábitat.
	Especies de interés para conservación	Preparación del sitio y construcción	Las especies en riesgo o endémicas pueden verse afectadas por pérdida de hábitat, desplazamiento, atropellamiento, atrapamiento o interacción directa con las obras.
		Operación y mantenimiento	Las especies sensibles pueden estar expuestas a atropellamiento, perturbación, pérdida de hábitat o contacto con áreas operativas.

Componente ambiental	Factor	Etapa	Descripción de las interacciones que pueden producir afectaciones a los componentes ambientales presentes en el AP
		Desmantelamiento y abandono	La recuperación del hábitat puede favorecer el retorno o uso de las áreas por especies sensibles, aunque dependerá de la calidad alcanzada por la restauración.
	Corredores biológicos / bioclimáticos	Preparación del sitio y construcción	La apertura de caminos y superficies desmontadas puede reducir la continuidad entre parches y aumentar la fragmentación funcional del territorio.
		Operación y mantenimiento	La permanencia de infraestructura y áreas transformadas puede reducir la conectividad funcional entre remanentes de vegetación.
		Desmantelamiento y abandono	La restauración de superficies intervenidas puede mejorar la conectividad entre parches, particularmente cuando se recuperan caminos temporales o áreas lineales.
	Sanidad de la fauna silvestre	Preparación del sitio y construcción	La presencia de residuos, fauna doméstica, personal y cambios en la disponibilidad de alimento pueden modificar localmente las condiciones sanitarias y de interacción entre fauna silvestre y especies oportunistas.
		Operación y mantenimiento	Residuos, fauna oportunista, presencia humana y posible exposición a sustancias pueden modificar localmente las condiciones sanitarias.
		Desmantelamiento y abandono	La eliminación de residuos y reducción de actividad humana disminuyen fuentes potenciales de exposición y atracción de fauna oportunista.
Paisaje	Calidad del paisaje	Preparación del sitio y construcción	La eliminación de vegetación, exposición del suelo y construcción progresiva de infraestructura modifican la estructura visual del sitio e incrementan la presencia de elementos antrópicos.
		Operación y mantenimiento	La operación mantiene y acentúa la transformación visual por presencia de infraestructura industrial, movimiento de maquinaria y crecimiento progresivo de tepetateras y depósitos de jales.
		Desmantelamiento y abandono	El retiro de infraestructura y revegetación disminuyen el contraste visual y favorecen la integración paisajística, aunque las geoformas mineras permanentes pueden mantener modificaciones residuales.
Población	Salud	Preparación del sitio y construcción	La generación de polvo, ruido y tránsito puede ocasionar molestias o exposición potencial en receptores humanos cercanos, dependiendo de distancia, duración y magnitud de las emisiones.
		Operación y mantenimiento	Las emisiones de polvo, gases, ruido y tránsito pueden generar exposición potencial sobre población cercana, dependiendo de la distancia y condiciones de dispersión.
		Desmantelamiento y abandono	Durante el desmantelamiento puede existir exposición temporal a polvo y ruido; posteriormente disminuyen las fuentes de presión sobre la población.
	Dinámica poblacional	Preparación del sitio y construcción	La demanda de mano de obra durante la construcción puede generar un incremento temporal de trabajadores foráneos y población flotante en localidades próximas.
		Operación y mantenimiento	La operación puede mantener una población laboral estable y modificar parcialmente la dinámica poblacional

Componente ambiental	Factor	Etapa	Descripción de las interacciones que pueden producir afectaciones a los componentes ambientales presentes en el AP
			local mediante permanencia de trabajadores y sus familias.
		Desmantelamiento y abandono	El cierre implica reducción de personal y salida de trabajadores foráneos, pudiendo modificar la dinámica poblacional de localidades vinculadas laboralmente al Proyecto.
Economía	Empleo y ocupación	Preparación del sitio y construcción	La preparación del sitio y construcción generan empleos directos e indirectos y oportunidades temporales de contratación y proveeduría.
		Operación y mantenimiento	Se mantienen empleos directos e indirectos asociados a operación, mantenimiento, transporte, servicios y proveeduría.
		Desmantelamiento y abandono	Se generan empleos temporales para desmantelamiento y restauración, pero posteriormente ocurre una reducción importante de los empleos asociados a la operación minera.
Infraestructura y servicios	Vialidades	Preparación del sitio y construcción	El ingreso de maquinaria, transporte de materiales y personal incrementa temporalmente el tránsito y la presión sobre caminos y vialidades utilizadas por el Proyecto.
		Operación y mantenimiento	El transporte continuo de personal, materiales, insumos y residuos incrementa el uso, desgaste y flujo vehicular sobre las rutas utilizadas.
		Desmantelamiento y abandono	Durante el retiro de equipos y residuos se presenta un incremento temporal del tránsito; posteriormente disminuye considerablemente la presión atribuible al Proyecto.

IV.2.1.5 Identificación de los impactos ambientales

Considerando las interacciones previamente indicadas, los impactos ambientales descritos se pueden sintetizar como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 7. Impactos ambientales identificados.

Componente ambiental	Factor	Clave	Denominación del impacto	Signo	Etapa
Clima	Microclima	IA01	Modificación de las variables de temperatura y humedad del suelo debido al desmonte, despalme y compactación.	-	PS-C-O&M-A
Aire	Calidad	IA02	Emisión de partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$)	-	PS-C-O&M-A
		IA03	Modificación de la calidad del aire por la presencia de gases y partículas generadas por los motores de combustión interna de maquinaria y vehículos.	-	PS-C-O&M-A
Confort sonoro	Nivel sonoro	IA04	Generación de ruido por la operación de maquinaria y equipos.	-	PS-C-O&M-A
	Vibración	IA05	Incremento de vibraciones en el terreno	-	O&M
Suelo	Estructura	IA06	Alteración de la estructura y propiedades físicas del suelo	-	PS-C-O&M
	Características fisicoquímicas	IA07	Modificación de características físicas del suelo debido a la compactación y sellamiento de algunas áreas.	-	PS-C
		IA08	Contaminación del suelo por residuos sólidos y/o líquidos.	-	PS-C-O&M-A
	Erosión	IA09	Incremento de los procesos de erosión hídrica y eólica.	-	PS-C-O&M-A
	Cantidad	IA10	Pérdida o disminución de la disponibilidad del recurso suelo	-	PS-C-O&M
Geomorfología	Relieve	IA11	Modificación del relieve y configuración geomorfológica, especialmente por tepetateras y depósitos de jales.	-	PS-C-O&M
Agua superficial	Calidad	IA12	Riesgo de arrastre de sedimentos a corrientes de agua durante el movimiento de tierras.	-	PS-C-O&M-A
		IA13	Riesgo de contaminación de corrientes de agua por incorrecta disposición de residuos.	-	PS-C-O&M-A
	Patrón de drenaje	IA14	Alteración de los patrones de drenaje superficial	-	PS-C-O&M
		IA15	Modificación del coeficiente de escurrimiento debido a modificaciones en la superficie terrestre.	-	PS-C
Agua subterránea	Recarga de acuíferos	IA16	Disminución en la recarga de acuíferos por modificaciones en la superficie terrestre.	-	PS-C
	Régimen hidrogeológico	IA17	Modificación de niveles piezométricos, gradientes, direcciones de flujo y/o conectividad hidráulica del sistema hidrogeológico.	-	O&M
	Calidad	IA18	Riesgo de contaminación por la disposición inadecuada de agentes contaminantes que lixivian a las aguas subterráneas.	-	PS-C-O&M-A
Vegetación	Cobertura vegetal	IA19	Reducción de la cobertura vegetal por desmonte.	-	PS-C

Componente ambiental	Factor	Clave	Denominación del impacto	Signo	Etapa
	Estructura y composición florística	IA20	Modificación de la abundancia y diversidad de flora.	-	PS-C-O&M
		IA21	Fragmentación de la vegetación y efecto borde.	-	PS-C
	Especies de interés para conservación	IA22	Retiro de individuos de especies en riesgo y endémicas debido a la remoción de la vegetación y posibles cambios en sus poblaciones.	-	PS-C-O&M
	Captura de carbono y generación de oxígeno	IA23	Disminución de la capacidad de captura y almacenamiento de carbono y generación de oxígeno.	-	PS-C-O&M
Fauna	Diversidad y abundancia	IA24	Riesgo de muerte o daño accidental o intencional de fauna terrestre.	-	PS-C-O&M-A
		IA25	Modificación de la diversidad y abundancia de fauna presente a nivel de área de influencia del Proyecto.	-	PS-C-O&M-A
	Movilidad	IA26	Restricción de la movilidad de la fauna silvestre debido a la construcción, la presencia de las estructuras y operación del Proyecto.	-	PS-C-O&M
	Hábitat	IA27	Pérdida, modificación y degradación del hábitat de fauna silvestre.	-	PS-C-O&M
	Especies de interés para conservación	IA28	Riesgo de muerte o daño accidental o intencional de individuos de especies en riesgo o endémicas.	-	PS-C-O&M-A
	Corredores biológicos / bioclimáticos	IA29	Reducción de la conectividad y funcionalidad causada por la fragmentación de la vegetación forestal.	-	PS-C
	Sanidad de la fauna silvestre	IA30	Alteración de la sanidad de la fauna silvestre.	-	PS-C-O&M-A
Paisaje	Calidad del paisaje	IA31	Modificación del paisaje por la inserción de los componentes del Proyecto y las alteraciones por la operación.	-	PS-C-O&M
Población	Salud	IA32	Posible afectación a la salud por la generación de polvo y ruido durante la construcción y operación del Proyecto.	-	PS-C-O&M
	Dinámica poblacional	IA33	Incremento temporal de trabajadores foráneos.	-	PS-C-O&M
Economía	Empleo y ocupación	IA34	Incremento de fuentes de empleo temporales y permanentes, directos e indirectos.	+	PS-C-O&M-A
		IA35	Fortalecimiento de la economía local por consumo de bienes y servicios.	+	PS-C-O&M-A
Infraestructura y servicios	Vialidades	IA36	Incremento de la presión sobre la infraestructura vial y modificación de las condiciones de tránsito.	-	PS-C-O&M-A

De acuerdo con la tabla anterior, se identificaron 36 impactos ambientales susceptibles de generarse por el desarrollo del Proyecto, de los cuales 34 son negativos y 2 son positivos, estos impactos se describen con mayor detalle en el siguiente apartado.

Anexo

En el Anexo 14 Se presenta la matriz de interacciones proyecto – ambiente, así como la lista de impactos identificados a partir de las interacciones.

IV.2.2. Valoración

Una vez identificadas las interacciones y caracterizados los impactos, se procedió a valorar los impactos ambientales identificados, para lo cual se empleó la técnica de Bojórquez-Tapia *et al.* (1998), procediendo a calificar el impacto ambiental considerando los criterios básicos (intensidad del impacto, extensión del efecto y duración de la acción) y complementarios (sinergia, acumulación, controversia y mitigación). Los criterios de valoración están diferenciados en dos categorías la primera de la valoración del medio abiótico y biótico; y la segunda evalúa el medio socioeconómico (ambos se muestran en las siguientes tablas). Esta separación de medios es con el fin de poder evaluar adecuadamente la significancia de los posibles impactos ambientales en cada una de las etapas del Proyecto; sin embargo, los impactos positivos no serán valorados dado que el objetivo del presente capítulo es la evaluación de los impactos negativos.

Tabla 8. Criterios básicos y complementarios para valorar el medio abiótico y biótico.

Escala	Intensidad del efecto (I)*	Extensión del efecto (E)**	Duración del efecto (D)	Sinergia (S)	Acumulación (A)	Controversia (C)	Mitigación (M)
Definición	Definida como el grado de incidencia de la acción sobre el factor; o bien, límite permisible de las afectaciones que causará determinada acción con respecto a lo establecido en la normativa correspondiente.	Definida por el alcance del efecto a partir del sitio en donde se genera dicho efecto.	Extensión en el tiempo del efecto generado por determinada acción o actividad del Proyecto	Definidas por el grado de interacción entre impactos	Definidas por el nivel de acumulación entre impactos	Definidas por la existencia de normatividad ambiental aplicable y la percepción del recurso por la sociedad civil.	Definida por la existencia y efectividad de las medidas de prevención o mitigación.
0	NA	NA	NA	Nula. Cuando no se presentan interacciones entre impactos	Nula. Cuando no se presentan efectos aditivos entre impactos	No existe. Cuando la acción está regulada por la normativa ambiental y la sociedad civil local y regional NO manifiestan preocupación por la acción o por el recurso	Nula. No hay medidas de mitigación
1	Mínima: Cuando la afectación cubre 10 % o menos del total de los recursos existentes o cuando los valores de la afectación representan 50 % del límite permisible en la normativa aplicable.	Puntual: Si el efecto no rebasa el área de influencia	Corta: Cuando el efecto dura menos de 1 mes	Ligera. Cuando el efecto producido por la suma de las interacciones (efectos simples) es ligeramente superior a las mismas	Poca. Cuando se presentan efectos aditivos entre dos acciones sobre el mismo componente ambiental	Mínima. Cuando la acción está regulada por la normativa ambiental y la sociedad civil local manifiesta preocupación por la acción o el recurso.	Baja. Si la medida de mitigación aminora la afectación en menos de un 24 %
2	Moderada: Cuando la afectación cubre el 10 al 50% del total de los recursos existentes o si los valores de afectación representan entre 51 a 100 % del límite permisible.	Local: Si el efecto ocurre entre el área de influencia y el límite del área de estudio	Mediana: Cuando el efecto dura entre 1 mes y 10 años	Moderada. Cuando el efecto producido por la suma de las interacciones (efectos simples) no rebasa el doble de las mismas	Media. Cuando se presentan efectos aditivos entre tres acciones sobre el mismo componente	Moderada. Cuando la acción está regulada por la normativa ambiental y/o la sociedad civil local y regional manifiesta su preocupación por la acción o el recurso.	Media. Si la medida de mitigación aminora las afectaciones entre 25 y 74%
3	Alta: cuando la afectación cubre más de 50 % del total de los recursos existentes o si los valores de afectación rebasan el límite permisible por la normativa aplicable.	Regional: Si el efecto rebasa el área de estudio	Larga o permanente: cuando el efecto dura más de 10 años	Fuerte. Cuando el efecto producido por la suma de las interacciones (efectos simples) duplica o rebasa a las mismas.	Alta: Cuando se presentan efectos aditivos entre cuatro o más acciones sobre el mismo factor.	Alta. Cuando la acción NO está regulada por la normativa ambiental y la sociedad civil local y regional manifiestan preocupación por la acción y por el recurso.	Alta. Si la medida de mitigación aminora la afectación en un 75 % o más

*La intensidad se valoró con respecto al total de la superficie del área del Proyecto.

**Puntual: si el efecto no rebasa el área del Proyecto. Local: si el efecto ocurre entre el área del Proyecto y el área de influencia. Regional: si el efecto rebasa el AI.

Tabla 9. Criterios básicos y complementarios para valorar el medio socioeconómico.

Escala	Intensidad del efecto	Extensión del efecto (E)	Duración del efecto (D)	Sinergia (S)	Acumulación (A)	Controversia (C)	Mitigación (M)
Definición	Definida por la mejora del componente socio-económico.	Definida por el alcance espacial de la mejora del componente	Definida por la extensión en el tiempo de la mejora del componente	Definido por el grado de interacción entre impactos	Definida por el nivel de acumulación entre impactos (No aplica para impactos positivos)	Definida por la percepción del Proyecto por la sociedad civil (No aplica para impactos positivos)	Definida por la existencia de medidas y/o recomendaciones que aseguren la mejora del efecto. (No aplica para impactos positivos)
0				Nula: Cuando no se presentan interacciones entre impactos	Nula: Cuando no se presentan efectos aditivos entre impactos	No existe: Cuando la sociedad civil local y regional NO manifiesta preocupación por el Proyecto	No existe: No existen medidas de mitigación
1	Mínima: Cuando el componente se mejora 25% o menos.	Puntual: Cuando la mejora del componente se refleja sólo en las localidades por las que se ejecuta el Proyecto	Corta: La mejora del componente se manifiesta sólo durante las actividades de construcción del Proyecto	Ligera: Cuando el efecto producido por la suma de las interacciones (efectos simples) es ligeramente superior a las mismas.	Poca: Cuando se presentan efectos aditivos entre dos acciones diferentes sobre el mismo componente ambiental	Mínima: Cuando la sociedad civil local manifiesta preocupación por el Proyecto	Existe: Cuando existen medidas y/o recomendaciones que aminoren el impacto sobre el medio socioeconómico.
2	Moderada: Cuando el componente se mejora entre 26 y 75%.	Local: Cuando la mejora del componente se refleja en las localidades y municipios en los que se ejecuta el Proyecto	Mediana: La mejora del componente dura sólo hasta la entrada en operación del Proyecto y/o hasta 1 año después de terminadas las actividades de construcción.	Moderada: Cuando el efecto producido por la suma de las interacciones (efectos simples) no rebasa el doble de las mismas	Media: Cuando se presentan efectos aditivos entre tres acciones diferentes sobre el mismo componente ambiental	Moderada: Cuando la sociedad civil local manifiesta objeción por el Proyecto	

Los criterios de las tablas anteriores se utilizan posteriormente para evaluar los Índices Básico y Complementario, respectivamente. Con la evaluación de estos índices se procede a calcular el Índice de Impacto, a partir de este último y con la valoración de las medidas de mitigación se obtiene la significación del impacto; de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

Índice Básico. Este índice se obtiene utilizando tres criterios básicos (intensidad, extensión y duración) mediante la siguiente ecuación:

$$IB_{ij} = \frac{I_{ij} + E_{ij} + D_{ij}}{9}$$

Donde:

Iij = intensidad del impacto

Eij = extensión del impacto

Dij = duración de la acción

El origen de la escala de valoración es de 0.33, debido a que es el valor más bajo que se puede obtener para este índice va de $0.33 \leq IB \leq 1$.

Índice complementario. Para el cálculo de este índice se utilizan tres criterios (sinergia, acumulación y controversia) mediante la siguiente fórmula:

$$IC_{ij} = \frac{S_{ij} + A_{ij} + C_{ij}}{9}$$

Donde:

Sij = sinergia del impacto.

Aij = acumulación del impacto.

Cij = controversia.

En este índice el origen de la escala es cero debido a que es el valor más bajo posible de obtener, por lo que sus valores pueden ubicarse en el siguiente intervalo: $0 \leq IC \leq 1$.

Índice del impacto sin medidas de mitigación. El índice de impacto está dado por la combinación de los criterios básicos y complementarios.

Cuando existe alguno de los criterios complementarios (sinergia, acumulación y controversia), el valor del impacto se incrementa. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$II_{ij} = IB_{ij}^{(1-IC_{ij})}$$

Donde:

IBij = Índice Básico

ICij = Índice Complementario

Significancia del impacto. De acuerdo con los valores obtenidos para el índice del impacto, se otorgaron los valores de significancia según los siguientes intervalos:

- Impacto no significativo (NS): 0.000 a 0.200
- Impacto poco significativo (PS): 0.201 a 0.400
- Impacto moderadamente significativo (MS): 0.401 a 0.600
- Impacto significativo (S): 0.601 a 0.800
- Impacto muy significativo (MMS): 0.801 a 1.000

Considerando un escenario en el que las medidas de mitigación se apliquen como se plantean en este estudio, los impactos evaluados disminuyen de intensidad, cambiando su importancia o significancia a una de menor impacto, esta valoración se realizó mediante la siguiente ecuación:

Índice del impacto con medidas de mitigación (IM): Obtenidos los indicadores IB, IC e II (índice básico, índice complementario e índice de impacto, respectivamente) se procedió a calcular el índice de impacto con medidas de mitigación, tomando en consideración su existencia y, en su caso, eficiencia esperada (Mij), utilizando las siguientes fórmulas:

$$\boldsymbol{IM_{ij} = II_{ij} \cdot \left(1 - \frac{M_{ij}}{3}\right)}$$

Dónde:

II: Índice del impacto sin medidas de mitigación

M: Existencia y eficiencia de las medidas de mitigación

De acuerdo con la aplicación de la metodología anterior, así como conforme a la descripción de los impactos ambientales identificados, en la siguiente tabla se presentan los valores asignados a cada criterio y la justificación para la asignación de dicho valor.

Tabla 10. Valores asignados a los criterios básicos y complementarios y su justificación.

		Valor y justificación																					
Clave	**Denominación del impacto**	**I**		**E**		**D**		**S**		**A**		**C**		**M**	
IA01	Modificación de las variables de temperatura y humedad del suelo debido al desmonte, despalme y compactación.	2	En las superficies directamente intervenidas puede producirse una modificación apreciable de la temperatura media superficial y humedad del suelo; aunque no se prevé un efecto superior al 50% y se concentra en las superficies intervenidas.	1	El efecto se manifiesta fundamentalmente en el área del proyecto y no se prevé que se extienda más allá de ese límite.	3	Aunque las actividades que lo originan se ejecutan durante preparación del sitio, la modificación permanece mientras las superficies se encuentren desprovistas de vegetación, compactadas u ocupadas por infraestructura. En buena parte del complejo, esta condición puede mantenerse durante toda la vida útil.	2	Existe interacción entre pérdida de cobertura vegetal + remoción del horizonte superficial + compactación, cuyos efectos conjuntos sobre temperatura y humedad del suelo pueden reforzarse entre sí. La pérdida de sombra y evapotranspiración incrementa exposición térmica, mientras la compactación modifica infiltración y retención de humedad.	2	Diferentes actividades del Proyecto generan superficies con condiciones similares, por lo que sus efectos se adicionan sobre el mismo factor ambiental (microclima).	1	La modificación microclimática local asociada a la eliminación de vegetación y exposición/compactación del suelo es ambientalmente reconocible, pero normalmente no constituye un aspecto de elevada preocupación social o normativa por sí mismo.	2	Algunas medidas pueden ayudar a disminuir el efecto; sin embargo, durante la operación persistirá en superficies ocupadas permanentemente por infraestructura, razón por la cual no se asigna una mitigación alta.
IA02	Emisión de partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$)	2	La generación de partículas puede producir un incremento perceptible de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en las áreas próximas a caminos, frentes de trabajo, trituración, manejo de materiales y superficies expuestas; pero no en cantidades que puedan rebasar los valores normativos aplicables.	2	Las partículas no permanecen exclusivamente dentro del punto de emisión. Pueden dispersarse fuera de las superficies directamente intervenidas y alcanzar áreas próximas del Área de Influencia, particularmente bajo condiciones secas y de viento.	3	Aunque cada episodio de emisión individual puede ser corto, la generación será recurrente durante construcción y, sobre todo, durante la operación minera, que se extiende por más de 10 años; debido a que es un fenómeno recurrente, la presión sobre el factor aire es de larga duración.	2	Coinciden distintas fuentes: tránsito + acarreo + trituración + manejo de material + superficies expuestas + erosión eólica. La combinación puede reforzar las concentraciones de partículas respecto de una fuente aislada.	3	Dentro del Proyecto existen múltiples actividades emisoras que operan sobre el mismo factor ambiental y, adicionalmente, en la RE existen otras actividades mineras y caminos que generan partículas. Asimismo, se reconoce un incremento progresivo de superficies intervenidas por otros proyectos mineros en la RE.	2	La calidad del aire es un recurso regulado y las emisiones de partículas suelen ser objeto de preocupación por sus implicaciones ambientales y de salud. Sin embargo, sin evidencia de inconformidad social manifiesta o incumplimiento normativo, no justificaría una controversia alta.	3	Existe un conjunto amplio y probado de medidas: riego de caminos, límites de velocidad, estabilización de superficies, cubiertas en transportes, encapsulamiento de trituradoras, sistemas de captación y filtración, mantenimiento de equipos y revegetación de superficies. En conjunto pueden reducir de manera importante las emisiones, aunque no eliminarlas totalmente.
IA03	Modificación de la calidad del aire por la presencia de gases y partículas generadas por los motores de combustión interna de maquinaria y vehículos.	1	Las emisiones provienen de fuentes móviles individuales y discontinuas (vehículos, camiones y maquinaria), por lo que se espera una modificación localizada de la calidad del aire.	2	Los gases y partículas de combustión pueden dispersarse fuera del punto exacto donde opera la maquinaria y alcanzar áreas próximas al Proyecto. Sin embargo, no existe evidencia para considerar una afectación regional.	3	Aunque cada emisión ocurre únicamente mientras funciona el motor, el uso de maquinaria y vehículos será recurrente durante las diferentes etapas y particularmente durante la operación del complejo minero. En términos de la persistencia de la presión ambiental, el efecto se presentará durante toda la vida útil del Proyecto.	2	Las emisiones de diferentes fuentes móviles pueden coincidir espacial y temporalmente, y además interactuar con emisiones de otras actividades del complejo (trituración, manejo de materiales y polvo resuspendido), reforzando temporalmente el deterioro de la calidad del aire.	3	Existen múltiples actividades del Proyecto que requieren maquinaria y vehículos: movimientos de tierras, construcción, acarreo, mantenimiento, manejo de materiales, jales, tepetateras y abandono, entre otras; por lo que, al existir cuatro o más acciones que generan efectos aditivos sobre el mismo factor, corresponde acumulación alta.	2	Las emisiones provenientes de motores de combustión están sujetas a regulación ambiental y tienen relación reconocida con calidad del aire y salud. Aunque, no se ha establecido una preocupación social manifiesta específica por este impacto ni un incumplimiento normativo.	2	Mantenimiento preventivo, revisión de sistemas de combustión, prohibición de ralentí innecesario, renovación de equipos y buenas prácticas operativas pueden reducir las emisiones. Sin embargo, mientras se utilicen motores de combustión interna, las emisiones no pueden eliminarse completamente.
IA04	Generación de ruido por la operación de maquinaria y equipos.	2	La operación simultánea de maquinaria pesada y equipos industriales puede incrementar de manera perceptible los niveles sonoros respecto de las condiciones de fondo, particularmente en las inmediaciones de las fuentes.	1	Si bien el ruido puede propagarse más allá del punto específico de generación, no necesariamente puede alcanzar las poblaciones, razón por la cual se asigna el valor más bajo. Además, el ruido disminuye con la distancia y puede ser atenuado por la topografía.	3	Aunque determinadas fuentes operarán de manera intermitente, la generación de ruido será recurrente durante la vida operativa del complejo minero.	1	Aunque la operación simultánea de distintas fuentes puede incrementar el nivel sonoro, el incremento es menor que la suma de cada uno de los valores, razón por la cual se asigna el menor valor.	3	Existen numerosas acciones que generan ruido sobre el mismo factor: maquinaria, acarreo, trituración, molienda, planta de beneficio, Planta de Pasta, manejo de jales, tepetateras, mantenimiento, entre otras; por lo que, al existir cuatro o más acciones sobre el mismo factor permite asignar acumulación alta.	2	El ruido está sujeto a regulación ambiental y puede generar molestias y preocupación cuando existen receptores sensibles. Sin evidencia de inconformidad social manifiesta o incumplimiento de límites aplicables, razón por la cual no se asigna una controversia alta.	3	Existen medidas de eficacia reconocida: mantenimiento preventivo, silenciadores, selección de equipos, confinamiento de fuentes fijas y manejo de horarios. En conjunto pueden reducir considerablemente la propagación del ruido.
IA05	Incremento de vibraciones en el terreno	2	Las voladuras pueden generar vibraciones perceptibles y físicamente medibles en el terreno y macizo rocoso. Sin embargo, sin resultados de monitoreo, modelación o evidencia de afectación estructural, no se justifica una intensidad alta.	2	Las ondas de vibración se propagan fuera del punto de generación y pueden alcanzar áreas próximas al frente de voladura. Su magnitud disminuye con la distancia y depende de la geología, carga explosiva y	3	Cada evento de vibración es de muy corta duración, pero las voladuras serán recurrentes durante la vida operativa de la mina. Por lo que, el impacto se mantiene durante la vida útil del proyecto.	1	Las vibraciones pueden interactuar con ruido, fracturamiento del macizo y perturbación de fauna, pero no existe evidencia de que la interacción genere un efecto sustancialmente mayor que la suma de sus efectos individuales.	2	Existen varias fuentes potenciales de vibración (voladuras, equipo pesado, trituración/molienda y tránsito) que pueden generar efectos aditivos sobre el mismo factor. Aunque no existe evidencia de que existan cuatro o más fuentes relevantes con	2	Las vibraciones por voladuras pueden generar preocupación por posibles efectos sobre viviendas, infraestructura, percepción de seguridad y fauna. Sin evidencia de inconformidad social manifiesta o incumplimiento normativo,	3	Existen medidas eficaces: diseño de mallas de voladura, control de carga por retardo, secuenciación, uso de detonadores electrónicos, control de cargas máximas instantáneas, monitoreo con sismógrafos y establecimiento de distancias de seguridad.

		Valor y justificación															
Clave	**Denominación del impacto**	**I**		**E**		**D**		**S**		**A**		**C**		**M**			
					profundidad, por lo que no se considera regional.						incidencia efectiva sobre el mismo receptor.		no corresponde controversia alta.				
IA06	Alteración de la estructura y propiedades físicas del suelo	3	En las superficies directamente intervenidas pueden modificar sustancialmente la porosidad, densidad aparente, agregación, capacidad de infiltración y estructura del suelo. En áreas ocupadas por infraestructura, caminos, tepetateras o depósitos de jales, la alteración puede ser prácticamente total dentro de la huella afectada.	2	El impacto se concentra en las superficies del Proyecto y sus áreas directamente intervenidas, pero puede abarcar diversos polígonos, caminos, plataformas e instalaciones distribuidos dentro del Área de Influencia.	3	La alteración de la estructura del suelo persiste mientras las superficies permanezcan compactadas, ocupadas o cubiertas por infraestructura, caminos, jales o material estéril. En varias áreas puede mantenerse durante toda la vida útil del Proyecto y requerir acciones de rehabilitación para revertirse parcialmente.	2	La pérdida de estructura se combina con erosión, reducción de infiltración, modificación de escorrentía y pérdida de funcionalidad edáfica. Estos procesos pueden reforzarse mutuamente.	3	Múltiples actividades generan efectos aditivos sobre el mismo factor: despalme, movimientos de tierras, caminos, cimentaciones, plataformas, tránsito pesado, sistema de jales, tepetateras y demás infraestructura. Además, en la RE existen otras actividades que también compactan y transforman el suelo.	1	Aunque es un impacto ambiental relevante, normalmente no genera por sí solo un nivel elevado de controversia social o normativa. Su importancia se manifiesta principalmente por sus efectos sobre erosión, infiltración, vegetación y restaurabilidad.	2	Existen medidas eficaces como delimitación de áreas, conservación de suelo vegetal, reducción de tránsito fuera de caminos, descompactación, escarificación, restitución de suelo y revegetación. Sin embargo, en superficies ocupadas permanentemente o cubiertas por jales/tepetateras, la recuperación durante la vida operativa es limitada.
IA07	Modificación de características físicas del suelo debido a la compactación y sellamiento de algunas áreas.	3	En las superficies compactadas o selladas se produce una modificación sustancial de las propiedades físicas del suelo. El sellamiento mediante losas, cimentaciones o superficies impermeables prácticamente anula temporalmente funciones como infiltración e intercambio suelo-atmósfera en la huella ocupada.	1	El efecto queda circunscrito a las superficies físicamente ocupadas o compactadas dentro del Área del Proyecto: caminos, plataformas, cimentaciones, áreas de proceso e infraestructura auxiliar. No existe un mecanismo por el cual la compactación o el sellamiento se extiendan físicamente fuera de dichas superficies.	3	En caminos e instalaciones permanentes, la compactación y el sellamiento permanecen durante toda la vida útil del complejo. Aunque algunas superficies puedan rehabilitarse al cierre, el impacto se mantiene durante la vida útil del Proyecto.	2	La compactación y el sellamiento interactúan con otros procesos, particularmente reducción de infiltración, incremento de escorrentía, erosión periférica y limitación del establecimiento vegetal. La combinación puede reforzar la pérdida de funcionalidad del suelo.	3	Diversas obras generan sucesivamente superficies compactadas o selladas: caminos, plataformas, infraestructura de proceso, planta de beneficio, Planta de Pasta, infraestructura auxiliar y demás instalaciones. Los efectos se adicionan espacialmente sobre el recurso suelo.	1	Aunque constituye una modificación ambiental clara, normalmente no es por sí misma un aspecto de alta controversia social. Su relevancia se relaciona principalmente con sus efectos indirectos sobre infiltración, escurrimiento, vegetación y funcionalidad edáfica.	2	La delimitación de superficies, minimización de áreas impermeables, uso de superficies permeables donde sea viable, control del tránsito y descompactación al cierre permiten reducir o revertir parcialmente el impacto. No obstante, mientras exista infraestructura permanente, el sellamiento no puede mitigarse sustancialmente.
IA08	Contaminación del suelo por residuos sólidos y/o líquidos.	2	La liberación de residuos líquidos, hidrocarburos, lubricantes, reactivos o lixiviados puede modificar las características fisicoquímicas del suelo. La severidad depende del volumen, peligrosidad, concentración, movilidad y características del suelo receptor. No asignaría intensidad alta de manera general, ya que ello requeriría considerar liberaciones importantes o contaminación persistente.	1	En condiciones previsibles, una afectación por derrames, fugas o manejo inadecuado se concentraría en el punto de liberación y superficies inmediatamente próximas, dentro del Área del Proyecto. Una afectación más extensa correspondería a una contingencia de mayor magnitud.	2	Algunos contaminantes pueden permanecer en el suelo después de la liberación y requerir retiro, tratamiento o remediación. No obstante, ante detección y atención oportuna, el efecto puede ser controlado y corregido sin permanecer necesariamente durante toda la vida útil del Proyecto.	2	La contaminación del suelo puede interactuar con infiltración, escorrentía y erosión, favoreciendo la movilización de contaminantes hacia aguas superficiales o subsuelo; además, distintos residuos pueden generar efectos combinados sobre las propiedades edáficas.	2	Existen distintas actividades que generan o manejan residuos, combustibles, lubricantes y sustancias de proceso. Liberaciones pequeñas y recurrentes podrían generar acumulación de contaminantes en áreas operativas; aunque no es suficiente para considerar una acumulación alta.	2	La contaminación del suelo por residuos, particularmente RP, hidrocarburos o sustancias químicas, está regulada y puede generar preocupación ambiental. Sin evidencia de afectaciones existentes, inconformidad social específica o incumplimiento, no asignaría controversia alta.	3	Es un impacto ampliamente prevenible y controlable mediante segregación, almacenamiento adecuado, pisos impermeables, contención secundaria, kits antiderrames, inspecciones, mantenimiento, capacitación, retiro inmediato del material afectado y gestión autorizada de residuos.
IA09	Incremento de los procesos de erosión hídrica y eólica.	2	La remoción de vegetación y del horizonte superficial, así como la exposición y conformación de superficies y taludes, incrementan la susceptibilidad del suelo a la acción del agua y viento. No asignaría intensidad alta de manera general, porque dependerá de pendientes, erodabilidad, precipitación, viento y superficie efectivamente expuesta.	2	Aunque la pérdida de suelo ocurre principalmente en las superficies intervenidas, el material erosionado puede movilizarse hacia zonas adyacentes y cauces aguas abajo. Por ello, sus efectos pueden trascender la huella inmediata del Proyecto, aunque no se justifica una extensión regional.	3	La susceptibilidad a la erosión puede permanecer durante toda la operación en caminos, taludes, tepetateras, depósitos de jales y otras superficies que permanezcan expuestas. Algunas áreas podrán estabilizarse progresivamente, pero otras permanecerán intervenidas durante toda la vida útil del proyecto.	2	Existe una interacción clara entre pérdida de cobertura vegetal, alteración de la estructura del suelo, compactación, modificación de pendientes y escorrentía superficial. Estos procesos pueden potenciar la generación y transporte de sedimentos.	3	Numerosas actividades generan superficies susceptibles a erosión y sus efectos pueden adicionarse espacial y temporalmente: desmonte, despalme, movimientos de tierra, caminos, plataformas, sistema de jales y tepetateras. La pérdida progresiva de partículas del suelo es, además, inherentemente acumulativa mientras persistan los procesos erosivos.	1	La erosión constituye una problemática ambiental reconocida, pero normalmente no presenta por sí sola elevada controversia social. Su relevancia aumenta por sus efectos secundarios sobre suelo, sedimentación y calidad del agua.	3	Existen medidas de eficacia probada: estabilización de taludes, revegetación, manejo de suelo vegetal, control de escorrentías, cunetas, disipadores, obras de conservación de suelo, reducción de superficies desnudas y estabilización progresiva de tepetateras y depósitos.
IA10	Pérdida o disminución de la disponibilidad del recurso suelo	3	En las superficies ocupadas por infraestructura, caminos, excavaciones, tepetateras y	1	La pérdida o indisponibilidad ocurre exclusivamente en las superficies directamente	3	En buena parte de las superficies ocupadas, la indisponibilidad permanecerá	2	La pérdida de suelo interactúa con desmonte, alteración del relieve, erosión y modificación	3	Numerosas obras ocupan o remueven suelo y sus superficies se adicionan:	2	El suelo es un recurso ambiental sujeto a protección y su pérdida	2	El rescate y conservación del suelo vegetal, minimización de superficies, reutilización del	

		Valor y justificación															
Clave	**Denominación del impacto**	**I**		**E**		**D**		**S**		**A**		**C**		**M**			
			depósitos de jales, el suelo pierde total o sustancialmente su disponibilidad para cumplir sus funciones naturales durante la ocupación. El despalme implica además la remoción directa del horizonte superficial.		intervenidas dentro del Área del Proyecto. No se propaga físicamente hacia terrenos vecinos.		durante toda la vida útil del complejo minero. Para tepetateras, depósitos de jales y determinadas obras permanentes, incluso puede prolongarse después del cierre.		del drenaje, generando conjuntamente una disminución mayor de la funcionalidad del sistema terrestre. Sin embargo, no existe fundamento para considerar una sinergia fuerte.		caminos, plataformas, instalaciones de proceso, infraestructura auxiliar, planta de beneficio, sistema de jales y tepetateras. Además, la RE presenta otras actividades mineras, caminos y usos agropecuarios que generan pérdida o transformación del suelo.		adquiere especial relevancia cuando involucra remoción de vegetación, cambio de uso del suelo o superficies forestales. No asignaría controversia alta sin evidencia de conflicto social o de afectación excepcional a suelos de elevado valor.		suelo, descompactación y restauración permiten recuperar parcialmente su funcionalidad. Sin embargo, la pérdida durante la ocupación no puede evitarse en las superficies necesarias para las obras y algunas áreas pueden no recuperar completamente su condición previa.
IA11	Modificación del relieve y configuración geomorfológica, especialmente por tepetateras y depósitos de jales.	3	La acumulación progresiva de material estéril y jales genera geoformas artificiales que modifican de manera sustancial la configuración topográfica en las superficies ocupadas. El cambio puede involucrar elevación del terreno, modificación de pendientes y sustitución de formas naturales por estructuras mineras.	1	La modificación física del relieve ocurre dentro de las superficies directamente ocupadas por tepetateras, depósitos de jales y otras obras del Proyecto. Aunque sus efectos paisajísticos o hidrológicos puedan extenderse fuera de ellas, la modificación geomorfológica propiamente dicha permanece dentro del Área del Proyecto.	3	Las geoformas generadas por la disposición de material estéril y jales pueden permanecer incluso después del cierre. Las medidas de cierre generalmente buscan su estabilidad e integración, pero no necesariamente restituir la topografía original.	2	La modificación del relieve interactúa con cambios en pendientes, escorrentía, erosión y patrón de drenaje. La generación de nuevas geoformas puede reforzar estos procesos, especialmente en taludes y superficies de depósitos.	3	El impacto aumenta progresivamente conforme se depositan jales y material estéril durante la operación. Cada nuevo volumen dispuesto se adiciona al existente, incrementando altura, volumen y superficie de las geoformas mineras. Es un caso claro de impacto acumulativo.	2	La modificación permanente del relieve asociada a instalaciones mineras puede ser objeto de preocupación ambiental, particularmente por estabilidad física, paisaje, erosión y drenaje. Sin evidencia de conflicto social específico o afectación de geoformas de valor excepcional, razón por la cual no se asigna una controversia alta.	1	Es posible reducir los efectos mediante diseño geométrico, estabilización de taludes, manejo de escurrimientos, coberturas, revegetación e integración paisajística. Sin embargo, estas medidas no restituyen el relieve original cuando tepetateras y depósitos de jales permanecen en el sitio.
IA12	Riesgo de arrastre de sedimentos a corrientes de agua durante el movimiento de tierras.	2	El aporte de sedimentos puede incrementar sólidos suspendidos y turbidez, generar sedimentación y modificar localmente las condiciones físicas de corrientes. Su intensidad depende del volumen movilizado, proximidad, pendiente, precipitación y capacidad de transporte de los escurrimientos.	2	Una vez que los sedimentos alcanzan una corriente o canal, pueden transportarse aguas abajo y rebasar la superficie directamente intervenida. Por ello, el efecto no se considera exclusivamente puntual y, sin evidencia de transporte significativo a escala de cuenca no se puede considerar regional.	2	El impacto se presenta principalmente durante movimientos de tierra y mientras existan superficies inestables o desnudas. Los sedimentos depositados pueden permanecer después de cada evento, pero la fuente disminuye considerablemente una vez estabilizadas las superficies.	2	Existe una interacción clara con pérdida de cobertura vegetal, erosión, compactación, modificación de pendientes y alteración del drenaje. La combinación puede aumentar la generación, concentración y transporte de sedimentos hacia los receptores hídricos.	3	Diferentes frentes y superficies pueden aportar sedimentos sucesivamente hacia los mismos escurrimientos o zonas bajas. Además, eventos recurrentes de lluvia pueden generar aportes sucesivos y acumulación física de sedimentos en los receptores.	2	La afectación de corrientes y particularmente de humedales tiene mayor sensibilidad ambiental que el arrastre dentro de áreas exclusivamente terrestres. Puede generar preocupación por deterioro de calidad del agua y afectación de ecosistemas acuáticos.	3	Existen medidas preventivas y de control eficaces: programación de movimientos de tierra, estabilización progresiva, barreras de sedimentos, trampas/desarenadores, protección de acopios, cunetas, disipadores, revegetación y franjas de protección respecto de escurrimientos y humedales.
IA13	Riesgo de contaminación de corrientes de agua y humedales por incorrecta disposición de residuos.	2	La llegada de residuos, lixiviados o sustancias asociadas a corrientes y humedales puede modificar parámetros fisicoquímicos del agua y afectar las condiciones del receptor. La magnitud dependerá del tipo, peligrosidad, cantidad y movilidad del residuo.	2	Una vez que un contaminante alcanza un escurrimiento puede transportarse aguas abajo y superar el punto de liberación.No obstante, no existe fundamento para considerar una afectación regional.	2	La permanencia depende del contaminante. RSU pueden retirarse rápidamente, mientras hidrocarburos, RP o determinados compuestos pueden permanecer en sedimentos o agua durante periodos mayores.	1	La contaminación puede interactuar con otros procesos (sedimentación, escorrentía, alteración de hábitat acuático), pero no existe evidencia suficiente para afirmar una potenciación clara del efecto. La existencia de varias rutas de contaminación no constituye por sí misma sinergia.	2	Liberaciones o disposiciones inadecuadas recurrentes podrían generar incorporación sucesiva de residuos o contaminantes en los mismos receptores. Sin embargo, no debe suponerse acumulación alta únicamente porque existan múltiples actividades generadoras de residuos; tendría que ocurrir efectivamente su liberación al ambiente.	3	La contaminación de corrientes de agua y, constituye un aspecto ambiental sensible, debido al valor ecológico de estos receptores y a la regulación asociada al manejo de residuos y protección del recurso hídrico.	3	El impacto es ampliamente prevenible mediante segregación, contenedores adecuados, almacenes temporales, superficies impermeables, contención secundaria, retiro mediante gestores autorizados, inspecciones, capacitación, prohibición de disposición fuera de sitios autorizados y protocolos de atención de derrames.
IA14	Alteración de los patrones de drenaje superficial	2	La construcción de caminos, plataformas, terraplenes, tepetateras y depósitos de jales puede modificar la dirección, concentración y velocidad de los escurrimientos superficiales. No propondría intensidad alta de manera general, porque gran parte de estos efectos puede ser controlada	2	Aunque la modificación física se origina dentro del Área del Proyecto, sus efectos pueden propagarse aguas abajo mediante cambios en caudales, concentración de escurrimientos y redistribución de aportaciones, por lo que puede alcanzar el Área de Influencia.	3	Mientras permanezcan caminos, plataformas, tepetateras, depósitos de jales y demás obras que intercepten o redirijan escurrimientos, la modificación del drenaje puede mantenerse durante toda la vida operativa y, en algunos casos, después del cierre.	2	Existe interacción con compactación, sellamiento del suelo, modificación del relieve y erosión. La reducción de infiltración y la creación de nuevas pendientes o barreras pueden reforzar la concentración y redirección de escurrimientos.	3	Diversas obras modifican simultánea o sucesivamente el drenaje: caminos, plataformas, infraestructura, sistema de jales y tepetateras. Sus efectos pueden adicionarse sobre una misma microcuenca o sistema de escurrimientos.	2	La alteración del drenaje puede adquirir relevancia por su relación con erosión, sedimentación, inundación local y afectación de cauces. Sin evidencia de conflicto social específico o afectación a un cauce de especial relevancia, razón por la cual no se asigna controversia alta.	3	Existen medidas técnicamente eficaces: alcantarillas, cunetas, canales de desvío, obras de cruce, disipadores, estructuras de control de escorrentía y mantenimiento periódico. Estas medidas pueden conservar o restablecer en gran medida la funcionalidad hidráulica.

		Valor y justificación																	
Clave	**Denominación del impacto**	**I**		**E**		**D**		**S**		**A**		**C**		**M**	
			mediante obras de drenaje y manejo hidráulico.												
IA15	Modificación del coeficiente de escurrimiento debido a modificaciones en la superficie terrestre.	2	La compactación, sellamiento e impermeabilización reducen la infiltración y pueden aumentar el volumen de escurrimiento generado en las superficies intervenidas. No asignaría intensidad alta sin una estimación hidrológica que demuestre incrementos sustanciales del coeficiente de escurrimiento a escala de microcuenca.	2	Aunque el cambio se origina en superficies intervenidas dentro del Proyecto, sus efectos pueden reflejarse aguas abajo mediante incrementos de caudal o concentración de escorrentía en el Área de Influencia.	3	Mientras permanezcan superficies compactadas, caminos, plataformas e infraestructura, el cambio en infiltración y escurrimiento puede mantenerse durante toda la vida útil del Proyecto.	2	La compactación, pérdida de vegetación, sellamiento y modificación del relieve pueden actuar conjuntamente reduciendo infiltración e incrementando la generación de escurrimiento superficial.	3	Diversas obras modifican simultánea o sucesivamente la respuesta hidrológica del terreno. La suma de caminos, plataformas, tepetateras, depósitos de jales y superficies impermeables puede incrementar progresivamente la proporción de lluvia convertida en escurrimiento.	2	El cambio del coeficiente de escurrimiento puede relacionarse con erosión, sedimentación, modificación de caudales e inundaciones locales. Sin evidencia de conflicto o afectación relevante a receptores sensibles, no es posible asignar una controversia alta.	3	Es posible reducir el efecto mediante superficies permeables donde sea viable, descompactación, revegetación, obras de infiltración, drenaje distribuido, control de escurrimientos y manejo adecuado de plataformas y caminos.
IA16	Disminución en la recarga de acuíferos por modificaciones en la superficie terrestre.	2	Las superficies compactadas o impermeabilizadas disminuyen localmente la infiltración efectiva y pueden reducir la recarga difusa. Sin un balance hídrico o modelación que demuestre una reducción sustancial de la recarga a escala de acuífero o microcuenca, no asignaría intensidad alta.	1	La reducción de infiltración ocurre principalmente en las superficies directamente modificadas por el Proyecto. Aunque sus efectos puedan contribuir al balance hídrico local, la alteración física que origina la disminución de recarga se concentra dentro de la huella intervenida.	3	Mientras permanezcan caminos, plataformas, losas, cimentaciones y superficies compactadas, la disminución de infiltración puede mantenerse durante toda la vida útil del Proyecto.	2	La compactación, sellamiento, pérdida de vegetación y modificación del drenaje pueden actuar conjuntamente, disminuyendo infiltración y favoreciendo mayor escurrimiento superficial.	3	Diversas obras generan superficies con menor capacidad de infiltración, y sus efectos se suman espacialmente: caminos, plataformas, instalaciones, tepetateras y depósitos de jales.	2	La recarga de acuíferos es un aspecto ambiental sensible por su relación con disponibilidad de agua subterránea. Sin evidencia de conflicto social o afectación relevante a usuarios, no es posible asignar una controversia alta.	2	Pueden aplicarse medidas como reducción de superficies impermeables, uso de materiales permeables, descompactación, revegetación, obras de infiltración y manejo de escurrimientos. Sin embargo, en superficies ocupadas permanentemente la reducción de infiltración no puede eliminarse por completo.
IA17	Modificación de niveles piezométricos, gradientes, direcciones de flujo y/o conectividad hidráulica del sistema hidrogeológico.	2	La excavación, voladuras y operación de obras subterráneas puede modificar localmente los niveles piezométricos, gradientes hidráulicos y direcciones de flujo, especialmente cuando se interceptan unidades permeables, fracturas o zonas saturadas. Sin una modelación hidrogeológica que demuestre abatimientos extensos o alteraciones sustanciales del sistema, no es justificable asignar intensidad alta.	2	A diferencia de impactos estrictamente confinados a la huella del Proyecto, las modificaciones hidráulicas pueden propagarse lateral y verticalmente a través del acuífero o macizo fracturado. Por ello, el efecto puede rebasar las obras subterráneas y alcanzar el Área de Influencia, aunque no se justifica considerarlo regional sin evidencia específica.	3	Si existe bombeo, desagüe o intercepción persistente de agua subterránea, la modificación del régimen hidrogeológico puede mantenerse durante toda la etapa operativa. Incluso después del cierre puede requerirse un periodo prolongado para la recuperación de niveles.	2	La modificación del régimen hidrogeológico puede interactuar con el fracturamiento inducido por voladuras, excavaciones subterráneas y cambios en la conectividad hidráulica, generando conjuntamente alteraciones en las rutas de flujo y distribución del agua subterránea.	2	Distintas obras subterráneas, niveles de explotación, zonas de fracturamiento y puntos de desagüe pueden generar efectos aditivos sobre el mismo sistema hidrogeológico. No se asigna acumulación alta sin demostrar múltiples focos de abatimiento o la interacción con otros aprovechamientos/proyectos regionales sobre el mismo acuífero.	3	Las modificaciones en niveles y flujos subterráneos pueden ser ambiental y socialmente sensibles cuando existen pozos, manantiales, aprovechamientos productivos o ecosistemas dependientes del agua subterránea. Además, el recurso hídrico subterráneo suele estar sujeto a especial atención regulatoria.	1	Una vez que la excavación intercepta el sistema hidrogeológico, las medidas disponibles se orientan principalmente al control del bombeo, manejo del agua, sellado de fracturas y monitoreo. Estas acciones pueden reducir o controlar el efecto, pero no necesariamente restituir durante operación las condiciones hidráulicas originales.
IA18	Riesgo de contaminación por la disposición inadecuada de agentes contaminantes que lixivian a las aguas subterráneas.	2	La infiltración de hidrocarburos, reactivos, lixiviados u otras sustancias puede modificar la calidad fisicoquímica del agua subterránea. Sin embargo, no debe asumirse una contaminación severa bajo condiciones normales de operación; la magnitud dependerá del tipo y volumen liberado, movilidad y persistencia del contaminante y vulnerabilidad hidrogeológica del sitio.	2	Aunque la liberación puede originarse en un punto específico, una vez incorporados al sistema subterráneo los contaminantes pueden migrar siguiendo los gradientes hidráulicos y extenderse más allá del punto de infiltración. Sin modelación de transporte no existe sustento para considerar una extensión regional.	3	Una vez alcanzada el agua subterránea, determinados contaminantes pueden permanecer y migrar durante periodos prolongados debido a las bajas tasas de renovación, procesos de adsorción/desorción y dificultad de remediación del medio subterráneo.	1	La lixiviación puede relacionarse con infiltración, fracturamiento y características del suelo/subsuelo, pero éstos constituyen principalmente mecanismos de transporte y no necesariamente una potenciación sinérgica del impacto. No existe evidencia suficiente para asignar una sinergia moderada o alta.	2	Liberaciones pequeñas pero recurrentes podrían producir incorporación sucesiva de contaminantes al suelo y subsuelo, generando eventualmente acumulación. No asignaría A_3 porque ello implicaría asumir múltiples liberaciones efectivas y persistentes, cuando la disposición inadecuada constituye una condición no deseada.	3	La afectación de aguas subterráneas constituye un aspecto ambientalmente sensible por la dificultad de detectar y remediar la contaminación y por la posible relación del recurso con aprovechamientos existentes.	2	La prevención es altamente efectiva mediante impermeabilización, contención secundaria, almacenamiento adecuado, inspecciones y manejo autorizado. Sin embargo, una vez que el contaminante alcanza el acuífero, su control y remediación pueden ser técnicamente complejos, prolongados y costosos.
IA19	Reducción de la cobertura vegetal por desmonte.	3	En las superficies desmontadas, la cobertura vegetal es removida de	1	La eliminación física de la cobertura ocurre únicamente en las superficies	3	Mientras las superficies permanezcan ocupadas por caminos, instalaciones,	2	La pérdida de cobertura interactúa con erosión, pérdida de suelo, modificación del	3	El desmonte ocurre en múltiples superficies del Proyecto y sus efectos se	2	La remoción de vegetación es un aspecto relevante de la evaluación ambiental,	2	El impacto puede reducirse mediante delimitación estricta, rescate de flora, conservación

		Valor y justificación											
Clave	**Denominación del impacto**	**I**		**E**		**D**		**S**		**A**		**C**		**M**
			manera directa, por lo que la afectación dentro de la huella intervenida puede ser prácticamente total. La intensidad es alta aunque la superficie desmontada represente sólo una fracción de la RE.		directamente intervenidas dentro del Área del Proyecto. Los efectos indirectos sobre fragmentación, fauna o paisaje deben evaluarse en sus respectivos impactos.		tepetateras, jales u otra infraestructura, la pérdida de cobertura se mantiene. En varias áreas puede prolongarse durante toda la vida útil y hasta el cierre.		microclima y deterioro del hábitat. La eliminación de vegetación incrementa la exposición del suelo y reduce simultáneamente funciones ecológicas del sitio.		adicionan espacialmente. Además, en la RE ya existe transformación progresiva de la vegetación por caminos, planillas, proyectos mineros y actividades agropecuarias.		especialmente cuando involucra ecosistemas naturales o especies protegidas. Sin evidencia de conflicto social específico o afectación excepcional, no es posible asignar una controversia alta.		de suelo vegetal, revegetación y restauración. Sin embargo, la cobertura original no se recupera durante la operación en superficies permanentemente ocupadas, por lo que la mitigación no es alta.
IA20	Modificación de la abundancia y diversidad de flora.	2	El desmonte elimina individuos y puede modificar la riqueza, abundancia relativa y diversidad de la comunidad vegetal en las superficies intervenidas. Sin embargo, no se considera alta mientras no se demuestre que la intervención compromete una proporción sustancial de las poblaciones o diversidad florística existentes a escala del área de influencia o de la RE.	1	La modificación directa de la abundancia y diversidad ocurre principalmente en las superficies desmontadas dentro del Área del Proyecto. Aunque pueden presentarse efectos de borde en áreas próximas, no existe sustento para considerar una modificación generalizada de las comunidades vegetales fuera de la huella de intervención.	3	La modificación persiste mientras las superficies permanezcan ocupadas y la vegetación no se restablezca. Aun después de la revegetación, la recuperación de riqueza, abundancia relativa y estructura comunitaria puede requerir periodos prolongados, particularmente en comunidades de lenta regeneración.	2	La pérdida de individuos interactúa con fragmentación, alteración del suelo, erosión, modificación microclimática y efectos de borde, pudiendo dificultar el establecimiento y regeneración de las comunidades vegetales remanentes.	3	La remoción de vegetación ocurre en diferentes superficies del Proyecto y se adiciona a las modificaciones existentes en la RE por caminos, actividades mineras y usos agropecuarios. La incorporación sucesiva de superficies intervenidas puede reducir progresivamente la abundancia de individuos y modificar la representación relativa de especies.	2	La afectación a la diversidad florística es ambientalmente relevante y está asociada a la conservación de biodiversidad. Su controversia aumenta cuando involucra vegetación forestal o especies de interés para conservación; sin evidencia de una afectación excepcional no se considera una controversia alta.	2	El rescate y reubicación de flora, propagación, revegetación con especies nativas, conservación de suelo vegetal y restauración pueden reducir el efecto y favorecer la recuperación. Sin embargo, no garantizan la restitución de la diversidad y abundancia originales, particularmente en el corto y mediano plazo.
IA21	Fragmentación de la vegetación y efecto borde.	2	La apertura de caminos, plataformas y demás superficies desmontadas puede dividir parches de vegetación, reducir su continuidad e incrementar la proporción de vegetación expuesta a condiciones de borde. No asignaría intensidad alta sin un análisis espacial que demuestre pérdida sustancial de conectividad, aislamiento de parches o fragmentación de unidades de vegetación relevantes.	2	Aunque el desmonte se ejecuta dentro de la huella del Proyecto, el efecto borde se manifiesta sobre la vegetación adyacente que permanece fuera de la superficie directamente removida. Por ello, el efecto puede extenderse hacia el entorno inmediato de las obras y no debe considerarse estrictamente puntual.	3	La fragmentación permanece mientras existan caminos, plataformas, instalaciones, tepetateras y demás superficies que interrumpan la continuidad vegetal. Los efectos de borde pueden mantenerse durante toda la operación e incluso durante el post-cierre mientras no se restablezca funcionalmente la vegetación.	2	La fragmentación interactúa con la pérdida de cobertura, modificación microclimática, alteración del suelo, presencia humana y perturbación de fauna. El incremento de bordes puede modificar las condiciones ambientales de los remanentes y reforzar el deterioro de su funcionalidad ecológica.	3	La incorporación sucesiva de caminos, plataformas e instalaciones genera nuevos bordes y divisiones de los parches vegetales. Además, este proceso se adiciona a la fragmentación existente en la RE por caminos, actividades mineras y otros usos del territorio.	2	La fragmentación constituye un proceso relevante para la conservación de biodiversidad y conectividad ecológica. Sin evidencia de afectación a corredores críticos, vegetación excepcional o conflicto específico, no es posible asignar un valor alto.	2	La minimización del desmonte, aprovechamiento de caminos existentes, concentración de infraestructura, conservación de franjas vegetales y restauración permiten reducir la fragmentación. Sin embargo, mientras permanezca la infraestructura, no puede restablecerse completamente la continuidad original.
IA22	Retiro de individuos de especies en riesgo y endémicas debido a la remoción de la vegetación y posibles cambios en sus poblaciones.	2	El desmonte puede ocasionar el retiro directo de individuos de especies en riesgo y/o endémicas presentes en las superficies de intervención. No obstante, sin evidencia de que la remoción represente una proporción importante de sus poblaciones locales, comprometa su viabilidad o afecte especies de distribución muy restringida, no considero justificable asignar una intensidad alta.	1	La remoción directa de individuos ocurre dentro de las superficies sujetas a desmonte. Los posibles efectos poblacionales fuera de la huella dependerán de la representatividad y distribución de cada especie y no deben suponerse sin evidencia específica.	3	La pérdida de individuos es inmediata, mientras que la recuperación de las poblaciones puede requerir periodos prolongados debido a tasas de crecimiento, establecimiento, reproducción y reclutamiento. En especies de lento crecimiento, el efecto puede mantenerse durante gran parte de la vida útil del Proyecto.	2	La remoción de individuos puede interactuar con pérdida y fragmentación del hábitat, efectos de borde y alteración de las condiciones edáficas, reduciendo las condiciones disponibles para el establecimiento, supervivencia y reproducción de las poblaciones remanentes.	2	El retiro de individuos puede adicionarse entre distintas superficies desmontadas y a otras intervenciones existentes en la RE. Sin embargo, no asignaría A_3 sin demostrar que las mismas especies están siendo afectadas reiteradamente por diferentes obras/proyectos y que existe una reducción acumulativa relevante de sus poblaciones.	3	La afectación de especies bajo alguna categoría de riesgo y/o endémicas constituye un aspecto de especial relevancia para la conservación y está sujeto a atención regulatoria específica.	2	El rescate, reubicación, propagación, colecta de germoplasma, delimitación de áreas y seguimiento de supervivencia pueden reducir la pérdida de individuos. Sin embargo, estas medidas no garantizan supervivencia total ni restitución de las condiciones poblacionales originales.
IA23	Disminución de la capacidad de captura y almacenamiento de carbono y generación de oxígeno.	1	El desmonte elimina la biomasa vegetal y, consecuentemente, reduce la capacidad de fijación de CO_2 y producción primaria en las superficies intervenidas. Sin embargo, considerando que la afectación representa una fracción de la cobertura	1	La pérdida de capacidad de captura y almacenamiento está directamente asociada a las superficies donde se elimina la vegetación. Aunque el carbono tiene implicaciones globales, ello no significa que la extensión ambiental del impacto del	3	La disminución se mantiene mientras las superficies permanezcan sin cobertura vegetal u ocupadas por infraestructura. En áreas permanentes puede extenderse durante toda la vida útil del Proyecto y la	1	La disminución de captura de carbono está fundamentalmente determinada por la pérdida de biomasa. Puede relacionarse con degradación y fragmentación de vegetación, pero no existe evidencia de una potenciación	3	Cada superficie adicional desmontada representa una pérdida adicional de biomasa y de capacidad de captura/almacenamiento de carbono. Asimismo, en la RE existen otras actividades que generan pérdida y modificación de cobertura vegetal, por lo que	1	Aunque la captura de carbono constituye un servicio ecosistémico relevante, la reducción localizada asociada al desmonte del Proyecto no constituye, por sí misma, un aspecto de elevada controversia, salvo que se	2	La revegetación, restauración, reforestación y conservación de áreas no intervenidas pueden recuperar progresivamente parte de la capacidad de captura de carbono. Sin embargo, la recuperación de biomasa y carbono almacenado requiere tiempo y puede no

		Valor y justificación															
Clave	**Denominación del impacto**	**I**		**E**		**D**		**S**		**A**		**C**		**M**			
			vegetal disponible en la RE, no se prevé una modificación sustancial de esta función ecosistémica a escala regional.		Proyecto sea global o regional.		recuperación mediante restauración será gradual.		significativa que justifique una sinergia moderada o alta.		el efecto puede adicionarse espacialmente.		afecten ecosistemas con reservas de carbono particularmente relevantes.		alcanzar las condiciones originales durante la vida útil.
IA24	Riesgo de muerte o daño accidental o intencional de fauna terrestre.	2	Las actividades del Proyecto pueden ocasionar lesiones o mortalidad de individuos, principalmente durante desmonte, movimientos de tierras y circulación de vehículos. Sin embargo, la afectación esperada se limita a individuos expuestos y no existe evidencia de que comprometa poblaciones de fauna a escala del área de influencia o RE.	1	La mortalidad o daño directo ocurre principalmente dentro de los frentes de trabajo, caminos y superficies operativas del Proyecto. Aunque la fauna es móvil, el evento de afectación directa se concentra en los sitios donde interactúa con maquinaria, vehículos, excavaciones o personal.	3	El riesgo estará presente durante preparación, construcción y operación, particularmente por circulación vehicular y actividades operativas. Aunque cada evento es instantáneo, la presión sobre la fauna permanece de manera recurrente durante la vida útil del Proyecto.	2	La pérdida y fragmentación del hábitat, ruido, vibraciones y presencia humana pueden modificar los desplazamientos de fauna y aumentar su exposición a caminos, maquinaria u otras fuentes de riesgo. Existe, por tanto, interacción entre perturbación, movilidad y probabilidad de daño directo.	2	Diferentes actividades pueden ocasionar mortalidad o lesiones (desmonte, movimientos de tierra, tránsito, excavaciones y operación) y los eventos pueden repetirse durante la vida útil. No se asigna una acumulación alta sin evidencia de mortalidad recurrente elevada o presión significativa sobre las mismas poblaciones.	2	La muerte o daño de fauna es ambientalmente sensible, particularmente cuando puede involucrar especies protegidas. No se asigna un valor alto de forma general, ya que las especies de interés para conservación se evalúan específicamente en otro impacto.	3	El riesgo puede reducirse considerablemente mediante ahuyentamiento y rescate previo, límites de velocidad, capacitación, prohibición de captura/caza, inspección de frentes, revisión de excavaciones, señalización y protocolos de atención a fauna.
IA25	Modificación de la diversidad y abundancia de fauna presente a nivel de área de influencia del Proyecto.	2	Las actividades del Proyecto pueden ocasionar desplazamiento de individuos, reducción local de abundancia y cambios en la composición de la comunidad faunística. Sin embargo, mientras no se demuestre una disminución sustancial de riqueza o abundancia a escala del Área de Influencia, pérdida de poblaciones locales o afectación de especies clave, no se justifica intensidad alta.	2	La fauna presenta movilidad y puede responder a las perturbaciones desplazándose fuera de las superficies directamente intervenidas. El ruido, vibraciones, tránsito, fragmentación y presencia humana pueden modificar la distribución y uso del hábitat en áreas adyacentes, por lo que el efecto trasciende la huella física del Proyecto y puede manifestarse dentro del Área de Influencia.	3	Las fuentes de perturbación y modificación del hábitat estarán presentes durante gran parte de la vida útil del complejo minero. Aunque algunas especies pueden habituarse o recolonizar determinadas áreas, las modificaciones en abundancia y distribución pueden mantenerse mientras persistan las actividades e infraestructura.	2	Existe una interacción clara entre pérdida y fragmentación del hábitat, ruido, vibraciones, tránsito, presencia humana y mortalidad incidental. Su actuación conjunta puede modificar la distribución, desplazamiento y permanencia de especies en mayor medida que cada presión considerada aisladamente.	3	Diferentes actividades del Proyecto ejercen presiones concurrentes sobre las mismas comunidades faunísticas durante distintas etapas. Asimismo, las modificaciones pueden adicionarse a las perturbaciones existentes en la RE, particularmente caminos, actividades mineras y transformación agropecuaria del territorio.	2	La modificación de las comunidades de fauna constituye un aspecto relevante para la conservación de la biodiversidad. Sin embargo, las especies en riesgo, endémicas o de particular interés se valoran específicamente en otro impacto, por lo que no asignaría controversia alta de manera general.	2	El ahuyentamiento y rescate, control de velocidad, reducción de ruido, conservación de áreas no intervenidas, manejo de iluminación, pasos para fauna, restauración y restricciones al personal pueden reducir el impacto. Sin embargo, mientras permanezcan la pérdida de hábitat y las instalaciones, no es posible restituir completamente las condiciones originales para la comunidad faunística.
IA26	Restricción de la movilidad de la fauna silvestre debido a la construcción, la presencia de las estructuras y operación del Proyecto.	2	Las obras e instalaciones pueden modificar rutas habituales de desplazamiento y generar evitación de determinadas áreas, obligando a los individuos a utilizar rutas alternativas. Sin evidencia de bloqueo total de corredores relevantes o aislamiento de poblaciones, no se justifica una intensidad alta.	2	Aunque las barreras se localizan dentro de la huella del Proyecto, sus efectos sobre movilidad pueden manifestarse en áreas adyacentes, ya que los individuos pueden modificar sus rutas y patrones de uso del espacio dentro del Área de Influencia.	3	La restricción permanecerá mientras existan las estructuras, caminos, cercados y áreas operativas. Algunas barreras, particularmente tepetateras y depósitos de jales, pueden permanecer incluso después del cierre.	2	Las barreras físicas pueden interactuar con ruido, vibraciones, iluminación, tránsito y presencia humana. La combinación de barreras físicas y conductuales puede incrementar la evitación de determinadas áreas y modificar las rutas de desplazamiento.	3	La incorporación de caminos, instalaciones, tepetateras, depósitos de jales y otras estructuras genera progresivamente obstáculos y áreas de evitación. Estos efectos pueden sumarse a caminos y otras intervenciones existentes en la RE, reduciendo paulatinamente la permeabilidad del territorio para la fauna.	2	La conectividad y movilidad de fauna son aspectos relevantes para la conservación, especialmente cuando pueden involucrar corredores o especies sensibles. Sin evidencia de interrupción de un corredor crítico o conflicto específico, mantendría controversia moderada.	2	La permeabilidad puede favorecerse mediante pasos de fauna, diseño adecuado de cercados, conservación de corredores, reducción de velocidades, manejo de iluminación y restauración. Sin embargo, mientras permanezcan las principales instalaciones y superficies ocupadas, no puede recuperarse completamente la movilidad original.
IA27	Pérdida, modificación y degradación del hábitat de fauna silvestre.	3	En las superficies directamente desmontadas y ocupadas por infraestructura se produce la pérdida prácticamente total del hábitat terrestre preexistente, mientras que en áreas adyacentes pueden presentarse procesos de degradación por ruido, vibraciones, tránsito y presencia humana. Aunque ello no implica la pérdida del hábitat a escala de toda la RE,	2	La pérdida física se concentra en las superficies directamente intervenidas; sin embargo, la degradación funcional del hábitat puede extenderse a zonas adyacentes debido al efecto borde, ruido, vibraciones, iluminación, tránsito y presencia humana. Por ello, el impacto puede manifestarse dentro del Área de Influencia.	3	La pérdida y modificación del hábitat se mantiene mientras las superficies permanezcan ocupadas por infraestructura. Algunas áreas, particularmente tepetateras y depósitos de jales, pueden permanecer modificadas incluso después del cierre, mientras que la recuperación de las áreas restauradas será gradual.	2	La pérdida física de hábitat interactúa con fragmentación, efecto borde, ruido, vibraciones, iluminación y presencia humana, reduciendo conjuntamente la aptitud y funcionalidad de los espacios remanentes para diferentes especies.	3	La superficie de hábitat afectada aumenta conforme se incorporan caminos, plataformas, instalaciones, tepetateras, depósitos de jales y demás obras. Además, estas modificaciones se adicionan a la transformación existente del hábitat por otras actividades dentro de la RE.	2	La pérdida y degradación del hábitat constituye un aspecto relevante para la conservación de biodiversidad. Sin embargo, la afectación específica de hábitat crítico o de especies en riesgo se valora separadamente, por lo que mantendría una controversia moderada.	2	La minimización del desmonte, conservación de áreas no intervenidas, rescate de fauna, mantenimiento de conectividad, revegetación y restauración pueden reducir el impacto. No obstante, las superficies ocupadas permanentemente no mantienen su funcionalidad original y la recuperación del hábitat después del cierre requiere periodos prolongados.

		Valor y justificación															
Clave	**Denominación del impacto**	**I**		**E**		**D**		**S**		**A**		**C**		**M**	
			la transformación dentro de la huella es sustancial.												
IA28	Riesgo de muerte o daño accidental o intencional de individuos de especies en riesgo o endémicas.	2	Las actividades del Proyecto pueden ocasionar lesiones o mortalidad de individuos de especies en riesgo o endémicas mediante atropellamiento, atrapamiento, operación de maquinaria o acciones intencionales. Aunque la pérdida de un individuo es irreversible, no se cuenta con elementos para determinar que los eventos potenciales comprometan la viabilidad de las poblaciones presentes en el AI o la RE; por ello no se asigna intensidad alta.	1	Los eventos de lesión o mortalidad se producirían principalmente en frentes de trabajo, caminos, excavaciones y áreas operativas donde exista interacción directa entre fauna y actividades del Proyecto. La movilidad de la fauna no implica que el evento de mortalidad tenga una extensión espacial amplia.	3	Aunque cada evento de lesión o mortalidad es puntual e inmediato, el riesgo permanecerá de manera recurrente durante las etapas en las que exista tránsito, maquinaria, instalaciones y presencia de personal, incluyendo gran parte de la vida operativa del complejo.	2	La pérdida y fragmentación del hábitat, ruido, vibraciones y presencia humana pueden inducir desplazamientos y modificar las rutas de fauna, incrementando su exposición a caminos, vehículos, maquinaria y otras fuentes de mortalidad.	2	Los eventos de mortalidad o lesión pueden repetirse durante la vida útil y adicionarse sobre las poblaciones de las especies afectadas. Sin embargo, no se considera acumulación alta mientras no exista evidencia de mortalidad recurrente significativa o de otras presiones que estén reduciendo sustancialmente las mismas poblaciones en la RE.	3	La afectación de individuos de especies bajo alguna categoría de riesgo o endémicas presenta especial relevancia para la conservación y atención regulatoria. Por ello, su sensibilidad es mayor que la correspondiente a la fauna general.	3	La probabilidad de mortalidad puede reducirse considerablemente mediante ahuyentamiento y rescate previo, inspección de frentes, límites de velocidad, señalización, manejo de excavaciones, capacitación y prohibición expresa de captura, caza o daño a fauna.
IA29	Reducción de la conectividad y funcionalidad causada por la fragmentación de la vegetación forestal.	2	La fragmentación ocasionada por el desmonte y ocupación del territorio puede reducir la continuidad entre parches de vegetación y disminuir la permeabilidad del paisaje. No se considera intensidad alta mientras no se demuestre la interrupción de corredores críticos, aislamiento significativo de parches o pérdida sustancial de conectividad funcional.	2	Aunque las superficies que generan la fragmentación se encuentran dentro del Área del Proyecto, la reducción de conectividad se manifiesta entre parches y áreas de hábitat que pueden localizarse dentro del Área de Influencia. Por ello, el efecto trasciende la huella física de las obras.	3	La reducción de conectividad se mantendrá mientras permanezcan las obras que fragmentan el territorio. Caminos, tepetateras y depósitos de jales pueden conservarse incluso después del cierre, por lo que algunos efectos pueden ser de muy largo plazo o permanentes.	2	La pérdida de cobertura, fragmentación, efecto borde, presencia de infraestructura y perturbaciones operativas pueden actuar conjuntamente disminuyendo la permeabilidad funcional del territorio. Una discontinuidad física puede adquirir mayor efecto de barrera cuando se combina con tránsito, ruido, iluminación o presencia humana.	3	La incorporación sucesiva de caminos, plataformas, instalaciones, tepetateras y depósitos de jales incrementa progresivamente la discontinuidad entre parches. El efecto puede adicionarse a la fragmentación existente por otras obras y actividades dentro de la RE.	2	La conectividad constituye un atributo relevante para la conservación de biodiversidad y funcionamiento ecológico del paisaje. Sin evidencia de afectación a un corredor biológico crítico o reconocido, mantendría una controversia moderada.	2	La concentración de infraestructura, conservación de franjas vegetales, pasos de fauna, mantenimiento de corredores y restauración pueden conservar o recuperar parcialmente la conectividad. Sin embargo, mientras permanezcan las principales barreras físicas, la condición original no puede restituirse completamente.
IA30	Alteración de la sanidad de la fauna silvestre.	1	Las actividades del Proyecto pueden generar condiciones que indirectamente modifiquen el estado sanitario de algunos individuos; sin embargo, bajo condiciones normales de operación y manejo ambiental no se prevé una alteración generalizada de la salud de las poblaciones silvestres. No existe fundamento para asumir incremento significativo de enfermedades, parasitosis o mortalidad asociada a deterioro sanitario.	2	Debido a la movilidad de la fauna, los individuos potencialmente expuestos pueden desplazarse entre las instalaciones y áreas naturales circundantes. Asimismo, algunos mecanismos sanitarios, particularmente enfermedades o interacción con fauna doméstica, pueden trascender el punto donde se origina la exposición.	3	Las condiciones que pueden favorecer alteraciones sanitarias (presencia humana, residuos, perturbación, instalaciones y posibles fuentes de atracción) estarán presentes durante la vida operativa del complejo, aunque la exposición de cada individuo sea temporal o intermitente.	2	El estrés derivado de ruido, vibraciones, pérdida de hábitat y desplazamiento puede interactuar con cambios en disponibilidad de recursos y exposición a contaminantes o agentes biológicos, aumentando potencialmente la susceptibilidad de determinados individuos.	2	Diferentes actividades pueden generar presiones sobre el estado sanitario de la fauna y éstas pueden presentarse recurrentemente durante la operación. Sin embargo, no existe evidencia para considerar una afectación sanitaria progresiva y generalizada sobre las poblaciones, por lo que un valor alto resultaría excesivo.	2	La sanidad de fauna es relevante para la conservación y puede adquirir importancia cuando existe riesgo de enfermedades transmisibles o exposición a contaminantes. Sin evidencia de una problemática sanitaria específica en la RE, no es posible asignar una controversia alta.	3	La mayoría de las rutas de exposición pueden prevenirse mediante manejo adecuado de residuos, prohibición de alimentar fauna, control de fauna doméstica, limpieza de instalaciones, almacenamiento cerrado de residuos orgánicos, manejo de sustancias y protocolos para ejemplares enfermos o lesionados.
IA31	Modificación del paisaje por la inserción de los componentes del Proyecto y las alteraciones por la operación.	3	La incorporación de infraestructura industrial, caminos, instalaciones de proceso, tepetateras y depósitos de jales introduce elementos antrópicos de dimensiones, geometrías, texturas y características visuales diferentes de las predominantes en el entorno. Las modificaciones del relieve y pérdida de vegetación incrementan el contraste	2	Aunque las obras se concentran dentro del Área del Proyecto, su percepción visual puede trascender la huella física y alcanzar distintos puntos del Área de Influencia, particularmente en el caso de estructuras elevadas, tepetateras y depósitos de jales. Sin un análisis de cuenca visual que demuestre visibilidad a escala regional, no es posible	3	La modificación paisajística permanecerá durante toda la vida útil del complejo. Algunas estructuras podrán retirarse al cierre, pero las modificaciones geomorfológicas asociadas a tepetateras y depósitos de jales pueden permanecer después del abandono, aun cuando sean estabilizadas y revegetadas.	2	El cambio paisajístico resulta de la interacción entre pérdida de vegetación, modificación del relieve, presencia de infraestructura, generación de superficies contrastantes y actividad operativa. La combinación de estos elementos incrementa el contraste y transformación visual del entorno.	3	La modificación visual aumenta conforme se incorporan sucesivamente caminos, instalaciones, plantas de proceso, tepetateras, depósitos de jales y demás componentes. Además, puede adicionarse a la transformación paisajística existente derivada de otras actividades mineras e infraestructura presente en la RE.	2	La modificación del paisaje puede ser percibida por población, usuarios de caminos y otros observadores y constituye un aspecto ambiental susceptible de valoración social. Sin evidencia de afectación a paisajes excepcionales, sitios escénicos, turísticos o de elevada valoración social,	1	Las medidas de integración paisajística, revegetación, rehabilitación y manejo de formas y taludes pueden disminuir el contraste visual, pero no eliminan la transformación mientras permanezcan las instalaciones ni restituyen completamente la configuración original cuando permanecen tepetateras y depósitos de jales.

		Valor y justificación															
Clave	**Denominación del impacto**	**I**		**E**		**D**		**S**		**A**		**C**		**M**			
			visual, por lo que la transformación dentro del ámbito perceptible puede ser sustancial.		considerar una extensión regional.								no asignaría controversia alta.				
IA32	Posible afectación a la salud por la generación de polvo y ruido durante la construcción y operación del Proyecto.	1	Las actividades de construcción y operación generan polvo y ruido que, bajo determinadas condiciones de dispersión y proximidad, podrían ocasionar molestias o afectaciones a receptores humanos. Sin embargo, sin evidencia de exposición relevante de población, rebasamientos normativos o niveles capaces de producir efectos adversos a la salud, la intensidad debe mantenerse baja.	2	El polvo y el ruido pueden propagarse fuera de los puntos de generación y alcanzar áreas próximas al Proyecto. Su incidencia disminuye con la distancia y depende de las condiciones meteorológicas, topografía y ubicación de receptores, por lo que no se prevé una afectación regional.	3	Aunque la exposición puede ser intermitente, existirán fuentes de ruido y emisiones atmosféricas durante la construcción y, especialmente, durante la operación del complejo minero, por lo que la presión potencial puede mantenerse durante más de 10 años.	2	La exposición simultánea a ruido, partículas y otras emisiones atmosféricas puede incrementar las molestias y presión ambiental sobre receptores humanos. No obstante, no existe evidencia para considerar una interacción fuerte.	2	Diferentes actividades generan polvo y ruido de forma recurrente (tránsito, acarreo, trituración, molienda, maquinaria, manejo de materiales y tepetateras), por lo que puede existir exposición repetida. Sin embargo, la existencia de múltiples fuentes no implica necesariamente una afectación acumulativa significativa sobre la salud.	3	Los impactos relacionados con salud humana presentan elevada sensibilidad social y regulatoria, particularmente cuando las emisiones pueden alcanzar viviendas o localidades.	3	El impacto puede reducirse considerablemente mediante control de polvo, riego de caminos, límites de velocidad, mantenimiento de maquinaria, encapsulamiento de fuentes, control acústico, horarios de operación y monitoreo en receptores sensibles.
IA33	Incremento temporal de trabajadores foráneos.	2	La contratación de personal no disponible localmente puede generar un incremento temporal de población flotante en las localidades próximas al Proyecto. La magnitud dependerá del número de trabajadores foráneos respecto de la población residente y de su modalidad de alojamiento.	2	El efecto puede manifestarse principalmente en las localidades próximas que concentren alojamiento, alimentación, transporte, comercio y otros servicios utilizados por los trabajadores, por lo que trasciende la huella física del Proyecto, pero permanece dentro de su ámbito de influencia social.	2	El mayor incremento de trabajadores foráneos se asocia normalmente con la construcción y disminuye al concluir las obras y estabilizarse la plantilla operativa. Por ello, aun cuando el Proyecto tenga una vida útil prolongada, el máximo flujo poblacional no necesariamente permanece durante toda la operación.	1	La llegada de trabajadores puede relacionarse con demanda de alojamiento, servicios, movilidad y modificaciones en las relaciones comunitarias, pero estas relaciones corresponden principalmente a consecuencias derivadas del incremento poblacional y no demuestran por sí mismas una potenciación sinérgica.	2	La presencia simultánea de otros proyectos o actividades económicas que demanden trabajadores externos podría incrementar conjuntamente la población flotante y la presión sobre las localidades receptoras. Sin evidencia de una concurrencia importante de proyectos, no es posible asignar una acumulación alta.	2	La llegada de trabajadores externos puede generar percepción social y preocupación respecto de empleo local, servicios, seguridad o convivencia. Sin evidencia de conflicto social documentado o rechazo significativo se mantiene una controversia moderada.	3	El efecto puede gestionarse mediante priorización de contratación local, planificación del alojamiento y transporte, códigos de conducta, inducción al personal, mecanismos de atención de quejas, coordinación con autoridades y seguimiento de la relación entre trabajadores y comunidades.
IA36	Incremento de la presión sobre la infraestructura vial y modificación de las condiciones de tránsito.	2	El tránsito adicional de vehículos ligeros y pesados puede incrementar la demanda sobre las vialidades utilizadas, acelerar su desgaste y modificar las condiciones habituales de circulación. Sin información que demuestre saturación de la capacidad vial, deterioro severo o incremento sustancial respecto del tránsito existente, no se justifica intensidad alta.	2	El impacto no se restringe al Área del Proyecto, sino que se manifiesta a lo largo de las rutas utilizadas para el traslado de personal, insumos, materiales y residuos, particularmente en los caminos y vialidades que comunican al Proyecto con las localidades y vías regionales.	3	Aunque la mayor demanda puede presentarse durante la construcción, el transporte de personal, insumos, materiales, residuos y productos continuará durante la etapa operativa, por lo que la presión sobre determinadas vialidades puede mantenerse durante la vida útil del Proyecto.	1	El incremento del tránsito puede relacionarse con ruido, emisiones atmosféricas, riesgo de accidentes y molestias a la población; sin embargo, estos corresponden principalmente a impactos paralelos o consecuencias del tránsito y no necesariamente a una potenciación del deterioro vial.	3	El tránsito generado por diferentes actividades del Proyecto se incorpora repetidamente a las mismas vialidades y puede adicionarse al flujo vehicular existente y al generado por otras actividades mineras, productivas y poblacionales de la región. El desgaste físico de la infraestructura vial presenta además un mecanismo acumulativo directo por el paso reiterado de vehículos, particularmente de carga.	2	El incremento de tránsito pesado, deterioro de caminos, tiempos de traslado y posibles interferencias con la circulación local pueden generar preocupación entre los usuarios y comunidades próximas. Sin evidencia de conflicto vial o social significativo, se mantiene una controversia moderada.	3	El impacto puede reducirse considerablemente mediante definición de rutas, horarios de circulación, límites de velocidad, señalización, mantenimiento preventivo y correctivo de caminos, control de cargas, coordinación de movimientos de vehículos pesados y reparación de afectaciones atribuibles al Proyecto.

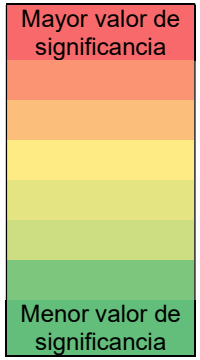
De acuerdo con los valores asignados a los criterios, en la siguiente tabla se presenta la matriz de valoración de los impactos ambientales, retomando solo los impactos negativos identificados, con base en dichos valores se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de las fórmulas antes descritas para la estimación de la significancia de los impactos sin medidas y con medidas. La memoria de cálculo de esta valoración se presenta en el anexo 14.

Tabla 11. Matriz de valoración de impactos.

Clave	Denominación del impacto	Signo	I	E	D	S	A	C	IB	IC	1-IC	II	Significancia sin medidas	M	IM	Significancia con medidas
IA01	Modificación de las variables de temperatura y humedad del suelo debido al desmonte, despalme y compactación.	-	2	1	3	2	2	1	0.67	0.56	0.44	0.84	MMS	2	0.28	PS
IA02	Emisión de partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$)	-	2	2	3	2	3	2	0.78	0.78	0.22	0.95	MMS	3	0.00	NS
IA03	Modificación de la calidad del aire por la presencia de gases y partículas generadas por los motores de combustión interna de maquinaria y vehículos.	-	1	2	3	2	3	2	0.67	0.78	0.22	0.91	MMS	2	0.30	PS
IA04	Generación de ruido por la operación de maquinaria y equipos.	-	2	1	3	1	3	2	0.67	0.67	0.33	0.87	MMS	3	0.00	NS
IA05	Incremento de vibraciones en el terreno	-	2	2	3	1	2	2	0.78	0.56	0.44	0.89	MMS	3	0.00	NS
IA06	Alteración de la estructura y propiedades físicas del suelo	-	3	2	3	2	3	1	0.89	0.67	0.33	0.96	MMS	2	0.32	PS
IA07	Modificación de características físicas del suelo debido a la compactación y sellamiento de algunas áreas.	-	3	1	3	2	3	1	0.78	0.67	0.33	0.92	MMS	2	0.31	PS
IA08	Contaminación del suelo por residuos sólidos y/o líquidos.	-	2	1	2	2	2	2	0.56	0.67	0.33	0.82	MMS	3	0.00	NS
IA09	Incremento de los procesos de erosión hídrica y eólica.	-	2	2	3	2	3	1	0.78	0.67	0.33	0.92	MMS	3	0.00	NS
IA10	Pérdida o disminución de la disponibilidad del recurso suelo	-	3	1	3	2	3	2	0.78	0.78	0.22	0.95	MMS	2	0.32	PS
IA11	Modificación del relieve y configuración geomorfológica, especialmente por tepetateras y depósitos de jales.	-	3	1	3	2	3	2	0.78	0.78	0.22	0.95	MMS	1	0.63	S
IA12	Riesgo de arrastre de sedimentos a corrientes de agua durante el movimiento de tierras.	-	2	2	2	2	3	2	0.67	0.78	0.22	0.91	MMS	3	0.00	NS
IA13	Riesgo de contaminación de corrientes de agua y humedales por incorrecta disposición de residuos.	-	2	2	2	1	2	3	0.67	0.67	0.33	0.87	MMS	3	0.00	NS
IA14	Alteración de los patrones de drenaje superficial	-	2	2	3	2	3	2	0.78	0.78	0.22	0.95	MMS	3	0.00	NS

Clave	Denominación del impacto	Signo	I	E	D	S	A	C	IB	IC	1-IC	II	Significancia sin medidas	M	IM	Significancia con medidas
IA15	Modificación del coeficiente de escurrimiento debido a modificaciones en la superficie terrestre.	-	2	2	3	2	3	2	0.78	0.78	0.22	0.95	MMS	3	0.00	NS
IA16	Disminución en la recarga de acuíferos por modificaciones en la superficie terrestre.	-	2	1	3	2	3	2	0.67	0.78	0.22	0.91	MMS	2	0.30	PS
IA17	Modificación de niveles piezométricos, gradientes, direcciones de flujo y/o conectividad hidráulica del sistema hidrogeológico.	-	2	2	3	2	2	3	0.78	0.78	0.22	0.95	MMS	1	0.63	S
IA18	Riesgo de contaminación por la disposición inadecuada de agentes contaminantes que lixivian a las aguas subterráneas.	-	2	2	3	1	2	3	0.78	0.67	0.33	0.92	MMS	2	0.31	PS
IA19	Reducción de la cobertura vegetal por desmonte.	-	3	1	3	2	3	2	0.78	0.78	0.22	0.95	MMS	2	0.32	PS
IA20	Modificación de la abundancia y diversidad de flora.	-	2	1	3	2	3	2	0.67	0.78	0.22	0.91	MMS	2	0.30	PS
IA21	Fragmentación de la vegetación y efecto borde.	-	2	2	3	2	3	2	0.78	0.78	0.22	0.95	MMS	2	0.32	PS
IA22	Retiro de individuos de especies en riesgo y endémicas debido a la remoción de la vegetación y posibles cambios en sus poblaciones.	-	2	1	3	2	2	3	0.67	0.78	0.22	0.91	MMS	2	0.30	PS
IA23	Disminución de la capacidad de captura y almacenamiento de carbono y generación de oxígeno.	-	1	1	3	1	3	1	0.56	0.56	0.44	0.77	S	2	0.26	PS
IA24	Riesgo de muerte o daño accidental o intencional de fauna terrestre.	-	2	1	3	2	2	2	0.67	0.67	0.33	0.87	MMS	3	0.00	NS
IA25	Modificación de la diversidad y abundancia de fauna presente a nivel de área de influencia del Proyecto.	-	2	2	3	2	3	2	0.78	0.78	0.22	0.95	MMS	2	0.32	PS
IA26	Restricción de la movilidad de la fauna silvestre debido a la construcción, la presencia de las estructuras y operación del Proyecto.	-	2	2	3	2	3	2	0.78	0.78	0.22	0.95	MMS	2	0.32	PS
IA27	Pérdida, modificación y degradación del hábitat de fauna silvestre.	-	3	2	3	2	3	2	0.89	0.78	0.22	0.97	MMS	2	0.32	PS
IA28	Riesgo de muerte o daño accidental o intencional de individuos de especies en riesgo o endémicas.	-	2	1	3	2	2	3	0.67	0.78	0.22	0.91	MMS	3	0.00	NS

Clave	Denominación del impacto	Signo	I	E	D	S	A	C	IB	IC	1-IC	II	Significancia sin medidas	M	IM	Significancia con medidas
IA29	Reducción de la conectividad y funcionalidad causada por la fragmentación de la vegetación forestal.	-	2	2	3	2	3	2	0.78	0.78	0.22	0.95	MMS	2	0.32	PS
IA30	Alteración de la sanidad de la fauna silvestre.	-	1	2	3	2	2	2	0.67	0.67	0.33	0.87	MMS	3	0.00	NS
IA31	Modificación del paisaje por la inserción de los componentes del Proyecto y las alteraciones por la operación.	-	3	2	3	2	3	2	0.89	0.78	0.22	0.97	MMS	1	0.65	S
IA32	Posible afectación a la salud por la generación de polvo y ruido durante la construcción y operación del Proyecto.	-	1	2	3	2	2	3	0.67	0.78	0.22	0.91	MMS	3	0.00	NS
IA33	Incremento temporal de trabajadores foráneos.	-	2	2	2	1	2	2	0.67	0.56	0.44	0.84	MMS	3	0.00	NS
IA36	Incremento de la presión sobre la infraestructura vial y modificación de las condiciones de tránsito.	-	2	2	**3**	1	3	2	0.78	0.67	0.33	0.92	MMS	3	0.00	NS



Como resultado de la valoración de los impactos ambientales, sin la implementación de medidas se identificó un impacto “significativos” y 33 impactos “muy significativos”.

Sin embargo, también se observa que con la implementación de las medidas de prevención o mitigación descritas en más adelante del presente capítulo de esta MIA-R la mayoría de los impactos negativos cambian su significancia a una menor categoría, de esta manera finalmente se tendrán 15 impactos no significativos, 16 poco significativos y tres como significativos; estos últimos referentes al relieve, régimen hidrogeológico y paisaje; para los cuales se establecerán medidas de compensación a nivel de la RE, las cuales se describen más adelante del presente capítulo.

Tabla 12. Cantidad de impactos por categoría de significancia.

Significancia		Sin medidas	Con medidas
NS	No significativo	0	15
PS	Poco significativo	0	16
MS	Moderadamente significativo	0	0
S	Significativo	1	3
MMS	Muy significativo	33	0
	Total	34	34

Anexo

En el Anexo 14 se presenta la memoria de cálculo de la valoración de los impactos identificados, así como la justificación de los valores asignados a los criterios.

IV.2.3. Impactos sinérgicos

De acuerdo con el artículo 3 fracción VIII del Reglamento de la LGEEPA un impacto ambiental sinérgico es “*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*”.

La identificación de impactos sinérgicos se realizó mediante el análisis de interacciones funcionales entre impactos primarios contenidos en la matriz de identificación de impactos del proyecto. Para determinar la existencia y nivel de sinergia se consideraron los siguientes criterios:

1. Coincidencia espacial entre impactos.
2. Coincidencia temporal.
3. Dependencia funcional o ecológica.
4. Capacidad de amplificación del deterioro ambiental.
5. Persistencia inducida por la interacción.

Para la valoración de la sinergia se utilizó la siguiente escala.

Tabla 13. Valoración de sinergia.

Nivel	Criterio
Nula	No existen interacciones identificables entre impactos
Ligera	El efecto combinado es ligeramente superior al efecto individual
Media	El efecto combinado incrementa claramente el deterioro ambiental sin duplicar los efectos individuales
Alta	La interacción duplica o amplifica significativamente los efectos individuales

Se identificaron seis sistemas principales de interacción sinérgica, los cuales se describen a continuación.

1. **Suelo – escurrimiento – erosión – sedimentación**

Los impactos que interactúan son:

IA19 Reducción de la cobertura vegetal por desmonte.

IA06 Alteración de la estructura y propiedades físicas del suelo

IA07 Modificación de características físicas del suelo debido a la compactación y sellamiento de algunas áreas.

IA09 Incremento de los procesos de erosión hídrica y eólica.

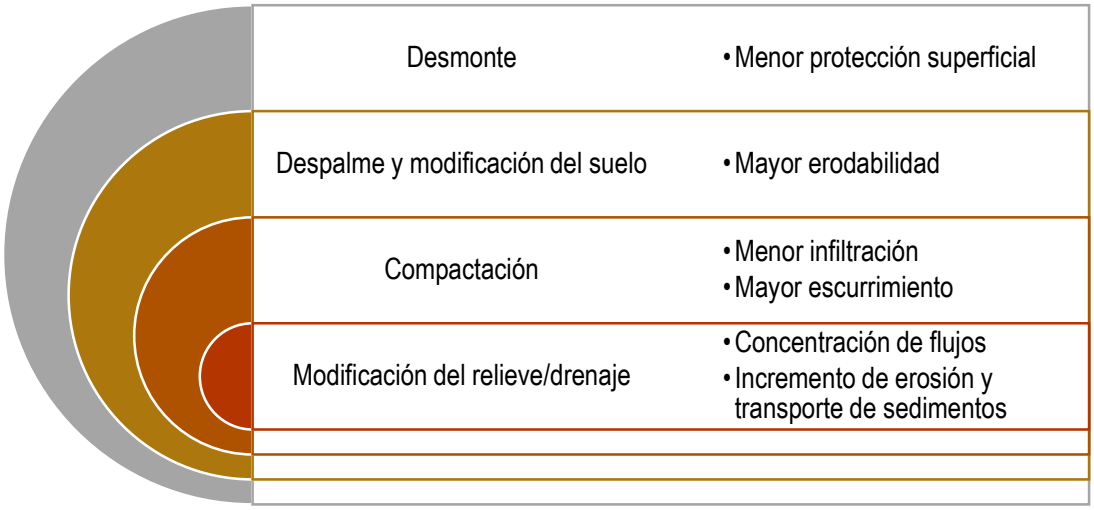
IA11 Modificación del relieve y configuración geomorfológica, especialmente por tepetateras y depósitos de jales.

IA14 Alteración de los patrones de drenaje superficial

IA15 Modificación del coeficiente de escurrimiento debido a modificaciones en la superficie terrestre.

IA12 Riesgo de arrastre de sedimentos a corrientes de agua durante el movimiento de tierras.

El mecanismo sinérgico es:



En este grupo se identifica una amplificación funcional: la compactación no solo afecta al suelo; al reducir infiltración incrementa escorrentía, que actúa sobre un suelo previamente desprotegido y susceptible a erosión.

Sinergia: MEDIA

La interacción incrementa claramente el deterioro, pero no hay elementos suficientes para afirmar que duplique o amplifique extraordinariamente los efectos individuales.

Interacción con la RE:

Esta sinergia se refuerza si en la RE ya existen:

- Caminos y brechas;
- Superficies desmontadas;
- Actividades agropecuarias;
- Áreas mineras;
- Erosión preexistente;
- Alteraciones del drenaje;
- Aportes de sedimentos.

Por tanto:

La implementación del Proyecto, aunado a las perturbaciones y presiones existentes en la RE originan un incremento de superficies generadoras de escorrentías y sedimentos, lo que ocasiona una mayor presión sobre cauces y zonas de acumulación.

Sinergia Proyecto–RE: Media.

2. Suelo – infiltración – recarga – régimen hidrogeológico

Los impactos que interactúan son:

IA07 Modificación de características físicas del suelo debido a la compactación y sellamiento de algunas áreas.

IA11 Modificación del relieve y configuración geomorfológica, especialmente por tepetateras y depósitos de jales.

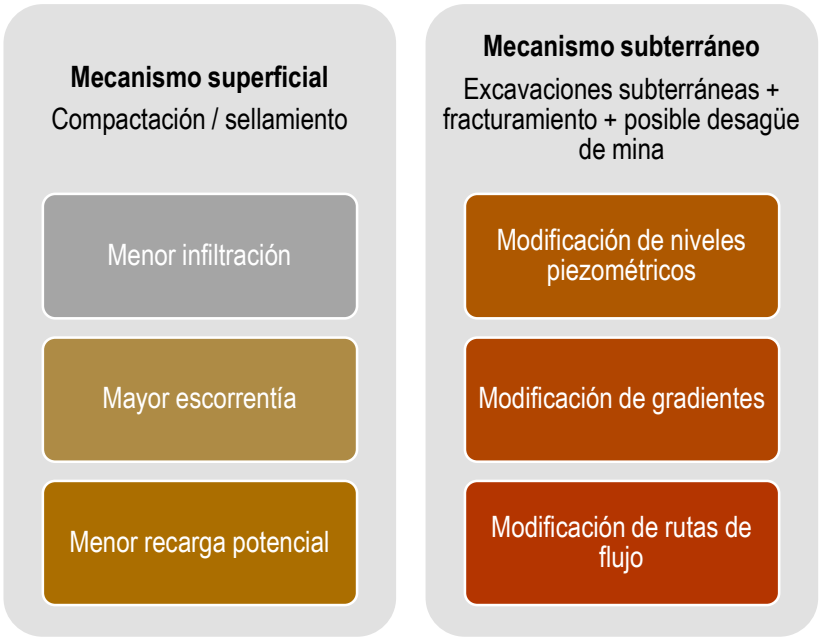
IA14 Alteración de los patrones de drenaje superficial

IA15 Modificación del coeficiente de escurrimiento debido a modificaciones en la superficie terrestre.

IA16 Disminución en la recarga de acuíferos por modificaciones en la superficie terrestre.

IA17 Modificación de niveles piezométricos, gradientes, direcciones de flujo y/o conectividad hidráulica del sistema hidrogeológico.

En esta interacción se diferenciaron dos mecanismos:



Si ambos ocurren sobre un mismo sistema hidrogeológico, se podría tener una menor entrada de agua, más la modificación de las condiciones internas de circulación, lo que ocasionaría una mayor alteración funcional del sistema hidrogeológico.

Sinergia: MEDIA

Considerando que existe una dependencia clara entre infiltración, recarga y régimen hidrogeológico.

Para determinar las interacciones con la RE, se consideró la presencia de aprovechamientos de agua subterránea, minas, pozos y superficies impermeabilizadas, con lo cual se tiene una reducción de recarga del Proyecto más la extracción e intercepción del Proyecto, más las presiones hidrogeológicas existentes, con lo cual se tiene una mayor presión sobre el sistema.

3. Contaminación de suelo – agua superficial – agua subterránea

Los impactos involucrados son:

IA08 Contaminación del suelo por residuos sólidos y/o líquidos.

IA13 Riesgo de contaminación de corrientes de agua por incorrecta disposición de residuos.

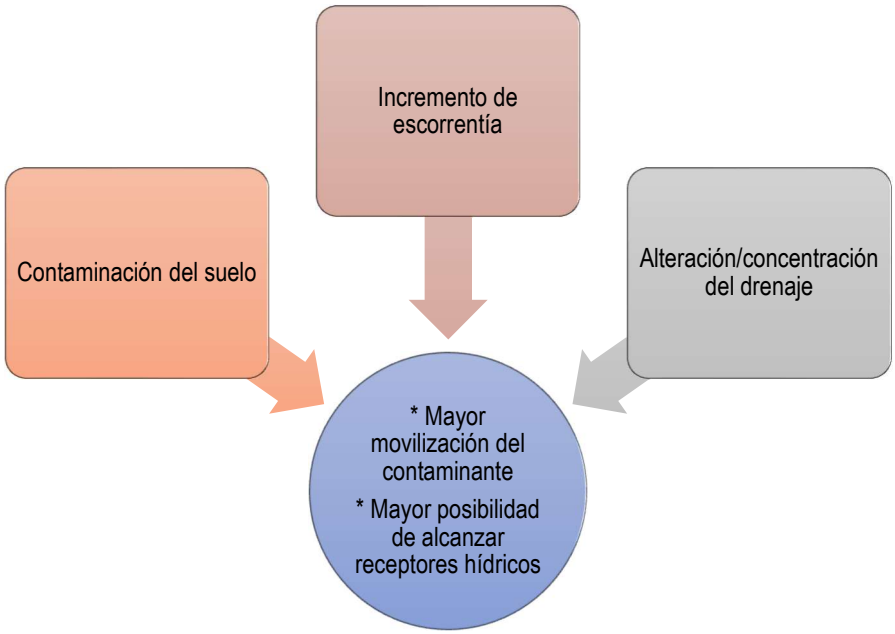
IA14 Alteración de los patrones de drenaje superficial

IA15 Modificación del coeficiente de escurrimiento debido a modificaciones en la superficie terrestre.

IA18 Riesgo de contaminación por la disposición inadecuada de agentes contaminantes que lixivian a las aguas subterráneas.

En este caso se puede confundir rutas de transporte con sinergia; por ejemplo, un derrame que se infiltra y alcanza el agua subterránea es una cadena causal, no necesariamente una interacción sinérgica.

La sinergia existe cuando:



Sinergia: LIGERA

Aunque puede alcanzar un valor MEDIO en zonas donde exista coincidencia espacial entre:

- Almacenamiento/manejo de sustancias;
- Superficies susceptibles de contaminación;
- Drenajes;
- Cauces/cuerpos de agua;
- Zonas de alta permeabilidad o fracturamiento.

A nivel de la RE lo que se identifica es acumulación, más que sinergia; no obstante, puede existir una sinergia si se obtiene evidencia de la interacción entre contaminantes o modificaciones hidrológicas incrementa su movilidad, toxicidad o biodisponibilidad.

4. Vegetación – fragmentación – conectividad – hábitat

Éste es uno de los sistemas sinérgicos más sólidos del Proyecto. Los impactos involucrados son:

IA19 Reducción de la cobertura vegetal por desmonte.

IA20 Modificación de la abundancia y diversidad de flora.

IA21 Fragmentación de la vegetación y efecto borde.

IA22 Retiro de individuos de especies en riesgo y endémicas debido a la remoción de la vegetación y posibles cambios en sus poblaciones.

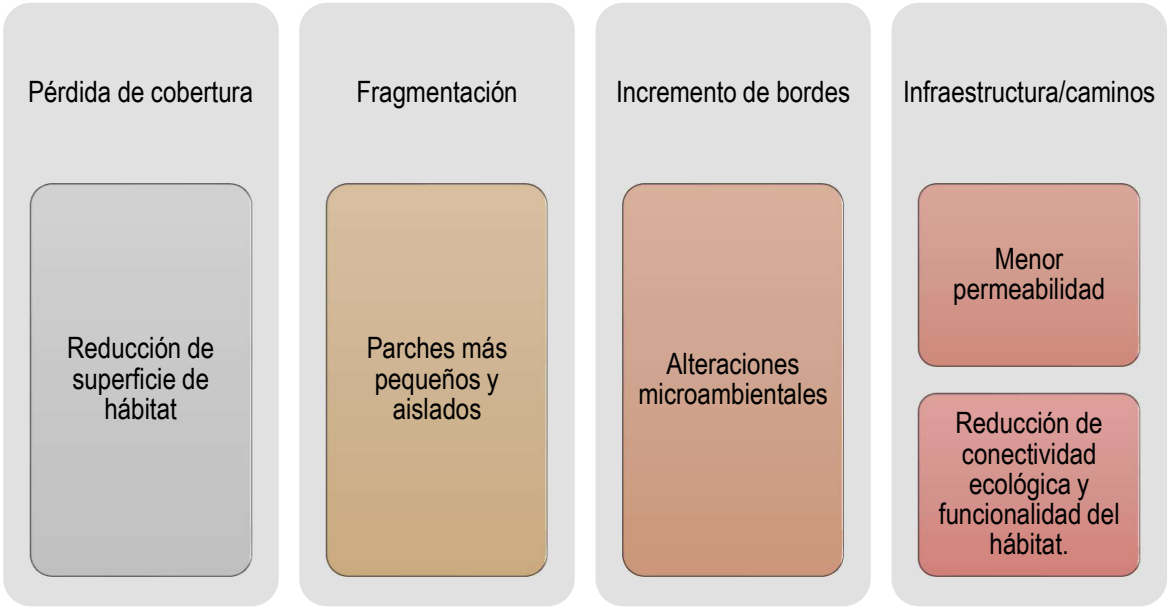
IA23 Disminución de la capacidad de captura y almacenamiento de carbono y generación de oxígeno.

IA26 Restricción de la movilidad de la fauna silvestre debido a la construcción, la presencia de las estructuras y operación del Proyecto.

IA27 Pérdida, modificación y degradación del hábitat de fauna silvestre.

IA29 Reducción de la conectividad y funcionalidad causada por la fragmentación de la vegetación forestal.

El mecanismo considerado fue:



Aquí el efecto combinado es claramente superior a la suma conceptual de “hectáreas desmontadas”.

Sinergia: MEDIA

Podría alcanzar a ser ALTA solo si mediante un análisis espacial se demuestra:

- Seccionamiento de corredores relevantes;
- Aislamiento de parches;
- Pérdida de conexiones únicas;
- Incremento muy significativo del efecto borde;
- Afectación de hábitat crítico.

Interacción con la RE:

Este sistema cobra importancia de la interacción Proyecto-RE. Considerando que la RE presenta una fragmentación por caminos, brechas, minería, agricultura, asentamientos e infraestructura, el Proyecto no actúa sobre un paisaje intacto, sino sobre un mosaico ya fragmentado.

La secuencia considerada es fragmentación existente + nuevas discontinuidades del Proyecto → reducción adicional de tamaño/conectividad de parches → menor funcionalidad ecológica.

5. Fragmentación – movilidad – mortalidad – diversidad de fauna

Probablemente sea la sinergia biótica más importante. Los impactos considerados son:

IA04 Generación de ruido por la operación de maquinaria y equipos.

IA05 Incremento de vibraciones en el terreno

IA24 Riesgo de muerte o daño accidental o intencional de fauna terrestre.

IA25 Modificación de la diversidad y abundancia de fauna presente a nivel de área de influencia del Proyecto.

IA26 Restricción de la movilidad de la fauna silvestre debido a la construcción, la presencia de las estructuras y operación del Proyecto.

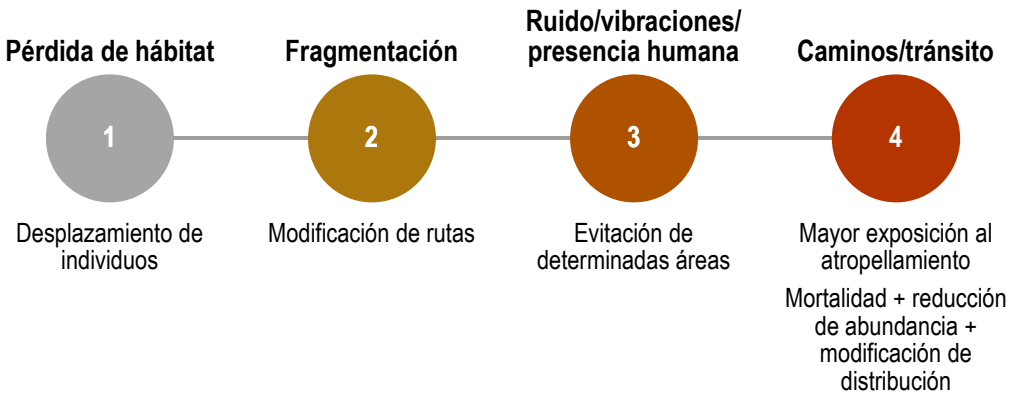
IA27 Pérdida, modificación y degradación del hábitat de fauna silvestre.

IA28 Riesgo de muerte o daño accidental o intencional de individuos de especies en riesgo o endémicas.

IA29 Reducción de la conectividad y funcionalidad causada por la fragmentación de la vegetación forestal.

IA31 Modificación del paisaje por la inserción de los componentes del Proyecto y las alteraciones por la operación.

Aquí si existe una interacción funcional muy clara:



En este caso, estas interacciones cumplen con todos los criterios:

Criterio	Cumple
Coincidencia espacial	Si
Coincidencia temporal	Si
Dependencia funcional	Si
Amplificación ecológica	Si
Persistencia inducida	Si

Sinergia: MEDIA

Para considerar una sinergia alta será necesario demostrar que la interacción genera un incremento extraordinario de mortalidad, aislamiento o pérdida poblacional.

6. Ruido – vibraciones – pérdida de hábitat – perturbación de fauna

Los impactos involucrados son:

IA04 Generación de ruido por la operación de maquinaria y equipos.

IA05 Incremento de vibraciones en el terreno

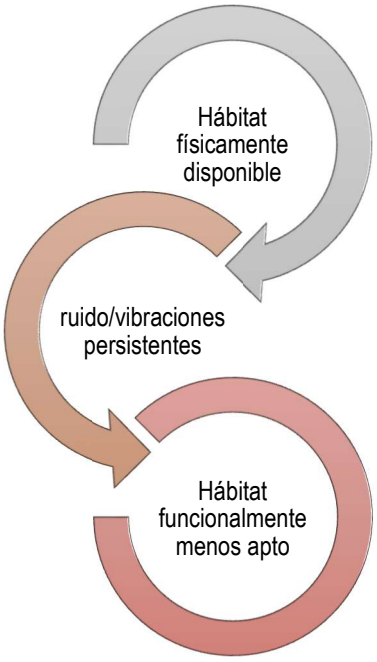
IA25 Modificación de la diversidad y abundancia de fauna presente a nivel de área de influencia del Proyecto.

IA26 Restricción de la movilidad de la fauna silvestre debido a la construcción, la presencia de las estructuras y operación del Proyecto.

IA27 Pérdida, modificación y degradación del hábitat de fauna silvestre.

IA30 Alteración de la sanidad de la fauna silvestre.

Un área puede conservar físicamente vegetación, pero perder parcialmente funcionalidad para ciertas especies debido a perturbaciones.



Sinergia: MEDIA

Particularmente en las inmediaciones del área de trituración/molienda, caminos, voladuras, instalaciones industriales y frentes operativos.

Para sanidad de fauna sería más prudente Ligera, salvo evidencia de estrés fisiológico o sanitario.

7. Polvo – vegetación – hábitat

Impactos involucrados:

IA02 Emisión de partículas suspendidas (PM10 y PM2.5)

IA20 Modificación de la abundancia y diversidad de flora.

IA21 Fragmentación de la vegetación y efecto borde.

IA27 Pérdida, modificación y degradación del hábitat de fauna silvestre.

IA29 Reducción de la conectividad y funcionalidad causada por la fragmentación de la vegetación forestal.

La deposición de polvo sobre vegetación adyacente puede actuar conjuntamente con los efectos de borde y otras perturbaciones.

Sinergia: LIGERA

Es identificable, pero secundaria frente a los sistemas anteriores.

8. Relieve – paisaje – vegetación

Los impactos involucrados son:

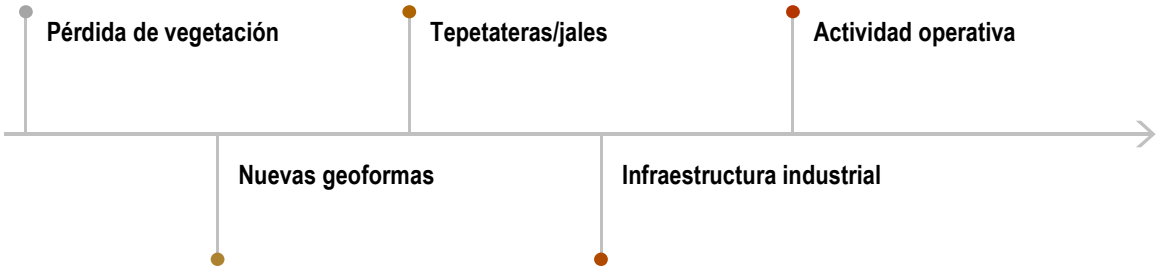
IA11 Modificación del relieve y configuración geomorfológica, especialmente por tepetateras y depósitos de jales.

IA19 Reducción de la cobertura vegetal por desmonte.

IA21 Fragmentación de la vegetación y efecto borde.

IA31 Modificación del paisaje por la inserción de los componentes del Proyecto y las alteraciones por la operación.

La calidad paisajística no cambia exclusivamente porque aparezcan estructuras. El contraste visual resulta de la combinación:



Una tepetatera sin vegetación y con una geometría distinta del relieve natural genera un contraste superior al producido aisladamente por la pérdida de vegetación o por una estructura.

Sinergia: MEDIA

Considerando una interacción funcional clara sobre el receptor paisaje.

9. Polvo – gases – ruido – salud humana

Impactos involucrados:

IA02 Emisión de partículas suspendidas (PM10 y PM2.5)

IA03 Modificación de la calidad del aire por la presencia de gases y partículas generadas por los motores de combustión interna de maquinaria y vehículos.

IA04 Generación de ruido por la operación de maquinaria y equipos.

IA32 Posible afectación a la salud por la generación de polvo y ruido durante la construcción y operación del Proyecto.

No obstante, no se debe perder de vista que, aunque una persona esté expuesta simultáneamente a polvo y ruido no demuestra automáticamente una interacción sinérgica.

Sinergia: LIGERA

Existe concurrencia de estresores ambientales, pero sin estudios de exposición o evidencia epidemiológica no justificaría una sinergia Media. Además de que se debe considerar que acumulación no es lo mismo que sinergia y, esta última sería considerada solo si se demuestra amplificación de efectos.

Sistema de impactos que interactúan	Mecanismo de amplificación	Sinergia Proyecto
Cobertura vegetal + estructura del suelo + compactación + erosión + escorrentía + sedimentación	La pérdida de protección y menor infiltración incrementan escorrentía sobre superficies erosionables, aumentando generación y transporte de sedimentos	Media
Compactación + sellamiento + escurrimiento + recarga + régimen hidrogeológico	La reducción de infiltración puede combinarse con intercepción/desagüe subterráneo modificando la dinámica hidrogeológica	Media
Contaminación del suelo + escorrentía + drenaje + contaminación del agua	La concentración de flujos puede favorecer movilización de contaminantes hacia receptores	Ligera
Pérdida de vegetación + fragmentación + efecto borde + conectividad	La pérdida espacialmente estructurada incrementa aislamiento y reduce funcionalidad de los remanentes	Media
Fragmentación + pérdida de hábitat + conectividad + movilidad de fauna	La pérdida de continuidad y generación de barreras reduce simultáneamente disponibilidad y accesibilidad del hábitat	Media
Fragmentación + desplazamiento + caminos/tránsito + mortalidad	El desplazamiento y cambio de rutas puede incrementar exposición de fauna a fuentes de mortalidad	Media
Ruido + vibraciones + presencia humana + degradación de hábitat	La perturbación puede disminuir la funcionalidad de áreas físicamente disponibles como hábitat	Media
Polvo + efecto borde + vegetación/hábitat	La deposición de partículas puede incrementar la presión sobre vegetación ya expuesta a condiciones de borde	Ligera
Relieve + pérdida de vegetación + infraestructura + paisaje	La concurrencia de nuevas geoformas, superficies desnudas e infraestructura incrementa el contraste visual	Media
Polvo + gases + ruido + salud	Concurrencia de diferentes estresores sobre receptores humanos	Ligera

El análisis permitió identificar que las principales interacciones sinérgicas del Proyecto se concentran en los procesos relacionados con la modificación de la superficie terrestre, dinámica hidrológica, fragmentación de la vegetación, pérdida de hábitat y conectividad ecológica. Estas interacciones presentan principalmente un nivel de sinergia medio, debido a que la concurrencia espacial y temporal de los impactos genera mecanismos de amplificación claramente identificables, sin que con la información disponible se determine que los efectos combinados dupliquen o amplifiquen significativamente los efectos individuales.

En el medio abiótico destaca la interacción entre pérdida de cobertura vegetal, alteración y compactación del suelo, modificación del escurrimiento, erosión y transporte de sedimentos. La eliminación de la protección vegetal y disminución de la infiltración pueden incrementar la generación de escorrentía sobre superficies susceptibles a erosión, favoreciendo a su vez el transporte de partículas hacia zonas bajas y corrientes superficiales. De manera similar, la modificación de la infiltración y recarga puede interactuar con las alteraciones del régimen hidrogeológico derivadas de las obras mineras subterráneas.

En el medio biótico, las interacciones de mayor relevancia corresponden a la pérdida de cobertura vegetal, fragmentación, efecto borde, degradación del hábitat y reducción de conectividad. Estos procesos pueden actuar conjuntamente reduciendo tanto la cantidad de hábitat disponible como su funcionalidad y accesibilidad para la fauna. Asimismo, la fragmentación y perturbación pueden modificar las rutas de desplazamiento de los organismos y aumentar su exposición a caminos, tránsito y otras fuentes de mortalidad.

Al considerar las condiciones existentes en la RE, se reconoce que algunas de estas interacciones pueden superponerse con procesos previamente establecidos por caminos, actividades mineras, aprovechamientos agropecuarios y otras modificaciones del territorio. En particular, la fragmentación de la vegetación, modificación del drenaje, erosión, pérdida de hábitat y transformación paisajística pueden reforzarse cuando las nuevas obras se incorporan a un territorio previamente intervenido. Por esta razón, dichas interacciones fueron consideradas conjuntamente en la identificación de impactos sinérgicos y acumulativos.

No se identificaron, interacciones que ameriten una valoración de sinergia alta, ya que ésta requeriría demostrar que la concurrencia de impactos duplica o amplifica significativamente los efectos individuales. La ausencia de sinergias altas no implica ausencia de interacciones ambientales relevantes, sino que las identificadas presentan predominantemente mecanismos de amplificación de magnitud media o ligera.

IV.2.4. Impactos acumulativos

De conformidad con el Artículo 3, Fracción VII del Reglamento de la LGEEPA, un impacto acumulativo es *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*.

Los impactos acumulativos conllevan efectos en la salud o en el medio ambiente causados por la combinación de emisiones y descargas en un área geográfica. Las actividades

derivadas de la ejecución del Proyecto tienen un efecto en el entorno, en mayor o menor medida dependiendo de la etapa en que se encuentre.

Como primer paso para identificar impactos acumulativos, fue necesario revisar los impactos ocasionados por otras actividades presente en la RE, ya sea actividades pasadas, presentes o futuras, en este sentido, de acuerdo con la información presentada en el numeral IV.1, se determinó que los elementos impactantes principales son los siguientes:

- Actividades mineras
- Actividades agropecuarias
- Asentamientos humanos o núcleos urbanos
- Red vial existente
- Infraestructura energética

En la siguiente figura se presentan algunos de estos elementos relacionados con impactos acumulativos en la región, en donde destacan los mencionados anteriormente.

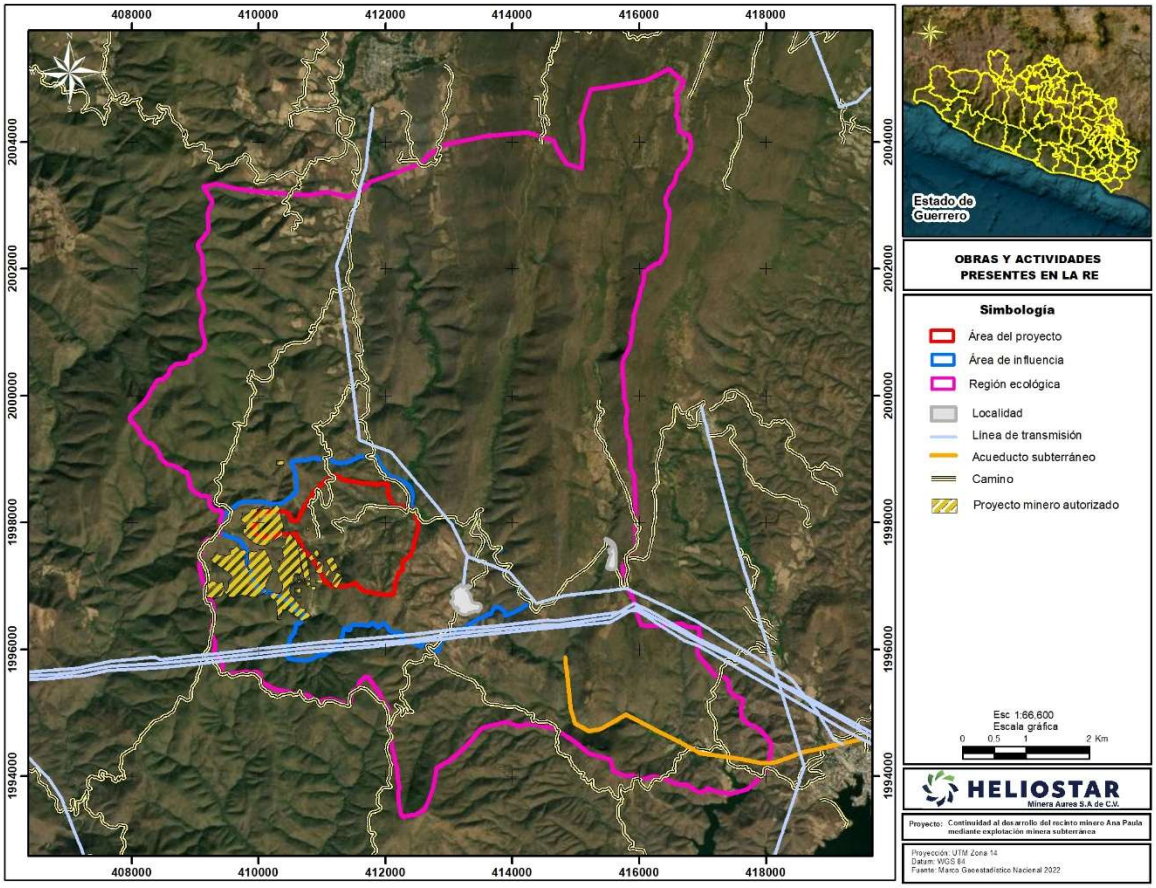


Figura 2. Obras y actividades presentes en la RE.

Conforme a las actividades mencionadas, se realizó una matriz de interacciones de los impactos con estas actividades, agregando el Proyecto, para posteriormente contabilizar la cantidad de actividades de la RE generadoras de los impactos identificados, esta se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 14. Identificación de impactos acumulativos por factor ambiental (x: presencia, -: ausencia).

Clave	Denominación del impacto	Signo	Minería	Agropecuario	Asentamientos	Red vial	Infraestructura energética	∑
IA01	Modificación de las variables de temperatura y humedad del suelo debido al desmonte, despalme y compactación.	-	x	x	x	x		4
IA02	Emisión de partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$)	-	x	x	x	x	x	5
IA03	Modificación de la calidad del aire por la presencia de gases y partículas generadas por los motores de combustión interna de maquinaria y vehículos.	-	x		x	x		3
IA04	Generación de ruido	-	x		x	x		3
IA05	Incremento de vibraciones en el terreno	-	x					1
IA06	Alteración de la estructura y propiedades físicas del suelo	-	x	x	x	x	x	5
IA07	Modificación de características físicas del suelo debido a la compactación y sellamiento de algunas áreas.	-	x		x	x	x	4
IA08	Contaminación del suelo por residuos sólidos y/o líquidos.	-	x	x	x	x	x	5
IA09	Incremento de los procesos de erosión hídrica y eólica.	-	x	x	x	x		4
IA10	Pérdida o disminución de la disponibilidad del recurso suelo	-	x	x	x	x	x	5
IA11	Modificación del relieve y configuración geomorfológica	-	x		x	x		3
IA12	Riesgo de arrastre de sedimentos a corrientes de agua durante el movimiento de tierras.	-	x	x	x	x	x	5
IA13	Riesgo de contaminación de corrientes de agua por incorrecta disposición de residuos.	-	x	x	x	x	x	5
IA14	Alteración de los patrones de drenaje superficial	-	x	x	x	x		4
IA15	Modificación del coeficiente de escurrimiento debido a modificaciones en la superficie terrestre.	-	x	x	x	x		4
IA16	Disminución en la recarga de acuíferos por modificaciones en la superficie terrestre.	-	x		x	x		3
IA17	Modificación de niveles piezométricos, gradientes, direcciones de flujo y/o conectividad hidráulica del sistema hidrogeológico.	-	x		x			2
IA18	Riesgo de contaminación por la disposición inadecuada de agentes contaminantes que lixivian a las aguas subterráneas.	-	x	x	x	x		4

Clave	Denominación del impacto	Signo	Minería	Agropecuario	Asentamientos	Red vial	Infraestructura energética	∑
IA19	Reducción de la cobertura vegetal por desmonte.	-	x	x	x	x	x	5
IA20	Modificación de la abundancia y diversidad de flora.	-	x	x	x	x	x	5
IA21	Fragmentación de la vegetación y efecto borde.	-	x	x	x	x	x	5
IA22	Retiro de individuos de especies en riesgo y endémicas debido a la remoción de la vegetación y posibles cambios en sus poblaciones.	-	x	x	x	x	x	5
IA23	Disminución de la capacidad de captura y almacenamiento de carbono y generación de oxígeno.	-	x		x	x	x	4
IA24	Riesgo de muerte o daño accidental o intencional de fauna terrestre.	-	x	x	x	x	x	5
IA25	Modificación de la diversidad y abundancia de fauna presente a nivel de área de influencia del Proyecto.	-	x		x	x		3
IA26	Restricción de la movilidad de la fauna silvestre debido a la construcción, la presencia de las estructuras y operación del Proyecto.	-	x		x	x		3
IA27	Pérdida, modificación y degradación del hábitat de fauna silvestre.	-	x	x	x	x	x	5
IA28	Riesgo de muerte o daño accidental o intencional de individuos de especies en riesgo o endémicas.	-	x	x	x	x		4
IA29	Reducción de la conectividad y funcionalidad causada por la fragmentación de la vegetación forestal.	-	x	x	x	x	x	5
IA30	Alteración de la sanidad de la fauna silvestre.	-	x	x	x			3
IA31	Modificación del paisaje por la inserción de los componentes del Proyecto y las alteraciones por la operación.	-	x	x	x	x	x	5
IA32	Posible afectación a la salud por la generación de polvo y ruido	-	x	x	x	x		4
IA33	Incremento temporal de trabajadores foráneos.	-	x			x		2
IA36	Incremento de la presión sobre la infraestructura vial y modificación de las condiciones de tránsito.	-	x		x	x		3

Posteriormente, se identificaron los principales mecanismos acumulativos, considerando además las presiones presentes en la RE, obteniendo los siguientes:

1. **Pérdida de cobertura vegetal y hábitat**

Interactúa el Proyecto, más las actividades mineras, las agrícolas, asentamientos, caminos e infraestructura energética, obteniendo:

» Incremento progresivo de superficies transformadas
» Reducción de vegetación natural
» Pérdida de hábitat
» Fragmentación y reducción de conectividad.

Acumulación: ALTA

2. **Erosión y transporte de sedimentos**

Interactúa el Proyecto, más caminos existentes, más actividades agropecuarias y las mineras, obteniendo:

» Más superficies desnudas/compactadas
» Mayor escorrentía
» Erosión recurrente
» Aporte progresivo de sedimentos.

Acumulación: Media – Alta, dependiendo de la pendiente y conectividad con cauces.

3. **Modificación del patrón de drenaje y coeficiente de escurrimiento**

Interactúa el Proyecto, más las vialidades, asentamientos, infraestructura y minería, obteniendo:

» Impermeabilización/compactación acumulada
» Redirección de flujos
» Incremento de escorrentía superficial.

Acumulación: MEDIA

4. **Calidad del aire**

Interactúa el Proyecto, más el tránsito, minería, áreas urbanas y actividades agropecuarias, obteniendo:

» Emisión concurrente de PM y gases
» Presión acumulativa sobre el mismo recurso atmosférico.

Acumulación: MEDIA

5. **Ruido**

Interactúa el Proyecto, tránsito, minería, asentamientos e infraestructura, obteniendo;

» Incremento de fuentes sonoras recurrentes.

Acumulación: MEDIA

6. Régimen hidrogeológico y recarga

Interactúa el Proyecto, otras minas, aprovechamientos de agua, urbanización e impermeabilización, obteniendo:

» Reducción de infiltración + extracción/intercepción
» Modificación progresiva de niveles y flujo.

Acumulación: MEDIA

7. Paisaje

Interactúa el Proyecto, otras minas, caminos, líneas eléctricas y asentamientos, obteniendo:

» Incremento progresivo de elementos antrópicos
» Artificialización del paisaje.

Acumulación: ALTA

Considerando lo previamente indicado, el análisis se sustentó en la coincidencia espacial y temporal de los efectos, la afectación del mismo componente ambiental, la persistencia de las presiones, la magnitud incremental derivada de la incorporación del Proyecto y la capacidad de recuperación del receptor. Se consideró que existe un impacto acumulativo cuando los efectos de distintas acciones se adicionan sucesiva o simultáneamente, incrementando progresivamente la presión, pérdida de calidad, superficie o funcionalidad del componente ambiental.

La acumulación se clasificó como nula, baja, media o alta. La categoría nula corresponde a impactos sin coincidencia relevante con otras presiones; baja, cuando existe una adición limitada; media, cuando varias fuentes generan efectos perceptibles sobre el mismo receptor; y alta, cuando múltiples acciones concurrentes producen una pérdida progresiva y significativa de calidad o funcionalidad ambiental.

El análisis distinguió los impactos acumulativos de los sinérgicos. En los primeros, la relevancia deriva de la suma progresiva de presiones sobre un mismo receptor, mientras que en los segundos existe una interacción funcional capaz de amplificar el efecto combinado. Por lo tanto, un impacto puede presentar acumulación alta sin necesariamente mostrar una sinergia alta.

Tabla 15. Matriz de identificación de impactos acumulativos.

ID	Impacto del Proyecto	Obras/actividades de la RE que contribuyen	Mecanismo acumulativo	Nivel
1	Modificación de temperatura y humedad del suelo	Minería, agropecuarias, red vial, asentamientos	Incorporación de superficies desmontadas, compactadas o artificializadas que modifican progresivamente las condiciones microclimáticas del suelo	1 Baja
2	Emisión de PM_{10} y $PM_{2.5}$	Minería, agropecuarias, red vial, asentamientos	Las emisiones y resuspensión del Proyecto se adicionan a las partículas generadas por tránsito, caminos, minería y manejo de suelos	2 Media
3	Modificación de calidad del aire por gases y partículas de combustión	Minería, red vial, asentamientos	Las emisiones de maquinaria y vehículos se incorporan a las provenientes del tránsito y otras fuentes de combustión existentes	2 Media
4	Generación de ruido	Minería, red vial, asentamientos	Incorporación de nuevas fuentes sonoras a las existentes, aumentando la presión acústica sobre receptores coincidentes	2 Media
5	Incremento de vibraciones	Minería, principalmente	Las voladuras y maquinaria pueden adicionarse temporalmente a vibraciones derivadas de otras actividades mineras	1 Baja
6	Alteración de estructura y propiedades físicas del suelo	Minería, agropecuarias, caminos, asentamientos, infraestructura energética	Incremento progresivo de superficies con suelo removido, compactado o estructuralmente alterado	3 Alta
7	Compactación y sellamiento del suelo	Minería, red vial, asentamientos, infraestructura energética	Incorporación de nuevas superficies compactadas e impermeabilizadas a las existentes	3 Alta
8	Contaminación del suelo por residuos sólidos/líquidos	Minería, agropecuarias, asentamientos	Posibles aportes de diferentes fuentes sobre el mismo recurso suelo	1 Baja
9	Incremento de erosión hídrica y eólica	Minería, agropecuarias, red vial	Incorporación de superficies desmontadas y alteradas susceptibles a erosión a las ya existentes en la RE	3 Alta
10	Pérdida/disminución de disponibilidad del recurso suelo	Minería, agropecuarias, asentamientos, red vial, infraestructura energética	Ocupación y transformación sucesiva de superficies, reduciendo progresivamente la disponibilidad de suelo con características naturales	3 Alta
11	Modificación del relieve y configuración geomorfológica	Minería, red vial	Las nuevas excavaciones, cortes, rellenos, tepetateras y jales se adicionan a geoformas antrópicas existentes	3 Alta
12	Arrastre de sedimentos hacia corrientes de agua	Minería, agropecuarias, red vial	Los sedimentos provenientes del Proyecto pueden incorporarse a cargas sedimentarias generadas por otras superficies erosionadas	2 Media

ID	Impacto del Proyecto	Obras/actividades de la RE que contribuyen	Mecanismo acumulativo	Nivel
13	Riesgo de contaminación de corrientes por residuos	Minería, agropecuarias, asentamientos	Existencia potencial de distintas fuentes de contaminantes hacia los mismos receptores superficiales	1 Baja
14	Modificación de niveles piezométricos, gradientes y flujo subterráneo	Otras actividades mineras y aprovechamientos asociados a actividades humanas	Intervenciones sobre un mismo sistema hidrogeológico pueden adicionar abatimientos o modificaciones de gradientes y flujo	2 Media*
15	Alteración de patrones de drenaje superficial	Minería, agropecuarias, red vial, asentamientos, infraestructura energética	Incorporación de caminos, plataformas, cortes y superficies artificializadas que modifican progresivamente la red de drenaje	3 Alta
16	Modificación del coeficiente de escurrimiento	Minería, agropecuarias, red vial, asentamientos	Aumento progresivo de superficies desmontadas, compactadas e impermeabilizadas que modifican la relación infiltración–escurrimiento	3 Alta
17	Disminución de recarga de acuíferos	Minería, asentamientos, red vial, infraestructura	Incorporación de superficies con menor capacidad de infiltración y, en su caso, aprovechamientos concurrentes del recurso	2 Media
18	Riesgo de contaminación de aguas subterráneas	Minería, agropecuarias, asentamientos	Diferentes fuentes potenciales pueden aportar contaminantes al mismo sistema hidrogeológico	1 Baja
19	Reducción de cobertura vegetal	Minería, agropecuarias, asentamientos, red vial, infraestructura energética	Cada nueva superficie desmontada se adiciona a las pérdidas históricas y actuales de vegetación natural	3 Alta
20	Modificación de abundancia y diversidad de flora	Minería, agropecuarias, asentamientos, red vial	La transformación sucesiva del territorio reduce progresivamente poblaciones y disponibilidad de hábitat para especies vegetales	3 Alta
21	Fragmentación de vegetación y efecto borde	Todas las actividades territoriales identificadas	Nuevas discontinuidades se incorporan a las existentes, aumentando división de parches y longitud de bordes	3 Alta
22	Retiro de individuos de flora en riesgo/endémica	Minería, agropecuarias, infraestructura, caminos	Pérdidas sucesivas de individuos o hábitat pueden ejercer presión adicional sobre poblaciones de especies sensibles	2 Media*
23	Disminución de captura y almacenamiento de carbono	Minería, agropecuarias, asentamientos, red vial, infraestructura energética	La pérdida sucesiva de biomasa reduce progresivamente las existencias y capacidad de captura de carbono de la vegetación	3 Alta
24	Riesgo de muerte o daño de fauna terrestre	Minería, red vial, actividades agropecuarias, asentamientos	Diferentes fuentes de mortalidad —tránsito, actividades humanas, maquinaria— pueden actuar sobre las mismas poblaciones	2 Media
25	Modificación de diversidad y abundancia de fauna	Minería, agropecuarias, asentamientos, red vial, infraestructura energética	La suma de pérdida de hábitat, perturbación y mortalidad de distintas actividades ejerce presión progresiva sobre las comunidades faunísticas	3 Alta

ID	Impacto del Proyecto	Obras/actividades de la RE que contribuyen	Mecanismo acumulativo	Nivel
26	Restricción de movilidad de fauna	Minería, red vial, asentamientos, infraestructura energética	La incorporación sucesiva de caminos, cercados e infraestructura reduce progresivamente la permeabilidad territorial	3 Alta
27	Pérdida, modificación y degradación del hábitat	Todas las actividades territoriales identificadas	Cada transformación territorial reduce o degrada superficie adicional de hábitat disponible	3 Alta
28	Mortalidad/daño de especies de fauna en riesgo/endémicas	Minería, red vial, actividades humanas	Diferentes fuentes de mortalidad pueden adicionarse sobre poblaciones sensibles	2 Media*
29	Reducción de conectividad y funcionalidad	Minería, agropecuarias, asentamientos, red vial, infraestructura energética	Las nuevas barreras y discontinuidades se agregan a las existentes, reduciendo progresivamente la conectividad del paisaje	3 Alta
30	Alteración de sanidad de fauna	Minería, asentamientos, actividades agropecuarias	Distintas perturbaciones pueden incrementar exposición a contaminantes, fauna doméstica, residuos o agentes sanitarios	1 Baja
31	Modificación del paisaje	Minería, agropecuarias, asentamientos, red vial, infraestructura energética	Incorporación progresiva de infraestructura y superficies transformadas que incrementa la artificialización del paisaje	3 Alta
32	Posible afectación a salud por polvo y ruido	Minería, red vial, asentamientos	La exposición potencial derivada del Proyecto se adiciona a fuentes preexistentes de partículas y ruido	2 Media*
33	Incremento temporal de trabajadores foráneos	Principalmente otras actividades mineras	La concurrencia de proyectos intensivos en mano de obra puede incrementar simultáneamente la población flotante	1 Baja
34	Presión sobre infraestructura vial y modificación del tránsito	Minería, agropecuarias, asentamientos, infraestructura energética	Los viajes generados por el Proyecto se adicionan al tránsito existente, incrementando flujo y desgaste de las mismas vialidades	3 Alta

IV.2.5. Impactos residuales

De acuerdo con el Artículo 3, fracción X, del Reglamento de la LGEEPA en materia de impacto ambiental, *el impacto ambiental residual es el que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.*

Este tipo de impacto representa el efecto inevitable y permanente del Proyecto sobre el ambiente, lo que conlleva a la disminución real y permanente en calidad y/o cantidad de los bienes y servicios ambientales en la RE.

Para determinar los impactos residuales se consideraron los siguientes criterios:

- Eficacia de las medidas (EM)
- Reversibilidad (R)
- Persistencia posterior (P)
- Recuperabilidad (RC)
- Transformación permanente (TP)

Considerando que un impacto residual no necesariamente tiene que ser significativo; ya que, puede quedar un efecto residual bajo después de aplicar las medidas.

La escala utilizada es:

Tabla 16. Escala utilizada para determinar residualidad.

Nivel	Categoría	Criterio
0	No residual	Las medidas previenen, corrigen o permiten recuperar el componente sin que permanezca una afectación ambiental relevante.
1	Residual bajo	Permanece una modificación menor o temporal durante el proceso de recuperación, sin pérdida sustancial de funcionalidad.
2	Residual medio	Permanece una modificación apreciable después de las medidas, aunque existe recuperación parcial del componente o de sus funciones.
3	Residual alto	Permanece una modificación sustancial, de muy largo plazo o irreversible, y las medidas sólo permiten estabilizar, compensar o reducir parcialmente el efecto.

Una vez realizado el análisis de cada uno de los impactos, se determinó que 20 de los impactos negativos son considerados como residuales, de los cuales dos de ellos son de residualidad baja, uno de baja a media, trece de residualidad media y cuatro de alta residualidad; además, dos impactos están condicionados y pueden o no ser residuales, tal como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 17. Matriz de impactos para determinar la residualidad.

Clave	Denominación del impacto	Signo	Residualidad	Residual	Fundamento
IA01	Modificación de las variables de temperatura y humedad del suelo	-	Baja	Si	Puede recuperarse con revegetación, pero permanece

Clave	Denominación del impacto	Signo	Residualidad	Residual	Fundamento
	debido al desmonte, despalme y compactación.				mientras existan superficies ocupadas.
IA02	Emisión de partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$)	-	-	No	Cesan las emisiones asociadas a las actividades y son altamente controlables.
IA03	Modificación de la calidad del aire por la presencia de gases y partículas generadas por los motores de combustión interna de maquinaria y vehículos.	-	-	No	Las emisiones cesan al retirar las fuentes.
IA04	Generación de ruido por la operación de maquinaria y equipos.	-	-	No	El efecto desaparece al cesar la operación de maquinaria/equipos.
IA05	Incremento de vibraciones en el terreno	-	-	No	Cesan al concluir voladuras y operación de las fuentes.
IA06	Alteración de la estructura y propiedades físicas del suelo	-	Media	Si	La restauración puede mejorar el suelo, pero no necesariamente restituye estructura y perfil originales.
IA07	Modificación de características físicas del suelo debido a la compactación y sellamiento de algunas áreas.	-	Baja-Media	Si	Puede corregirse en superficies temporales, pero persiste donde permanezcan obras o modificaciones.
IA08	Contaminación del suelo por residuos sólidos y/o líquidos.	-	-	No	Bajo manejo adecuado no debería permanecer contaminación; un evento específico podría generar residualidad.
IA09	Incremento de los procesos de erosión hídrica y eólica.	-	Baja	Si	Estabilización y revegetación reducen el proceso, aunque superficies modificadas pueden mantener susceptibilidad diferente.
IA10	Pérdida o disminución de la disponibilidad del recurso suelo	-	Alta	Si	En superficies ocupadas por estructuras permanentes, jales y tepetateras no se recupera plenamente el recurso original.
IA11	Modificación del relieve y configuración geomorfológica, especialmente por tepetateras y depósitos de jales.	-	Alta	Si	Tepetateras, jales, excavaciones y nuevas geoformas pueden permanecer después del cierre.
IA12	Riesgo de arrastre de sedimentos a corrientes de agua durante el movimiento de tierras.	-	Baja	Condicionado	Con estabilización, drenaje y revegetación puede reducirse sustancialmente.
IA13	Riesgo de contaminación de corrientes de agua por incorrecta disposición de residuos.	-	-	No	Es prevenible y el riesgo cesa al eliminar correctamente las fuentes.
IA14	Alteración de los patrones de drenaje superficial	-	Media	Si	Algunas modificaciones topográficas y sistemas de drenaje permanecerán después del cierre.
IA15	Modificación del coeficiente de escurrimiento debido a modificaciones en la superficie terrestre.	-	Media	Si	Las geoformas y superficies finales pueden mantener propiedades hidrológicas diferentes.

Clave	Denominación del impacto	Signo	Residualidad	Residual	Fundamento
IA16	Disminución en la recarga de acuíferos por modificaciones en la superficie terrestre.	-	Media	Si	Puede recuperarse parcialmente, pero las superficies permanentemente transformadas mantienen diferencias de infiltración.
IA17	Modificación de niveles piezométricos, gradientes, direcciones de flujo y/o conectividad hidráulica del sistema hidrogeológico.	-	Media	Si	La recuperación hidrogeológica puede ser lenta y no necesariamente restituir inmediatamente las condiciones previas.
IA18	Riesgo de contaminación por la disposición inadecuada de agentes contaminantes que lixivian a las aguas subterráneas.	-	-	No	El riesgo no equivale a contaminación residual; dependerá de que ocurra una liberación efectiva.
IA19	Reducción de la cobertura vegetal por desmonte.	-	Media	Si	La revegetación recupera cobertura progresivamente, pero no necesariamente la condición original ni en todas las superficies.
IA20	Modificación de la abundancia y diversidad de flora.	-	Media	Si	La recuperación de composición y estructura de comunidades vegetales requiere periodos prolongados.
IA21	Fragmentación de la vegetación y efecto borde.	-	Media	Si	La restauración puede recuperar conexiones, pero estructuras/geoformas permanentes mantienen discontinuidades.
IA22	Retiro de individuos de especies en riesgo y endémicas debido a la remoción de la vegetación y posibles cambios en sus poblaciones.	-	Media	Si	Depende de supervivencia de rescates, disponibilidad de hábitat y afectación poblacional.
IA23	Disminución de la capacidad de captura y almacenamiento de carbono y generación de oxígeno.	-	Media	Si	La recuperación de biomasa y reservas de carbono requiere décadas y puede ser incompleta.
IA24	Riesgo de muerte o daño accidental o intencional de fauna terrestre.	-	-	No	Las medidas reducen el riesgo y éste desaparece al cesar las fuentes; la mortalidad ocurrida es irreversible, pero el “riesgo” no permanece.
IA25	Modificación de la diversidad y abundancia de fauna presente a nivel de área de influencia del Proyecto.	-	Media	Si	La recolonización depende de recuperación de hábitat, conectividad y disminución de perturbaciones.
IA26	Restricción de la movilidad de la fauna silvestre debido a la construcción, la presencia de las estructuras y operación del Proyecto.	-	Media	Si	Las barreras permanentes pueden mantener modificaciones de rutas después del cierre.
IA27	Pérdida, modificación y degradación del hábitat de fauna silvestre.	-	Alta	Si	Parte del hábitat puede restaurarse, pero jales, tepetateras y otras transformaciones pueden impedir recuperación equivalente.

Clave	Denominación del impacto	Signo	Residualidad	Residual	Fundamento
IA28	Riesgo de muerte o daño accidental o intencional de individuos de especies en riesgo o endémicas.	-	-	No	El riesgo cesa con las fuentes; cualquier mortalidad efectivamente ocurrida debe analizarse separadamente.
IA29	Reducción de la conectividad y funcionalidad causada por la fragmentación de la vegetación forestal.	-	Media	Si	Geoformas, caminos y superficies permanentemente transformadas pueden mantener discontinuidades funcionales.
IA30	Alteración de la sanidad de la fauna silvestre.	-	Baja	Condicionado	Generalmente desaparece al eliminar fuentes; sólo sería residual si se demuestra un cambio sanitario persistente.
IA31	Modificación del paisaje por la inserción de los componentes del Proyecto y las alteraciones por la operación.	-	Alta	Si	Aunque se retire infraestructura y revegete, tepetateras, jales y modificaciones geomorfológicas permanecerán visualmente.
IA32	Posible afectación a la salud por la generación de polvo y ruido durante la construcción y operación del Proyecto.	-	-	No	Al cesar o controlarse las fuentes desaparece la exposición atribuible al Proyecto.
IA33	Incremento temporal de trabajadores foráneos.	-	-	No	Es temporal y desaparece al reducirse la demanda de mano de obra.
IA36	Incremento de la presión sobre la infraestructura vial y modificación de las condiciones de tránsito.	-	-	No	El flujo atribuible al Proyecto disminuye al cierre; el deterioro físico puede corregirse mediante mantenimiento/reparación.

Del universo completo de impactos, cuatro de ellos son los más relevantes:

1. Pérdida del recurso suelo: Las superficies ocupadas permanentemente por determinadas instalaciones, tepetateras y jales difícilmente recuperarán un suelo equivalente al original.
2. Modificación geomorfológica: El cierre puede estabilizar y configurar las geoformas mineras, pero no necesariamente reconstruir el relieve original.
3. Pérdida / modificación del hábitat: La revegetación no equivale inmediatamente a recuperar un ecosistema funcional. La recuperación de estructura vegetal, refugio, alimento y comunidades faunísticas requiere periodos prolongados.
4. Paisaje: Aunque se retiren las estructuras industriales, las nuevas geoformas pueden permanecer. El cierre transforma un paisaje minero activo en un paisaje minero restaurado, pero no necesariamente devuelve el paisaje previo.

IV.3. Impactos ambientales del proyecto y medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración

A continuación, se presenta el resumen de los impactos ambientales considerando las obras y actividades que los podrían originar y estableciendo las medidas ambientales, incluyendo su tipo, prevención, mitigación, compensación.

Tabla 18. Resumen de impactos y medidas ambientales.

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo** S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	**Duración** Temporal o permanente	**Extensión** Puntual, local o regional	**Intensidad** Mínima, moderada o alta		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
PSC-OM-DA	Desmonte	Clima	Microclima	IA01	Modificación de las variables de temperatura y humedad del suelo debido al desmonte, despalme y compactación.	-	S (ligero), R (baja)	Permanente	Local	Moderada	Directo	C	**Nombre**: **Programa de restauración ambiental** **Objetivo**: Restauración de una superficie similar a la que será desmontada con especies nativas del área donde se llevarán a cabo los trabajos, considerando monitoreos periódicos para alcanzar una sobrevivencia del 80%. **Periodicidad de aplicación**: Con principal incidencia en las etapas de PS-C. **Plazo de ejecución**: Con plazo durante la etapa de PS y C y considerando la sobrevivencia de los individuos rescatados en un porcentaje de 80%. **Descripción**: Implementar el Programa en una superficie similar a la desmontada, ubicada principalmente en los sitios prioritarios establecidos en el Programa Nacional de Restauración Ambiental y, en dado caso, en zonas dentro de la RE, mediante la recuperación de la cobertura vegetal con especies nativas y acciones de conservación de suelos, para compensar la pérdida de funciones de regulación de la temperatura y retención de humedad del suelo.	Porcentaje % de individuos reforestados con valor ecológico, medicinal o etnobotánico Sobrevivencia del 80% de los ejemplares reforestados al término del periodo de 6 meses. Cobertura en ha de los sitios que mantienen la conectividad vegetal para el fomento de corredores biológicos
												M	**Nombre**: **Programa de conservación de suelos** **Objetivo**: Proteger la capa edáfica a través de varias medidas dentro del AP. **Periodicidad de aplicación**: Todas las etapas, con principal incidencia en las etapas de PS y C. **Plazo de ejecución**: Con principal incidencia en los años de la etapa de PS y C, pero continuará durante la etapa de operación. **Descripción**: A través de este programa se prevé implementar una serie de técnicas encaminadas a la recuperación de la capa orgánica producto del despalme en el AP, así como de la ejecución de obras que permitan su conservación y restauración.	Relación de acciones propuestas contra las realizadas.
												R	**Nombre**: **Programa de cierre progresivo de la mina** **Objetivo**: Favorecer la recuperación gradual de las condiciones de temperatura y humedad del suelo mediante la rehabilitación progresiva de las áreas que	Cumplimiento de la superficie rehabilitada, de la recuperación de cobertura vegetal

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo** S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	**Duración** Temporal o permanente	**Extensión** Puntual, local o regional	**Intensidad** Mínima, moderada o alta		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
													dejen de utilizarse en la mina, la restitución del suelo orgánico y el restablecimiento de la cobertura vegetal. **Periodicidad de aplicación**: Progresiva, conforme se liberen áreas que dejen de requerirse para la operación de la mina, programando la revegetación preferentemente al inicio de la temporada de lluvias. **Plazo de ejecución**: Desde la liberación definitiva de áreas durante la operación de la mina y hasta la conclusión de su rehabilitación en la etapa de cierre, con seguimiento durante el poscierre conforme a las metas del programa. **Descripción**: Implementar el cierre progresivo de las áreas que dejen de utilizarse en la mina mediante el acondicionamiento del terreno, la descompactación donde resulte procedente, la restitución de suelo orgánico y la revegetación con especies nativas, para favorecer la recuperación de la cobertura vegetal y de las condiciones de temperatura y humedad del suelo.	La evidencia serán los planos de superficies liberadas y rehabilitadas, bitácoras de actividades, fotografías georreferenciadas y registros de cobertura vegetal.
PSC	Desmonte y despalme; excavaciones, cortes, nivelaciones y movimiento de tierras; apertura y ampliación de caminos; carga, descarga, transporte y acopio de materiales; circulación de maquinaria y vehículos sobre superficies sin pavimentar.	Aire	Calidad	IA02	Emisión de partículas suspendidas (PM10 y PM2.5)	-						M	**Nombre**: **Protocolo de control de emisiones atmosféricas, polvo, ruido y vibraciones** **Objetivo**: Reducir la generación y dispersión de partículas suspendidas (PM10 y PM2.5) provenientes de las actividades del Proyecto, mediante medidas de control en las fuentes de emisión, para minimizar la alteración de la calidad del aire y la exposición de los receptores cercanos. **Periodicidad de aplicación**: Continua durante las actividades generadoras de polvo, con inspección diaria de las medidas de control y ajuste de su frecuencia según las condiciones de viento, humedad y operación. **Plazo de ejecución**: Desde el inicio de actividades y durante toda la vida útil del Proyecto. **Descripción**: Implementar medidas de control de polvo mediante la humectación de caminos y superficies de trabajo, el control de velocidad, la cobertura de cargas susceptibles de dispersión y la captación de partículas en quebradoras y puntos de transferencia, complementadas con inspecciones y mantenimiento de los sistemas de control, para reducir la emisión y dispersión de PM10 y PM2.5.	Cumplimiento: aplicación de controles de polvo y operación de colectores Eficacia: Sin evidencia visible de material particulado Evidencia: Bitácoras de humectación, inspecciones, registros de operación y mantenimiento de colectores, fotografías y reportes de monitoreo de partículas
OM	Perforación y voladuras; trituración											M	**Nombre**: **Protocolo de mantenimiento vehicular, maquinaria y equipo**	

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo** S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	**Duración** Temporal o permanente	**Extensión** Puntual, local o regional	**Intensidad** Mínima, moderada o alta		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
	primaria y secundaria; carga, descarga, transferencia y acarreo de mineral y tepetate; disposición y conformación de tepetateras; circulación en caminos sin pavimentar; exposición de superficies secas de tepetate y jales susceptibles a dispersión eólica.												**Objetivo**: Mantener en correcto funcionamiento la maquinaria y equipo para reducir las emisiones de GEI’s, así como posibles contaminantes por residuos, además de disminuir ruidos no deseados. **Periodicidad de aplicación**: Todas las etapas. **Plazo de ejecución**: Vida útil del Proyecto. **Descripción**: Implementar el Protocolo mediante inspecciones y mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria, equipo y vehículos, para evitar fugas y derrames de materiales y reducir la emisión y dispersión de partículas durante su manejo y transporte.	Bitácoras de mantenimiento preventivo y correctivo.
DA	Demolición y retiro de infraestructura; carga y transporte de escombros; movimiento de tierras para reconformación del terreno; circulación de maquinaria y vehículos.											P	**Nombre**: **Programa de capacitación ambiental** **Objetivo**: Se capacitará a todo el personal que labore en la obra sobre la importancia del cuidado del ambiente y sus recursos. **Periodicidad de aplicación: Todas las etapas.** **Plazo de ejecución**: Vida útil del Proyecto. **Descripción**: Este programa está enfocado en realizar una inducción inicial a todo el personal que esté relacionado con las actividades del proyecto, así como el programar capacitación periódica con los temas de cada uno de los programas y la impartición de charlas diarias para la concientización del personal con temas relacionados con el cuidado y preservación del ambiente.	Número de capacitaciones. Personal capacitado (%). Evidencias documentales de malas prácticas de los temas capacitados
PSC	Operación de maquinaria y vehículos durante el desmonte, despalme, excavaciones, nivelaciones, apertura de caminos; transporte de materiales, insumos y personal	Aire	Calidad	IA03	Modificación de la calidad del aire por la presencia de gases y partículas generadas por los motores de combustión interna de maquinaria y vehículos.	-	A	Permanente	Local	Mínima	Directo	M	**Nombre**: **Protocolo de mantenimiento vehicular, maquinaria y equipo** **Objetivo**: Mantener en correcto funcionamiento la maquinaria y equipo para reducir las emisiones de GEI’s, así como posibles contaminantes por residuos, además de disminuir ruidos no deseados. **Periodicidad de aplicación**: Todas las etapas. **Plazo de ejecución**: Vida útil del Proyecto.	Bitácoras de mantenimiento preventivo y correctivo.
OM	Operación de maquinaria y vehículos para la extracción, carga y acarreo de mineral y tepetate; conformación de											M	**Nombre**: **Protocolo de control de emisiones atmosféricas, polvo, ruido y vibraciones** **Objetivo**: Reducir la generación y dispersión de partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) provenientes de las actividades del Proyecto, mediante medidas de control en las fuentes de emisión, para minimizar la	Cumplimiento: aplicación de controles de polvo y operación de colectores Eficacia: Sin evidencia visible de material

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo** S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	**Duración** Temporal o permanente	**Extensión** Puntual, local o regional	**Intensidad** Mínima, moderada o alta		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
	tepetateras; mantenimiento de caminos e instalaciones; transporte de insumos, residuos y personal; operación de equipos auxiliares con motores de combustión interna.												alteración de la calidad del aire y la exposición de los receptores cercanos. **Periodicidad de aplicación**: Continua durante las actividades generadoras de polvo, con inspección diaria de las medidas de control y ajuste de su frecuencia según las condiciones de viento, humedad y operación. **Plazo de ejecución**: Desde el inicio de actividades y durante toda la vida útil del Proyecto.	particulado Evidencia: Bitácoras de humectación, inspecciones, registros de operación y mantenimiento de colectores, fotografías y reportes de monitoreo de partículas
PSC	Operación de maquinaria durante el desmonte, despalme, excavaciones, cortes, nivelaciones y apertura de caminos; construcción de instalaciones y montaje de equipos; carga, descarga y transporte de materiales.	Confort sonoro	Nivel sonoro	IA04	Generación de ruido por la operación de maquinaria y equipos.	-	A	Temporal	Puntual	Moderada	Directo	M	**Nombre**: **Protocolo de control de emisiones atmosféricas, polvo, ruido y vibraciones** **Objetivo**: Reducir la generación y dispersión de partículas suspendidas (PM10 y PM2.5) provenientes de las actividades del Proyecto, mediante medidas de control en las fuentes de emisión, para minimizar la alteración de la calidad del aire y la exposición de los receptores cercanos. **Periodicidad de aplicación**: Continua durante las actividades generadoras de polvo, con inspección diaria de las medidas de control y ajuste de su frecuencia según las condiciones de viento, humedad y operación. **Plazo de ejecución**: Desde el inicio de actividades y durante toda la vida útil del Proyecto.	Cumplimiento: aplicación de controles de polvo y operación de colectores Eficacia: Sin evidencia visible de material particulado Evidencia: Bitácoras de humectación, inspecciones, registros de operación y mantenimiento de colectores, fotografías y reportes de monitoreo de partículas
OM	Perforación y voladuras; carga y acarreo de materiales; trituración primaria y secundaria; molienda y remolienda; operación de bombas, compresores, ventiladores y demás equipos de proceso.											M	**Nombre**: **Protocolo de mantenimiento vehicular, maquinaria y equipo** **Objetivo**: Mantener en correcto funcionamiento la maquinaria y equipo para reducir las emisiones de GEI’s, así como posibles contaminantes por residuos, además de disminuir ruidos no deseados. **Periodicidad de aplicación**: Todas las etapas. **Plazo de ejecución**: Vida útil del Proyecto.	Bitácoras de mantenimiento preventivo y correctivo.
OM	Perforación y voladuras; operación de quebradoras, molinos y equipos que transmitan vibraciones al terreno mediante sus cimentaciones; circulación de vehículos pesados para el	Confort sonoro	Vibraciones	IA05	Incremento de vibraciones en el terreno	-	S	Temporal	Local	Moderada	Directo	M	**Nombre**: **Protocolo de control de emisiones atmosféricas, polvo, ruido y vibraciones** **Objetivo**: Reducir la generación y dispersión de partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) provenientes de las actividades del Proyecto, mediante medidas de control en las fuentes de emisión, para minimizar la alteración de la calidad del aire y la exposición de los receptores cercanos. **Periodicidad de aplicación**: Continua durante las actividades generadoras de polvo, con inspección	Cumplimiento: aplicación de controles de polvo y operación de colectores Eficacia: Sin evidencia visible de material particulado Evidencia: Bitácoras de humectación, inspecciones, registros de operación y

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo** S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	**Duración** Temporal o permanente	**Extensión** Puntual, local o regional	**Intensidad** Mínima, moderada o alta		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
	acarreo de mineral y tepetate.												diaria de las medidas de control y ajuste de su frecuencia según las condiciones de viento, humedad y operación.	mantenimiento de colectores, fotografías y reportes de monitoreo de partículas
													Plazo de ejecución: Desde el inicio de actividades y durante toda la vida útil del Proyecto.	
												M	**Nombre**: **Protocolo de mantenimiento vehicular, maquinaria y equipo**	Bitácoras de mantenimiento preventivo y correctivo.
													Objetivo: Mantener en correcto funcionamiento la maquinaria y equipo para reducir las emisiones de GEI’s, así como posibles contaminantes por residuos, además de disminuir ruidos no deseados.	
													Periodicidad de aplicación: Todas las etapas.	
													Plazo de ejecución: Vida útil del Proyecto.	
PSC	Desmonte, despalme, excavaciones, cortes, nivelaciones y movimiento de tierras; conformación de rellenos, terraplenes y plataformas; acondicionamiento de superficies para tepetateras y depósitos de jales.	Suelo	Estructura	IA06	Alteración de la estructura y propiedades físicas del suelo	-	A, R	Permanente	Local	Alta	Directo	M	**Nombre**: **Programa de conservación de suelos**	Relación de acciones propuestas contra las realizadas.
													Objetivo: Proteger la capa edáfica a través de varias medidas dentro del AP.	
													Periodicidad de aplicación: Todas las etapas, con principal incidencia en las etapas de PS y C.	
													Plazo de ejecución: Con principal incidencia en los años de la etapa de PS y C, pero continuará durante la etapa de operación.	
OM	Ampliación de caminos, plataformas y áreas de disposición de tepetate y jales, cuando impliquen remoción o sepultamiento de suelo previamente conservado.											C	**Nombre**: **Programa de restauración ambiental**	Porcentaje % de individuos reforestados con valor ecológico, medicinal o etnobotánico Sobrevivencia del 80% de los ejemplares reforestados al término del periodo de 6 meses. Cobertura en ha de los sitios que mantienen la conectividad vegetal para el fomento de corredores biológicos
													Objetivo: Restauración de una superficie similar a la que será desmontada con especies nativas del área donde se llevarán a cabo los trabajos, considerando monitoreos periódicos para alcanzar una sobrevivencia del 80%.	
													Periodicidad de aplicación: Con principal incidencia en las etapas de PS-C.	
													Plazo de ejecución: Con plazo durante la etapa de PS y C y considerando la sobrevivencia de los individuos rescatados en un porcentaje de 80%.	
DA	Excavaciones para retirar cimentaciones e infraestructura enterrada y movimientos de tierra que produzcan											R	**Nombre**: **Programa de cierre progresivo de la mina**	Cumplimiento de la superficie rehabilitada, de la recuperación de cobertura vegetal La evidencia serán los planos de superficies
													Objetivo: Favorecer la recuperación gradual de las condiciones de temperatura y humedad del suelo mediante la rehabilitación progresiva de las áreas que dejen de utilizarse en la mina, la restitución del suelo orgánico y el restablecimiento de la cobertura vegetal.	

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo**	**Duración**	**Extensión**	**Intensidad**		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
							S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	Temporal o permanente	Puntual, local o regional	Mínima, moderada o alta				
	remoción o mezcla adicional de los horizontes del suelo.												**Periodicidad de aplicación**: Progresiva, conforme se liberen áreas que dejen de requerirse para la operación de la mina, programando la revegetación preferentemente al inicio de la temporada de lluvias.	liberadas y rehabilitadas, bitácoras de actividades, fotografías georreferenciadas y registros de cobertura vegetal.
													Plazo de ejecución: Desde la liberación definitiva de áreas durante la operación de la mina y hasta la conclusión de su rehabilitación en la etapa de cierre, con seguimiento durante el poscierre conforme a las metas del programa.	
PSC	Tránsito de maquinaria pesada; compactación de caminos, plataformas, rellenos y terraplenes; construcción de cimentaciones, losas y pavimentos; colocación de revestimientos impermeables en instalaciones que los requieran.	Suelo	Características fisicoquímicas	IA07	Modificación de características físicas del suelo debido a la compactación y sellamiento de algunas áreas.	-	A, R	Permanente	Puntual	Alta	Directo	M	**Nombre**: **Programa de conservación de suelos**	Relación de acciones propuestas contra las realizadas.
													Objetivo: Proteger la capa edáfica a través de varias medidas dentro del AP.	
													Periodicidad de aplicación: Todas las etapas, con principal incidencia en las etapas de PS y C.	
													Plazo de ejecución: Con principal incidencia en los años de la etapa de PS y C, pero continuará durante la etapa de operación.	
OM	Circulación recurrente de vehículos y maquinaria pesada; mantenimiento de caminos mediante compactación; disposición de tepetate y jales, cuyo peso puede compactar el suelo subyacente.											C	**Nombre**: **Programa de restauración ambiental**	Porcentaje % de individuos reforestados con valor ecológico, medicinal o etnobotánico Sobrevivencia del 80% de los ejemplares reforestados al término del periodo de 6 meses. Cobertura en ha de los sitios que mantienen la conectividad vegetal para el fomento de corredores biológicos
													Objetivo: Restauración de una superficie similar a la que será desmontada con especies nativas del área donde se llevarán a cabo los trabajos, considerando monitoreos periódicos para alcanzar una sobrevivencia del 80%.	
													Periodicidad de aplicación: Con principal incidencia en las etapas de PS-C.	
													Plazo de ejecución: Con plazo durante la etapa de PS y C y considerando la sobrevivencia de los individuos rescatados en un porcentaje de 80%.	
DA	Tránsito de maquinaria pesada y compactación localizada durante el retiro de infraestructura y el acondicionamiento del terreno.											R	**Nombre**: **Programa de cierre progresivo de la mina**	Cumplimiento de la superficie rehabilitada, de la recuperación de cobertura vegetal La evidencia serán los planos de superficies liberadas y rehabilitadas, bitácoras de actividades, fotografías georreferenciadas y
													Objetivo: Favorecer la recuperación gradual de las condiciones de temperatura y humedad del suelo mediante la rehabilitación progresiva de las áreas que dejen de utilizarse en la mina, la restitución del suelo orgánico y el restablecimiento de la cobertura vegetal.	
													Periodicidad de aplicación: Progresiva, conforme se liberen áreas que dejen de requerirse para la operación de la mina, programando la revegetación preferentemente al inicio de la temporada de lluvias.	

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo** S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	**Duración** Temporal o permanente	**Extensión** Puntual, local o regional	**Intensidad** Mínima, moderada o alta		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
													Plazo de ejecución: Desde la liberación definitiva de áreas durante la operación de la mina y hasta la conclusión de su rehabilitación en la etapa de cierre, con seguimiento durante el poscierre conforme a las metas del programa.	registros de cobertura vegetal.
PSC	Operación y mantenimiento de maquinaria y vehículos; abastecimiento de combustibles y lubricantes; construcción de instalaciones; funcionamiento de oficinas, comedores y servicios sanitarios; almacenamiento y manejo de los residuos generados.	Suelo	Características fisicoquímicas	IA08	Contaminación del suelo por residuos sólidos y/o líquidos.	-	A	Temporal	Puntual	Moderada	Directo	P	**Nombre**: **Programa de manejo integral de residuos mineros, RME y RP** **Objetivo**: Separación, manejo y almacenamiento temporal de los residuos, con las características necesarias para su disposición. **Periodicidad de aplicación**: Todas las etapas **Plazo de ejecución**: Vida útil del Proyecto **Descripción**: El programa de manejo integral de residuos está orientado a evitar afectaciones al medio abiótico (en particular agua y suelo) como el biótico, causado por deficientes prácticas en el manejo de residuos; y diseñado con base en la LGPGIR, su reglamento y la normatividad estatal que resulte aplicable.	Bitácoras de residuos, manifiestos de traslado y disposición final. Reportes negativos por mal manejo y disposición de residuos dentro del AP. Volúmenes de residuos generados y evidencia de manejo y disposición final. N° de derrames atendidos de manera correcta
OM	Procesamiento y beneficio del mineral; manejo y disposición de tepetate y jales; mantenimiento de equipos, maquinaria y vehículos; almacenamiento y manejo de combustibles, reactivos y residuos; manejo de aguas residuales y lodos.											P, M	**Nombre**: **Programa de sustancias peligrosas y respuesta a emergencias ambientales** **Objetivo**: Prevenir la contaminación del suelo mediante el manejo y almacenamiento seguro de sustancias peligrosas, y limitar la extensión y magnitud de las afectaciones ante fugas o derrames mediante su atención oportuna, contención y recuperación de los materiales liberados. **Periodicidad de aplicación**: Continua durante el manejo y almacenamiento de sustancias peligrosas. **Plazo de ejecución:** Desde el inicio de actividades y durante toda la vida útil del Proyecto. **Descripción**: Implementar procedimientos de manejo y almacenamiento seguro de sustancias peligrosas, con áreas acondicionadas, sistemas de contención e inspecciones para prevenir fugas y derrames. Ante una emergencia, activar las acciones de control de la fuente, contención, recuperación de sustancias y manejo adecuado de materiales y suelos contaminados, para limitar la afectación al suelo.	Condiciones de manejo y almacenamiento, capacidad de respuesta, atención de incidentes Listas de inspección, bitácoras, fotografías georreferenciadas, reportes de incidentes, comprobantes de manejo de residuos y resultados de laboratorio, cuando procedan.
DA												P	**Nombre**: **Programa de capacitación ambiental**	

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo** S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	**Duración** Temporal o permanente	**Extensión** Puntual, local o regional	**Intensidad** Mínima, moderada o alta		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
	Desmantelamiento; demolición; retiro de aceites, reactivos y materiales remanentes; manejo y transporte de escombros y residuos; operación y mantenimiento de maquinaria.												**Objetivo**: Se capacitará a todo el personal que labore en la obra sobre la importancia del cuidado del ambiente y sus recursos. **Periodicidad de aplicación: Todas las etapas.** **Plazo de ejecución**: Vida útil del Proyecto.	Número de capacitaciones. Personal capacitado (%). Evidencias documentales de malas prácticas de los temas capacitados
PSC	Desmonte, despalme, excavaciones, cortes, nivelaciones y movimiento de tierras; conformación de taludes, terraplenes y plataformas; apertura y ampliación de caminos; acopio temporal de suelo y materiales sueltos.	Suelo	Erosión	IA09	Incremento de los procesos de erosión hídrica y eólica.	-	A, R	Temporal	Local	Moderada	Indirecto	M	**Nombre**: **Programa de conservación de suelos** **Objetivo**: Proteger la capa edáfica a través de varias medidas dentro del AP. **Periodicidad de aplicación**: Todas las etapas, con principal incidencia en las etapas de PS y C. **Plazo de ejecución**: Con principal incidencia en los años de la etapa de PS y C, pero continuará durante la etapa de operación.	Relación de acciones propuestas contra las realizadas.
OM	Conformación y ampliación de tepetateras y depósitos de jales; permanencia de taludes y superficies sin cobertura vegetal o protección contra la erosión.											C	**Nombre**: **Programa de restauración ambiental** **Objetivo**: Restauración de una superficie similar a la que será desmontada con especies nativas del área donde se llevarán a cabo los trabajos, considerando monitoreos periódicos para alcanzar una sobrevivencia del 80%. **Periodicidad de aplicación**: Con principal incidencia en las etapas de PS-C. **Plazo de ejecución**: Con plazo durante la etapa de PS y C y considerando la sobrevivencia de los individuos rescatados en un porcentaje de 80%.	Porcentaje % de individuos reforestados con valor ecológico, medicinal o etnobotánico Sobrevivencia del 80% de los ejemplares reforestados al término del periodo de 6 meses. Cobertura en ha de los sitios que mantienen la conectividad vegetal para el fomento de corredores biológicos
DA	Retiro de infraestructura y reconformación del terreno, mientras las superficies permanezcan expuestas y no se establezca una cobertura protectora.											M	**Nombre**: **Programa de protección de escurrimientos** **Objetivo**: Reducir la erosión hídrica y el arrastre de suelo mediante el manejo controlado de los escurrimientos y la disipación de su energía, para proteger las superficies intervenidas y disminuir el aporte de sedimentos a los cauces receptores. **Periodicidad de aplicación**: Continua mientras existan superficies expuestas susceptibles a erosión.	Obras ejecutadas, inspección y mantenimiento, funcionamiento de las obras, control de erosión Planos y registros de obras, bitácoras de inspección y mantenimiento, fotografías

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo** S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	**Duración** Temporal o permanente	**Extensión** Puntual, local o regional	**Intensidad** Mínima, moderada o alta		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
													Plazo de ejecución: Desde el inicio de actividades y hasta lograr la estabilización de superficies intervenidas.	georreferenciadas y mediciones comparativas de erosión.
													Descripción: Implementar obras de conducción controlada de escurrimientos, disipación de energía y retención de sedimentos, de acuerdo con las condiciones del terreno, para reducir la erosión hídrica en las superficies intervenidas. Complementar con inspecciones, desazolve y reparación de las obras para mantener su funcionamiento y evitar descargas que generen erosión aguas abajo.	
PSC	Desmonte, despalme, excavaciones y cortes; construcción de caminos, plataformas, cimentaciones y losas; ocupación y sepultamiento del suelo bajo rellenos e infraestructura.	Suelo	Cantidad	IA10	Pérdida o disminución de la disponibilidad del recurso suelo	-	A, R	Permanente	Puntual	Alta	Directo	M	**Nombre**: **Programa de conservación de suelos**	Relación de acciones propuestas contra las realizadas.
													Objetivo: Proteger la capa edáfica a través de varias medidas dentro del AP.	
													Periodicidad de aplicación: Todas las etapas, con principal incidencia en las etapas de PS y C.	
													Plazo de ejecución: Con principal incidencia en los años de la etapa de PS y C, pero continuará durante la etapa de operación.	
OM	Disposición y ampliación de tepetateras y depósitos de jales; ampliación de caminos e instalaciones sobre superficies con suelo previamente conservado.											C	**Nombre**: **Programa de restauración ambiental**	Porcentaje % de individuos reforestados con valor ecológico, medicinal o etnobotánico Sobrevivencia del 80% de los ejemplares reforestados al término del periodo de 6 meses. Cobertura en ha de los sitios que mantienen la conectividad vegetal para el fomento de corredores biológicos
													Objetivo: Restauración de una superficie similar a la que será desmontada con especies nativas del área donde se llevarán a cabo los trabajos, considerando monitoreos periódicos para alcanzar una sobrevivencia del 80%.	
													Periodicidad de aplicación: Con principal incidencia en las etapas de PS-C.	
													Plazo de ejecución: Con plazo durante la etapa de PS y C y considerando la sobrevivencia de los individuos rescatados en un porcentaje de 80%.	
DA	Retiro de cimentaciones y movimientos de tierra, cuando impliquen pérdida adicional de suelo aprovechable.											R	**Nombre**: **Programa de cierre progresivo de la mina**	Cumplimiento de la superficie rehabilitada, de la recuperación de cobertura vegetal La evidencia serán los planos de superficies liberadas y rehabilitadas, bitácoras de actividades, fotografías georreferenciadas y
													Objetivo: Favorecer la recuperación gradual de las condiciones de temperatura y humedad del suelo mediante la rehabilitación progresiva de las áreas que dejen de utilizarse en la mina, la restitución del suelo orgánico y el restablecimiento de la cobertura vegetal.	
													Periodicidad de aplicación: Progresiva, conforme se liberen áreas que dejen de requerirse para la operación de la mina, programando la revegetación preferentemente al inicio de la temporada de lluvias.	

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo** S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	**Duración** Temporal o permanente	**Extensión** Puntual, local o regional	**Intensidad** Mínima, moderada o alta		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
													Plazo de ejecución: Desde la liberación definitiva de áreas durante la operación de la mina y hasta la conclusión de su rehabilitación en la etapa de cierre, con seguimiento durante el poscierre conforme a las metas del programa.	registros de cobertura vegetal.
PSC	Excavaciones, cortes y nivelaciones; conformación de plataformas, terraplenes y taludes; apertura de caminos; construcción de bordos y estructuras de contención de los depósitos de jales.	Geomorfología	Relieve	IA11	Modificación del relieve y configuración geomorfológica, especialmente por tepetateras y depósitos de jales.	-	A, R	Permanente	Puntual	Alta	Directo	M	**Nombre**: **Programa de conservación de suelos**	Relación de acciones propuestas contra las realizadas.
													Objetivo: Proteger la capa edáfica a través de varias medidas dentro del AP.	
													Periodicidad de aplicación: Todas las etapas, con principal incidencia en las etapas de PS y C.	
													Plazo de ejecución: Con principal incidencia en los años de la etapa de PS y C, pero continuará durante la etapa de operación.	
OM	Disposición y conformación progresiva de tepetateras; depósito y acumulación de jales; recrecimiento de bordos, cuando esté previsto; ampliación de plataformas y caminos que requiera cortes o rellenos.											C	**Nombre**: **Programa de restauración ambiental**	Porcentaje % de individuos reforestados con valor ecológico, medicinal o etnobotánico Sobrevivencia del 80% de los ejemplares reforestados al término del periodo de 6 meses. Cobertura en ha de los sitios que mantienen la conectividad vegetal para el fomento de corredores biológicos
													Objetivo: Restauración de una superficie similar a la que será desmontada con especies nativas del área donde se llevarán a cabo los trabajos, considerando monitoreos periódicos para alcanzar una sobrevivencia del 80%.	
													Periodicidad de aplicación: Con principal incidencia en las etapas de PS-C.	
													Plazo de ejecución: Con plazo durante la etapa de PS y C y considerando la sobrevivencia de los individuos rescatados en un porcentaje de 80%.	
DA	Reconformación de tepetateras, depósitos de jales y taludes; movimientos de tierra para establecer la configuración final del terreno.											R	**Nombre**: **Programa de cierre progresivo de la mina**	Cumplimiento de la superficie rehabilitada, de la recuperación de cobertura vegetal La evidencia serán los planos de superficies liberadas y rehabilitadas, bitácoras de actividades, fotografías georreferenciadas y registros de cobertura vegetal.
													Objetivo: Favorecer la recuperación gradual de las condiciones de temperatura y humedad del suelo mediante la rehabilitación progresiva de las áreas que dejen de utilizarse en la mina, la restitución del suelo orgánico y el restablecimiento de la cobertura vegetal.	
													Periodicidad de aplicación: Progresiva, conforme se liberen áreas que dejen de requerirse para la operación de la mina, programando la revegetación preferentemente al inicio de la temporada de lluvias.	
													Plazo de ejecución: Desde la liberación definitiva de áreas durante la operación de la mina y hasta la conclusión de su rehabilitación en la etapa de cierre, con seguimiento durante el poscierre conforme a las metas del programa.	

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo** S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	**Duración** Temporal o permanente	**Extensión** Puntual, local o regional	**Intensidad** Mínima, moderada o alta		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
PSC	Desmonte, despalme, excavaciones, cortes, nivelaciones y rellenos; conformación de plataformas y taludes	Agua superficial	Calidad	IA12	Riesgo de arrastre de sedimentos a corrientes de agua durante el movimiento de tierras.	-	A	Temporal	Local	Moderada	Indirecto	M	**Nombre**: **Programa de protección de escurrimientos** **Objetivo**: Reducir la erosión hídrica y el arrastre de suelo mediante el manejo controlado de los escurrimientos y la disipación de su energía, para proteger las superficies intervenidas y disminuir el aporte de sedimentos a los cauces receptores. **Periodicidad de aplicación**: Continua mientras existan superficies expuestas susceptibles a erosión. **Plazo de ejecución**: Desde el inicio de actividades y hasta lograr la estabilización de superficies intervenidas.	Obras ejecutadas, inspección y mantenimiento, funcionamiento de las obras, control de erosión Planos y registros de obras, bitácoras de inspección y mantenimiento, fotografías georreferenciadas y mediciones comparativas de erosión.
OM	Conformación y ampliación de tepetateras; movimiento de materiales en depósitos de jales; mantenimiento de caminos, taludes y drenajes											M	**Nombre**: **Programa de conservación de suelos** **Objetivo**: Proteger la capa edáfica a través de varias medidas dentro del AP. **Periodicidad de aplicación**: Todas las etapas, con principal incidencia en las etapas de PS y C. **Plazo de ejecución**: Con principal incidencia en los años de la etapa de PS y C, pero continuará durante la etapa de operación.	Relación de acciones propuestas contra las realizadas.
PSC	Generación, almacenamiento y manejo de residuos de obra; mantenimiento de maquinaria y vehículos; funcionamiento de oficinas, comedores y servicios sanitarios; manejo de aguas residuales.	Agua superficial	Calidad	IA13	Riesgo de contaminación de corrientes de agua por incorrecta disposición de residuos.	-	A	Temporal	Local	Moderada	Indirecto	P	**Nombre**: **Programa de manejo integral de residuos mineros, RME y RP** **Objetivo**: Separación, manejo y almacenamiento temporal de los residuos, con las características necesarias para su disposición. **Periodicidad de aplicación**: Todas las etapas **Plazo de ejecución**: Vida útil del Proyecto	Bitácoras de residuos, manifiestos de traslado y disposición final. Reportes negativos por mal manejo y disposición de residuos dentro del AP. Volúmenes de residuos generados y evidencia de manejo y disposición final. N° de derrames atendidos de manera correcta
OM	Manejo y disposición de residuos del beneficio de mineral, incluidos jales; almacenamiento y traslado de residuos peligrosos y de manejo especial;											P, M	**Nombre**: **Programa de sustancias peligrosas y respuesta a emergencias ambientales** **Objetivo**: Prevenir la contaminación del suelo mediante el manejo y almacenamiento seguro de sustancias peligrosas, y limitar la extensión y magnitud de las afectaciones ante fugas o derrames mediante su atención oportuna, contención y recuperación de los materiales liberados.	Condiciones de manejo y almacenamiento, capacidad de respuesta, atención de incidentes Listas de inspección, bitácoras, fotografías georreferenciadas, reportes de incidentes,

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo** S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	**Duración** Temporal o permanente	**Extensión** Puntual, local o regional	**Intensidad** Mínima, moderada o alta		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
	mantenimiento de equipos; manejo de aguas residuales y lodos.												**Periodicidad de aplicación**: Continua durante el manejo y almacenamiento de sustancias peligrosas.	comprobantes de manejo de residuos y resultados de laboratorio, cuando procedan.
													Plazo de ejecución: Desde el inicio de actividades y durante toda la vida útil del Proyecto.	
DA	Demolición y retiro de infraestructura; almacenamiento y transporte de escombros, residuos y materiales remanentes; limpieza de instalaciones y manejo de los líquidos resultantes.											M	**Nombre**: **Programa de protección de escurrimientos**	Obras ejecutadas, inspección y mantenimiento, funcionamiento de las obras, control de erosión Planos y registros de obras, bitácoras de inspección y mantenimiento, fotografías georreferenciadas y mediciones comparativas de erosión.
													Objetivo: Reducir la erosión hídrica y el arrastre de suelo mediante el manejo controlado de los escurrimientos y la disipación de su energía, para proteger las superficies intervenidas y disminuir el aporte de sedimentos a los cauces receptores.	
													Periodicidad de aplicación: Continua mientras existan superficies expuestas susceptibles a erosión.	
													Plazo de ejecución: Desde el inicio de actividades y hasta lograr la estabilización de superficies intervenidas.	
												P	**Nombre**: **Programa de capacitación ambiental**	Número de capacitaciones. Personal capacitado (%). Evidencias documentales de malas prácticas de los temas capacitados
													Objetivo: Se capacitará a todo el personal que labore en la obra sobre la importancia del cuidado del ambiente y sus recursos.	
													Periodicidad de aplicación: Todas las etapas.	
													Plazo de ejecución: Vida útil del Proyecto.	
PSC	Excavaciones, cortes, rellenos y nivelaciones; conformación de plataformas y terraplenes; apertura de caminos y construcción de cruces de escurrimientos; instalación de cunetas, canales y obras de desvío; construcción de bordos y estructuras de contención de jales.	Agua superficial	Patrón de drenaje	IA14	Alteración de los patrones de drenaje superficial	-	A, R	Permanente	Local	Moderada	Directo	M	**Nombre**: **Programa de protección de escurrimientos**	Obras ejecutadas, inspección y mantenimiento, funcionamiento de las obras, control de erosión Planos y registros de obras, bitácoras de inspección y mantenimiento, fotografías georreferenciadas y mediciones comparativas de erosión.
													Objetivo: Reducir la erosión hídrica y el arrastre de suelo mediante el manejo controlado de los escurrimientos y la disipación de su energía, para proteger las superficies intervenidas y disminuir el aporte de sedimentos a los cauces receptores.	
													Periodicidad de aplicación: Continua mientras existan superficies expuestas susceptibles a erosión.	
													Plazo de ejecución: Desde el inicio de actividades y hasta lograr la estabilización de superficies intervenidas.	
OM	Crecimiento y ampliación de tepetateras y depósitos de jales; ampliación de caminos y plataformas; modificación de											M	**Nombre**: **Programa de conservación de suelos**	Relación de acciones propuestas contra las realizadas.
													Objetivo: Proteger la capa edáfica a través de varias medidas dentro del AP.	
													Periodicidad de aplicación: Todas las etapas, con principal incidencia en las etapas de PS y C.	

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo** S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	**Duración** Temporal o permanente	**Extensión** Puntual, local o regional	**Intensidad** Mínima, moderada o alta		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
	canales y obras de drenaje, cuando cambien las trayectorias o puntos de descarga.												**Plazo de ejecución**: Con principal incidencia en los años de la etapa de PS y C, pero continuará durante la etapa de operación.	
DA	Reconformación del terreno y de los depósitos; retiro de infraestructura y adecuación del drenaje para establecer las rutas definitivas de escurrimiento.											R	**Nombre**: **Programa de cierre progresivo de la mina** **Objetivo**: Favorecer la recuperación gradual de las condiciones de temperatura y humedad del suelo mediante la rehabilitación progresiva de las áreas que dejen de utilizarse en la mina, la restitución del suelo orgánico y el restablecimiento de la cobertura vegetal. **Periodicidad de aplicación**: Progresiva, conforme se liberen áreas que dejen de requerirse para la operación de la mina, programando la revegetación preferentemente al inicio de la temporada de lluvias. **Plazo de ejecución**: Desde la liberación definitiva de áreas durante la operación de la mina y hasta la conclusión de su rehabilitación en la etapa de cierre, con seguimiento durante el poscierre conforme a las metas del programa.	Cumplimiento de la superficie rehabilitada, de la recuperación de cobertura vegetal La evidencia serán los planos de superficies liberadas y rehabilitadas, bitácoras de actividades, fotografías georreferenciadas y registros de cobertura vegetal.
PSC	Desmonte, despalme, compactación de áreas, construcción de cimentaciones, losas y pavimentos; impermeabilización de instalaciones y superficies.	Agua superficial	Patrón de drenaje	IA15	Modificación del coeficiente de escurrimiento debido a modificaciones en la superficie terrestre.	-	A, R	Permanente	Local	Moderada	Directo	M	**Nombre**: **Programa de protección de escurrimientos** **Objetivo**: Reducir la erosión hídrica y el arrastre de suelo mediante el manejo controlado de los escurrimientos y la disipación de su energía, para proteger las superficies intervenidas y disminuir el aporte de sedimentos a los cauces receptores. **Periodicidad de aplicación**: Continua mientras existan superficies expuestas susceptibles a erosión. **Plazo de ejecución**: Desde el inicio de actividades y hasta lograr la estabilización de superficies intervenidas.	Obras ejecutadas, inspección y mantenimiento, funcionamiento de las obras, control de erosión Planos y registros de obras, bitácoras de inspección y mantenimiento, fotografías georreferenciadas y mediciones comparativas de erosión.
OM	Tránsito reiterado de maquinaria y vehículos; mantenimiento de caminos mediante compactación; ampliación de superficies ocupadas por instalaciones, tepetateras y depósitos de jales.											M	**Nombre**: **Programa de conservación de suelos** **Objetivo**: Proteger la capa edáfica a través de varias medidas dentro del AP. **Periodicidad de aplicación**: Todas las etapas, con principal incidencia en las etapas de PS y C. **Plazo de ejecución**: Con principal incidencia en los años de la etapa de PS y C, pero continuará durante la etapa de operación.	Relación de acciones propuestas contra las realizadas.
DA												C	**Nombre**: **Programa de restauración ambiental**	

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo** S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	**Duración** Temporal o permanente	**Extensión** Puntual, local o regional	**Intensidad** Mínima, moderada o alta		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
	Tránsito de maquinaria pesada y compactación durante el acondicionamiento del terreno.												**Objetivo**: Restauración de una superficie similar a la que será desmontada con especies nativas del área donde se llevarán a cabo los trabajos, considerando monitoreos periódicos para alcanzar una sobrevivencia del 80%. **Periodicidad de aplicación**: Con principal incidencia en las etapas de PS-C. **Plazo de ejecución**: Con plazo durante la etapa de PS y C y considerando la sobrevivencia de los individuos rescatados en un porcentaje de 80%.	Porcentaje % de individuos reforestados con valor ecológico, medicinal o etnobotánico Sobrevivencia del 80% de los ejemplares reforestados al término del periodo de 6 meses. Cobertura en ha de los sitios que mantienen la conectividad vegetal para el fomento de corredores biológicos
PSC	Desmonte y despalme; compactación de caminos, plataformas y terraplenes; construcción de losas, pavimentos y cimentaciones; impermeabilización de instalaciones y depósitos	Agua subterránea	Recarga de acuíferos	IA16	Disminución en la recarga de acuíferos por modificaciones en la superficie terrestre.	-	A, R	Permanente	Puntual	Moderada	Indirecto	M	**Nombre**: **Programa de conservación de suelos** **Objetivo**: Proteger la capa edáfica a través de varias medidas dentro del AP. **Periodicidad de aplicación**: Todas las etapas, con principal incidencia en las etapas de PS y C. **Plazo de ejecución**: Con principal incidencia en los años de la etapa de PS y C, pero continuará durante la etapa de operación.	Relación de acciones propuestas contra las realizadas.
OM	Ampliación de superficies compactadas o impermeabilizadas; tránsito reiterado de maquinaria pesada; ocupación del terreno por tepetateras y depósitos de jales											C	**Nombre**: **Programa de restauración ambiental** **Objetivo**: Restauración de una superficie similar a la que será desmontada con especies nativas del área donde se llevarán a cabo los trabajos, considerando monitoreos periódicos para alcanzar una sobrevivencia del 80%. **Periodicidad de aplicación**: Con principal incidencia en las etapas de PS-C. **Plazo de ejecución**: Con plazo durante la etapa de PS y C y considerando la sobrevivencia de los individuos rescatados en un porcentaje de 80%.	Porcentaje % de individuos reforestados con valor ecológico, medicinal o etnobotánico Sobrevivencia del 80% de los ejemplares reforestados al término del periodo de 6 meses. Cobertura en ha de los sitios que mantienen la conectividad vegetal para el fomento de corredores biológicos
DA	Compactación por maquinaria durante el cierre y permanencia de superficies impermeables											P	**Nombre**: **Programa de capacitación ambiental** **Objetivo**: Se capacitará a todo el personal que labore en la obra sobre la importancia del cuidado del ambiente y sus recursos. **Periodicidad de aplicación:** Todas las etapas. **Plazo de ejecución**: Vida útil del Proyecto.	Número de capacitaciones. Personal capacitado (%). Evidencias documentales de malas prácticas de los temas capacitados

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo** S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	**Duración** Temporal o permanente	**Extensión** Puntual, local o regional	**Intensidad** Mínima, moderada o alta		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
PSC	Excavaciones y desarrollo de obras mineras que intercepten el nivel freático o fracturas conductoras de agua	Agua subterránea	Régimen hidrogeológico	IA17	Modificación de niveles piezométricos, gradientes, direcciones de flujo y/o conectividad hidráulica del sistema hidrogeológico.	-	A, R	Temporal	Local	Moderada	Directo	M	**Nombre**: **Programa de protección de escurrimientos** **Objetivo**: Reducir la erosión hídrica y el arrastre de suelo mediante el manejo controlado de los escurrimientos y la disipación de su energía, para proteger las superficies intervenidas y disminuir el aporte de sedimentos a los cauces receptores. **Periodicidad de aplicación**: Continua mientras existan superficies expuestas susceptibles a erosión. **Plazo de ejecución**: Desde el inicio de actividades y hasta lograr la estabilización de superficies intervenidas.	Obras ejecutadas, inspección y mantenimiento, funcionamiento de las obras, control de erosión Planos y registros de obras, bitácoras de inspección y mantenimiento, fotografías georreferenciadas y mediciones comparativas de erosión.
OM	Profundización y ampliación de excavaciones; perforación y voladuras que modifiquen la conectividad de fracturas con circulación de agua.											R	**Nombre**: **Programa de cierre progresivo de la mina** **Objetivo**: Favorecer la recuperación gradual de las condiciones de temperatura y humedad del suelo mediante la rehabilitación progresiva de las áreas que dejen de utilizarse en la mina, la restitución del suelo orgánico y el restablecimiento de la cobertura vegetal. **Periodicidad de aplicación**: Progresiva, conforme se liberen áreas que dejen de requerirse para la operación de la mina, programando la revegetación preferentemente al inicio de la temporada de lluvias. **Plazo de ejecución**: Desde la liberación definitiva de áreas durante la operación de la mina y hasta la conclusión de su rehabilitación en la etapa de cierre, con seguimiento durante el poscierre conforme a las metas del programa.	Cumplimiento de la superficie rehabilitada, de la recuperación de cobertura vegetal La evidencia serán los planos de superficies liberadas y rehabilitadas, bitácoras de actividades, fotografías georreferenciadas y registros de cobertura vegetal.
DA	Reducción o suspensión del bombeo, inundación de labores y sellado de obras subterráneas, que pueden modificar los niveles y redistribuir el flujo de agua.											P	**Nombre**: **Programa de capacitación ambiental** **Objetivo**: Se capacitará a todo el personal que labore en la obra sobre la importancia del cuidado del ambiente y sus recursos. **Periodicidad de aplicación:** Todas las etapas. **Plazo de ejecución**: Vida útil del Proyecto.	Número de capacitaciones. Personal capacitado (%). Evidencias documentales de malas prácticas de los temas capacitados
PSC	Almacenamiento y abastecimiento de combustibles y lubricantes; mantenimiento de maquinaria; almacenamiento de residuos peligrosos;	Agua subterránea	Calidad	IA18	Riesgo de contaminación por la disposición inadecuada de agentes contaminantes que lixivian a las aguas subterráneas.	-	A, R	Temporal	Local	Moderada	Indirecto	P	**Nombre**: **Programa de manejo integral de residuos mineros, RME y RP** **Objetivo**: Separación, manejo y almacenamiento temporal de los residuos, con las características necesarias para su disposición. **Periodicidad de aplicación**: Todas las etapas **Plazo de ejecución**: Vida útil del Proyecto	Bitácoras de residuos, manifiestos de traslado y disposición final. Reportes negativos por mal manejo y disposición de residuos dentro del AP. Volúmenes de residuos generados y evidencia

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo** S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	**Duración** Temporal o permanente	**Extensión** Puntual, local o regional	**Intensidad** Mínima, moderada o alta		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
	manejo de aguas residuales													de manejo y disposición final. N° de derrames atendidos de manera correcta
OM	Disposición de tepetate y jales con potencial de generar lixiviados contaminantes; almacenamiento y manejo de reactivos y soluciones de proceso; operación de depósitos, conducciones y sistemas de contención; manejo de residuos peligrosos y aguas residuales.											P, M	**Nombre**: **Programa de sustancias peligrosas y respuesta a emergencias ambientales** **Objetivo**: Prevenir la contaminación del suelo mediante el manejo y almacenamiento seguro de sustancias peligrosas, y limitar la extensión y magnitud de las afectaciones ante fugas o derrames mediante su atención oportuna, contención y recuperación de los materiales liberados. **Periodicidad de aplicación**: Continua durante el manejo y almacenamiento de sustancias peligrosas. **Plazo de ejecución:** Desde el inicio de actividades y durante toda la vida útil del Proyecto.	Condiciones de manejo y almacenamiento, capacidad de respuesta, atención de incidentes Listas de inspección, bitácoras, fotografías georreferenciadas, reportes de incidentes, comprobantes de manejo de residuos y resultados de laboratorio, cuando procedan.
DA	Retiro de reactivos, combustibles y residuos remanentes; limpieza y desmantelamiento de instalaciones											M	**Nombre**: **Programa de protección de escurrimientos** **Objetivo**: Reducir la erosión hídrica y el arrastre de suelo mediante el manejo controlado de los escurrimientos y la disipación de su energía, para proteger las superficies intervenidas y disminuir el aporte de sedimentos a los cauces receptores. **Periodicidad de aplicación**: Continua mientras existan superficies expuestas susceptibles a erosión. **Plazo de ejecución**: Desde el inicio de actividades y hasta lograr la estabilización de superficies intervenidas.	Obras ejecutadas, inspección y mantenimiento, funcionamiento de las obras, control de erosión Planos y registros de obras, bitácoras de inspección y mantenimiento, fotografías georreferenciadas y mediciones comparativas de erosión.
												P	**Nombre**: **Programa de capacitación ambiental** **Objetivo**: Se capacitará a todo el personal que labore en la obra sobre la importancia del cuidado del ambiente y sus recursos. **Periodicidad de aplicación:** Todas las etapas. **Plazo de ejecución**: Vida útil del Proyecto.	Número de capacitaciones. Personal capacitado (%). Evidencias documentales de malas prácticas de los temas capacitados
PSC	Desmonte para la apertura y ampliación de caminos y la habilitación de plataformas, instalaciones de proceso, infraestructura	Vegetación	Cobertura vegetal	IA19	Reducción de la cobertura vegetal por desmonte.	-	A, R	Permanente	Puntual	Alta	Directo	M	**Nombre**: **Programa de rescate y reubicación de flora** **Objetivo**: Reducir la pérdida de individuos de flora por el desmonte mediante su rescate, reubicación y seguimiento en sitios adecuados, priorizando las especies en riesgo, endémicas y de importancia ecológica, para favorecer su supervivencia y contribuir	Porcentaje % de individuos rescatados con valor ecológico, medicinal o etnobotánico Sobrevivencia del 80% de los ejemplares

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo** S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	**Duración** Temporal o permanente	**Extensión** Puntual, local o regional	**Intensidad** Mínima, moderada o alta		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
	auxiliar, tepetateras y depósitos de jales.												a la conservación de la diversidad florística de la región.	rescatados y reubicados al término del periodo de 6 meses
													Periodicidad de aplicación: Previo al desmonte.	
													Plazo de ejecución: Previo al inicio del desmonte.	
													Descripción: Realizar recorridos previos al desmonte para identificar y rescatar los individuos de flora seleccionados conforme a los criterios del programa, priorizando especies en riesgo, endémicas y de importancia ecológica. Reubicarlos en sitios con condiciones adecuadas para cada especie y efectuar su mantenimiento y seguimiento para favorecer su supervivencia y establecimiento.	
												C	**Nombre**: **Programa de restauración ambiental**	Porcentaje % de individuos reforestados con valor ecológico, medicinal o etnobotánico Sobrevivencia del 80% de los ejemplares reforestados al término del periodo de 6 meses. Cobertura en ha de los sitios que mantienen la conectividad vegetal para el fomento de corredores biológicos
													Objetivo: Restauración de una superficie similar a la que será desmontada con especies nativas del área donde se llevarán a cabo los trabajos, considerando monitoreos periódicos para alcanzar una sobrevivencia del 80%.	
													Periodicidad de aplicación: Con principal incidencia en las etapas de PS-C.	
													Plazo de ejecución: Con plazo durante la etapa de PS y C y considerando la sobrevivencia de los individuos rescatados en un porcentaje de 80%.	
												R	**Nombre**: **Programa de cierre progresivo de la mina**	Cumplimiento de la superficie rehabilitada, de la recuperación de cobertura vegetal La evidencia serán los planos de superficies liberadas y rehabilitadas, bitácoras de actividades, fotografías georreferenciadas y registros de cobertura vegetal.
													Objetivo: Favorecer la recuperación gradual de las condiciones de temperatura y humedad del suelo mediante la rehabilitación progresiva de las áreas que dejen de utilizarse en la mina, la restitución del suelo orgánico y el restablecimiento de la cobertura vegetal.	
													Periodicidad de aplicación: Progresiva, conforme se liberen áreas que dejen de requerirse para la operación de la mina, programando la revegetación preferentemente al inicio de la temporada de lluvias.	
													Plazo de ejecución: Desde la liberación definitiva de áreas durante la operación de la mina y hasta la conclusión de su rehabilitación en la etapa de cierre, con seguimiento durante el poscierre conforme a las metas del programa.	
												P	**Nombre**: **Programa de capacitación ambiental**	

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo** S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	**Duración** Temporal o permanente	**Extensión** Puntual, local o regional	**Intensidad** Mínima, moderada o alta		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
													Objetivo: Se capacitará a todo el personal que labore en la obra sobre la importancia del cuidado del ambiente y sus recursos.	Número de capacitaciones. Personal capacitado (%). Evidencias documentales de malas prácticas de los temas capacitados
													Periodicidad de aplicación: Todas las etapas.	
													Plazo de ejecución: Vida útil del Proyecto.	
PSC	Desmonte, despalme	Vegetación	Estructura y composición florística	IA20	Modificación de la abundancia y diversidad de flora.	-	A, R	Permanente	Puntual	Moderada	Directo	M	**Nombre**: **Programa de rescate y reubicación de flora**	Porcentaje % de individuos rescatados con valor ecológico, medicinal o etnobotánico Sobrevivencia del 80% de los ejemplares rescatados y reubicados al término del periodo de 6 meses
													Objetivo: Reducir la pérdida de individuos de flora por el desmonte mediante su rescate, reubicación y seguimiento en sitios adecuados, priorizando las especies en riesgo, endémicas y de importancia ecológica, para favorecer su supervivencia y contribuir a la conservación de la diversidad florística de la región.	
													Periodicidad de aplicación: Previo al desmonte.	
													Plazo de ejecución: Previo al inicio del desmonte.	
													Descripción: Realizar recorridos previos al desmonte para identificar y rescatar los individuos de flora seleccionados conforme a los criterios del programa, priorizando especies en riesgo, endémicas y de importancia ecológica. Reubicarlos en sitios con condiciones adecuadas para cada especie y efectuar su mantenimiento y seguimiento para favorecer su supervivencia y establecimiento.	
OM	Desmonte para ampliaciones previstas											C	**Nombre**: **Programa de restauración ambiental**	Porcentaje % de individuos reforestados con valor ecológico, medicinal o etnobotánico Sobrevivencia del 80% de los ejemplares reforestados al término del periodo de 6 meses. Cobertura en ha de los sitios que mantienen la conectividad vegetal para el fomento de corredores biológicos
													Objetivo: Restauración de una superficie similar a la que será desmontada con especies nativas del área donde se llevarán a cabo los trabajos, considerando monitoreos periódicos para alcanzar una sobrevivencia del 80%.	
													Periodicidad de aplicación: Con principal incidencia en las etapas de PS-C.	
													Plazo de ejecución: Con plazo durante la etapa de PS y C y considerando la sobrevivencia de los individuos rescatados en un porcentaje de 80%.	
												P	**Nombre**: **Programa de capacitación ambiental**	Número de capacitaciones. Personal capacitado (%). Evidencias
													Objetivo: Se capacitará a todo el personal que labore en la obra sobre la importancia del cuidado del ambiente y sus recursos.	

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo**	**Duración**	**Extensión**	**Intensidad**		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
							S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	Temporal o permanente	Puntual, local o regional	Mínima, moderada o alta				
													Periodicidad de aplicación: Todas las etapas.	documentales de malas prácticas de los temas capacitados
													Plazo de ejecución: Vida útil del Proyecto.	
PSC	Desmonte y apertura de caminos, brechas y corredores de infraestructura que dividan parches de vegetación; habilitación de plataformas, instalaciones, tepetateras y depósitos de jales que interrumpan la continuidad de la cobertura vegetal y generen nuevos bordes.	Vegetación	Estructura y composición florística	IA21	Fragmentación de la vegetación y efecto borde.	-	A, R	Permanente	Local	Moderada	Directo	C	**Nombre**: **Programa de restauración ambiental**	Porcentaje % de individuos reforestados con valor ecológico, medicinal o etnobotánico Sobrevivencia del 80% de los ejemplares reforestados al término del periodo de 6 meses. Cobertura en ha de los sitios que mantienen la conectividad vegetal para el fomento de corredores biológicos
													Objetivo: Restauración de una superficie similar a la que será desmontada con especies nativas del área donde se llevarán a cabo los trabajos, considerando monitoreos periódicos para alcanzar una sobrevivencia del 80%.	
													Periodicidad de aplicación: Con principal incidencia en las etapas de PS-C.	
													Plazo de ejecución: Con plazo durante la etapa de PS y C y considerando la sobrevivencia de los individuos rescatados en un porcentaje de 80%.	
												M	**Nombre**: **Programa de rescate y reubicación de flora**	Porcentaje % de individuos rescatados con valor ecológico, medicinal o etnobotánico Sobrevivencia del 80% de los ejemplares rescatados y reubicados al término del periodo de 6 meses
													Objetivo: Reducir la pérdida de individuos de flora por el desmonte mediante su rescate, reubicación y seguimiento en sitios adecuados, priorizando las especies en riesgo, endémicas y de importancia ecológica, para favorecer su supervivencia y contribuir a la conservación de la diversidad florística de la región.	
													Periodicidad de aplicación: Previo al desmonte.	
													Plazo de ejecución: Previo al inicio del desmonte.	
													Descripción: Realizar recorridos previos al desmonte para identificar y rescatar los individuos de flora seleccionados conforme a los criterios del programa, priorizando especies en riesgo, endémicas y de importancia ecológica. Reubicarlos en sitios con condiciones adecuadas para cada especie y efectuar su mantenimiento y seguimiento para favorecer su supervivencia y establecimiento.	
OM	Ampliación de caminos, instalaciones y depósitos sobre áreas vegetadas; retiro recurrente de vegetación para											M	**Nombre**: **Programa de rescate y reubicación de fauna**	Porcentaje % de ejemplares de lento desplazamiento rescatados y reubicados Bitácora de rescate y
													Objetivo: Acciones principalmente de ahuyentamiento y si es necesario rescate y reubicación, para posteriormente monitorear su establecimiento en el nuevo ecosistema.	

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo** S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	**Duración** Temporal o permanente	**Extensión** Puntual, local o regional	**Intensidad** Mínima, moderada o alta		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
	mantener despejadas las superficies operativas													reubicación de fauna Anexo fotográfico
													Periodicidad de aplicación: Con principal incidencia en las etapas de PS y C, pero se mantiene durante la operación.	
													Plazo de ejecución: Durante la PS-C, manteniéndose en la O&M	
													Descripción: Este programa describe los métodos y técnicas para el ahuyentamiento, rescate y reubicación de individuos de fauna que habitan o se encuentran en las áreas donde se establecerán los componentes del proyecto, a través de labores de protección.	
												P	**Nombre**: **Programa de capacitación ambiental**	Número de capacitaciones. Personal capacitado (%). Evidencias documentales de malas prácticas de los temas capacitados
													Objetivo: Se capacitará a todo el personal que labore en la obra sobre la importancia del cuidado del ambiente y sus recursos.	
													Periodicidad de aplicación: Todas las etapas.	
													Plazo de ejecución: Vida útil del Proyecto.	
PSC	Desmonte, despalme de las áreas donde se instalará la infraestructura	Vegetación	Especies de interés para conservación	IA22	Retiro de individuos de especies en riesgo y endémicas debido a la remoción de la vegetación y posibles cambios en sus poblaciones.	-	A, R	Permanente	Puntual	Moderada	Directo	M	**Nombre**: **Programa de rescate y reubicación de flora**	Porcentaje % de individuos rescatados con valor ecológico, medicinal o etnobotánico Sobrevivencia del 80% de los ejemplares rescatados y reubicados al término del periodo de 6 meses
													Objetivo: Reducir la pérdida de individuos de flora por el desmonte mediante su rescate, reubicación y seguimiento en sitios adecuados, priorizando las especies en riesgo, endémicas y de importancia ecológica, para favorecer su supervivencia y contribuir a la conservación de la diversidad florística de la región.	
													Periodicidad de aplicación: Previo al desmonte.	
													Plazo de ejecución: Previo al inicio del desmonte.	
													Descripción: Realizar recorridos previos al desmonte para identificar y rescatar los individuos de flora seleccionados conforme a los criterios del programa, priorizando especies en riesgo, endémicas y de importancia ecológica. Reubicarlos en sitios con condiciones adecuadas para cada especie y efectuar su mantenimiento y seguimiento para favorecer su supervivencia y establecimiento.	
												C	**Nombre**: **Programa de restauración ambiental**	Porcentaje % de individuos reforestados con valor ecológico, medicinal o
													Objetivo: Restauración de una superficie similar a la que será desmontada con especies nativas del área donde se llevarán a cabo los trabajos, considerando	

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo** S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	**Duración** Temporal o permanente	**Extensión** Puntual, local o regional	**Intensidad** Mínima, moderada o alta		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
													monitoreos periódicos para alcanzar una sobrevivencia del 80%.	etnobotánico Sobrevivencia del 80% de los ejemplares reforestados al término del periodo de 6 meses. Cobertura en ha de los sitios que mantienen la conectividad vegetal para el fomento de corredores biológicos
													Periodicidad de aplicación: Con principal incidencia en las etapas de PS-C.	
													Plazo de ejecución: Con plazo durante la etapa de PS y C y considerando la sobrevivencia de los individuos rescatados en un porcentaje de 80%.	
												P	**Nombre**: **Programa de capacitación ambiental**	Número de capacitaciones. Personal capacitado (%). Evidencias documentales de malas prácticas de los temas capacitados
													Objetivo: Se capacitará a todo el personal que labore en la obra sobre la importancia del cuidado del ambiente y sus recursos.	
													Periodicidad de aplicación: Todas las etapas.	
													Plazo de ejecución: Vida útil del Proyecto.	
PSC	Desmonte, despalme.	Vegetación	Captura de carbono y generación de oxígeno	IA23	Disminución de la capacidad de captura y almacenamiento de carbono y generación de oxígeno.	-	A, R	Permanente	Puntual	Mínima	Directo	C	**Nombre**: **Programa de restauración ambiental**	Porcentaje % de individuos reforestados con valor ecológico, medicinal o etnobotánico Sobrevivencia del 80% de los ejemplares reforestados al término del periodo de 6 meses. Cobertura en ha de los sitios que mantienen la conectividad vegetal para el fomento de corredores biológicos
													Objetivo: Restauración de una superficie similar a la que será desmontada con especies nativas del área donde se llevarán a cabo los trabajos, considerando monitoreos periódicos para alcanzar una sobrevivencia del 80%.	
													Periodicidad de aplicación: Con principal incidencia en las etapas de PS-C.	
													Plazo de ejecución: Con plazo durante la etapa de PS y C y considerando la sobrevivencia de los individuos rescatados en un porcentaje de 80%.	
												M	**Nombre**: **Programa de rescate y reubicación de flora**	Porcentaje % de individuos rescatados con valor ecológico, medicinal o etnobotánico Sobrevivencia del 80% de los ejemplares rescatados y reubicados al término del periodo de 6 meses
													Objetivo: Reducir la pérdida de individuos de flora por el desmonte mediante su rescate, reubicación y seguimiento en sitios adecuados, priorizando las especies en riesgo, endémicas y de importancia ecológica, para favorecer su supervivencia y contribuir a la conservación de la diversidad florística de la región.	
													Periodicidad de aplicación: Previo al desmonte.	
													Plazo de ejecución: Previo al inicio del desmonte.	
													Descripción: Realizar recorridos previos al desmonte para identificar y rescatar los individuos de flora seleccionados conforme a los criterios del programa,	

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo** S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	**Duración** Temporal o permanente	**Extensión** Puntual, local o regional	**Intensidad** Mínima, moderada o alta		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
													priorizando especies en riesgo, endémicas y de importancia ecológica. Reubicarlos en sitios con condiciones adecuadas para cada especie y efectuar su mantenimiento y seguimiento para favorecer su supervivencia y establecimiento.	
OM	Desmonte de nuevas superficies para ampliaciones previstas											R	**Nombre**: **Programa de cierre progresivo de la mina** **Objetivo**: Favorecer la recuperación gradual de las condiciones de temperatura y humedad del suelo mediante la rehabilitación progresiva de las áreas que dejen de utilizarse en la mina, la restitución del suelo orgánico y el restablecimiento de la cobertura vegetal. **Periodicidad de aplicación**: Progresiva, conforme se liberen áreas que dejen de requerirse para la operación de la mina, programando la revegetación preferentemente al inicio de la temporada de lluvias. **Plazo de ejecución**: Desde la liberación definitiva de áreas durante la operación de la mina y hasta la conclusión de su rehabilitación en la etapa de cierre, con seguimiento durante el poscierre conforme a las metas del programa.	Cumplimiento de la superficie rehabilitada, de la recuperación de cobertura vegetal La evidencia serán los planos de superficies liberadas y rehabilitadas, bitácoras de actividades, fotografías georreferenciadas y registros de cobertura vegetal.
												P	**Nombre**: **Programa de capacitación ambiental** **Objetivo**: Se capacitará a todo el personal que labore en la obra sobre la importancia del cuidado del ambiente y sus recursos. **Periodicidad de aplicación:** Todas las etapas. **Plazo de ejecución**: Vida útil del Proyecto.	Número de capacitaciones. Personal capacitado (%). Evidencias documentales de malas prácticas de los temas capacitados
PSC	Desmonte, despalme, excavaciones y movimiento de tierras; operación de maquinaria y circulación de vehículos; apertura de zanjas o excavaciones; presencia de personal que pueda capturar, manipular o agredir ejemplares.	Fauna	Diversidad y abundancia	IA24	Riesgo de muerte o daño accidental o intencional de fauna terrestre.	-	A, R	Temporal	Puntual	Moderada	Directo	M	**Nombre**: **Programa de rescate y reubicación de fauna** **Objetivo**: Acciones principalmente de ahuyentamiento y si es necesario rescate y reubicación, para posteriormente monitorear su establecimiento en el nuevo ecosistema. **Periodicidad de aplicación**: Con principal incidencia en las etapas de PS y C, pero se mantiene durante la operación. **Plazo de ejecución**: Durante la PS-C, manteniéndose en la O&M **Descripción**: Este programa describe los métodos y técnicas para el ahuyentamiento, rescate y reubicación de individuos de fauna que habitan o se encuentran en las áreas donde se establecerán los	Porcentaje % de ejemplares de lento desplazamiento rescatados y reubicados Bitácora de rescate y reubicación de fauna Anexo fotográfico

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo** S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	**Duración** Temporal o permanente	**Extensión** Puntual, local o regional	**Intensidad** Mínima, moderada o alta		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
													componentes del proyecto, a través de labores de protección.	
OM	Tránsito de vehículos y acarreo de mineral y tepetate; perforación y voladuras; operación de maquinaria; mantenimiento de caminos y retiro de vegetación; interacción del personal con fauna silvestre.											P	**Nombre**: **Programa de capacitación ambiental** **Objetivo**: Se capacitará a todo el personal que labore en la obra sobre la importancia del cuidado del ambiente y sus recursos. **Periodicidad de aplicación:** Todas las etapas. **Plazo de ejecución**: Vida útil del Proyecto.	Número de capacitaciones. Personal capacitado (%). Evidencias documentales de malas prácticas de los temas capacitados
PSC	Desmonte y despalme; apertura de caminos; habilitación de plataformas, instalaciones, tepetateras y depósitos de jales; excavaciones y operación de maquinaria que eliminen hábitat o perturben a la fauna.	Fauna	Diversidad y abundancia	IA25	Modificación de la diversidad y abundancia de fauna presente a nivel de área de influencia del Proyecto.	-	A, R	Permanente	Local	Moderada	Indirecto	Seguimiento y vigilancia M	**Nombre**: **Programa de monitoreo de fauna** **Objetivo**: Evaluar los cambios en la diversidad, abundancia y distribución de la fauna silvestre en el área de influencia del Proyecto, mediante monitoreos comparables con la línea base y sitios de referencia, para detectar afectaciones, verificar la eficacia de las medidas de manejo y orientar acciones correctivas. **Periodicidad de aplicación**: Mensual al inicio; dependiendo de los resultados del primer año, se pueden considerar de forma semestral, con campañas en temporada seca y lluviosa. **Plazo de ejecución**: Considerar al menos un ciclo anual previo a iniciar los trabajos de PS, con el fin de tener datos de línea base. Se continuará durante la PS-C, O&M. **Descripción**: Realizar monitoreos sistemáticos de fauna en sitios representativos del AP, mediante métodos y esfuerzos de muestreo comparables entre temporadas. Registrar la riqueza, abundancia y distribución de las especies, analizar sus cambios respecto de la línea base y utilizar los resultados para evaluar las medidas de manejo y definir acciones correctivas cuando se detecten afectaciones atribuibles al Proyecto.	Campañas realizadas, esfuerzo de muestreo; informes de campañas, fichas y bases de datos, coordenadas de estaciones, fotografías, registros de esfuerzo, análisis comparativos y seguimiento de acciones correctivas.
												M	**Nombre**: **Programa de rescate y reubicación de fauna** **Objetivo**: Acciones principalmente de ahuyentamiento y si es necesario rescate y reubicación, para posteriormente monitorear su establecimiento en el nuevo ecosistema.	Porcentaje % de ejemplares de lento desplazamiento rescatados y reubicados Bitácora de rescate y

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo** S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	**Duración** Temporal o permanente	**Extensión** Puntual, local o regional	**Intensidad** Mínima, moderada o alta		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
													Periodicidad de aplicación: Con principal incidencia en las etapas de PS y C, pero se mantiene durante la operación.	reubicación de fauna Anexo fotográfico
													Plazo de ejecución: Durante la PS-C, manteniéndose en la O&M	
													Descripción: Este programa describe los métodos y técnicas para el ahuyentamiento, rescate y reubicación de individuos de fauna que habitan o se encuentran en las áreas donde se establecerán los componentes del proyecto, a través de labores de protección.	
OM	Perforación y voladuras; trituración y molienda; tránsito y acarreo de materiales; iluminación nocturna; ampliación de áreas operativas y retiro de vegetación durante el mantenimiento.											Seguimiento y vigilancia M	**Nombre**: **Acciones de protección de cuevas con presencia de murciélagos ubicadas dentro del predio del proyecto**	Campañas realizadas, esfuerzo de muestreo; informes, archivos acústicos, bases de datos validadas, coordenadas, registros de esfuerzo y condiciones meteorológicas, fichas de refugios y seguimiento de acciones correctivas.
													Objetivo: Evaluar los cambios en la diversidad, actividad y uso del hábitat de los quirópteros en el área de influencia del Proyecto, mediante su comparación con la línea base y sitios de referencia, para detectar afectaciones, verificar la eficacia de las medidas de protección y orientar acciones correctivas.	
													Periodicidad de aplicación: Mensual al inicio; dependiendo de los resultados del primer año, se pueden considerar de forma semestral, con campañas en temporada seca y lluviosa.	
													Plazo de ejecución: Considerar al menos un ciclo anual previo a iniciar los trabajos de PS, con el fin de tener datos de línea base. Se continuará durante la PS-C, O&M.	
													Descripción: Realizar monitoreos sistemáticos de quirópteros mediante registros acústicos y observación de refugios, con métodos y esfuerzos comparables entre temporadas y sitios. Evaluar cambios en la riqueza de especies, actividad y uso del hábitat respecto de la línea base y sitios de referencia, para identificar afectaciones asociadas al Proyecto y orientar acciones correctivas de protección. Estas acciones se contemplan dentro del Programa de monitoreo de fauna.	
												P	**Nombre**: **Programa de capacitación ambiental**	Número de capacitaciones. Personal capacitado (%). Evidencias documentales de malas
													Objetivo: Se capacitará a todo el personal que labore en la obra sobre la importancia del cuidado del ambiente y sus recursos.	
													Periodicidad de aplicación: Todas las etapas.	

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo**	**Duración**	**Extensión**	**Intensidad**		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
							S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	Temporal o permanente	Puntual, local o regional	Mínima, moderada o alta			**Plazo de ejecución**: Vida útil del Proyecto.	prácticas de los temas capacitados
PSC	Apertura de caminos; construcción de plataformas, instalaciones, canales y excavaciones abiertas; colocación de cercados; habilitación de tepetateras y depósitos de jales que intercepten rutas de desplazamiento.	Fauna	Movilidad	IA26	Restricción de la movilidad de la fauna silvestre debido a la construcción, la presencia de las estructuras y operación del Proyecto.	-	A, R	Permanente	Local	Moderada	Directo	Seguimiento y vigilancia M	**Nombre**: **Programa de monitoreo de fauna** **Objetivo**: Evaluar los cambios en la diversidad, abundancia y distribución de la fauna silvestre en el área de influencia del Proyecto, mediante monitoreos comparables con la línea base y sitios de referencia, para detectar afectaciones, verificar la eficacia de las medidas de manejo y orientar acciones correctivas. **Periodicidad de aplicación**: Mensual al inicio; dependiendo de los resultados del primer año, se pueden considerar de forma semestral, con campañas en temporada seca y lluviosa. **Plazo de ejecución**: Considerar al menos un ciclo anual previo a iniciar los trabajos de PS, con el fin de tener datos de línea base. Se continuará durante la PS-C, O&M.	Campañas realizadas, esfuerzo de muestreo; informes de campañas, fichas y bases de datos, coordenadas de estaciones, fotografías, registros de esfuerzo, análisis comparativos y seguimiento de acciones correctivas.
												Seguimiento y vigilancia M	**Nombre**: **Acciones de protección de cuevas con presencia de murciélagos ubicadas dentro del predio del proyecto** **Objetivo**: Evaluar los cambios en la diversidad, actividad y uso del hábitat de los quirópteros en el área de influencia del Proyecto, mediante su comparación con la línea base y sitios de referencia, para detectar afectaciones, verificar la eficacia de las medidas de protección y orientar acciones correctivas. **Periodicidad de aplicación:** Mensual al inicio; dependiendo de los resultados del primer año, se pueden considerar de forma semestral, con campañas en temporada seca y lluviosa. **Plazo de ejecución**: Considerar al menos un ciclo anual previo a iniciar los trabajos de PS, con el fin de tener datos de línea base. Se continuará durante la PS-C, O&M.	Campañas realizadas, esfuerzo de muestreo; informes, archivos acústicos, bases de datos validadas, coordenadas, registros de esfuerzo y condiciones meteorológicas, fichas de refugios y seguimiento de acciones correctivas.
OM	Tránsito vehicular y acarreo de materiales; crecimiento de tepetateras y depósitos de jales; mantenimiento de infraestructura que limite el paso; operación e iluminación de instalaciones que											C	**Nombre**: **Programa de restauración ambiental** **Objetivo**: Restauración de una superficie similar a la que será desmontada con especies nativas del área donde se llevarán a cabo los trabajos, considerando monitoreos periódicos para alcanzar una sobrevivencia del 80%. **Periodicidad de aplicación**: Con principal incidencia en las etapas de PS-C.	Porcentaje % de individuos reforestados con valor ecológico, medicinal o etnobotánico Sobrevivencia del 80% de los ejemplares reforestados al término del periodo de 6 meses.

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo** S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	**Duración** Temporal o permanente	**Extensión** Puntual, local o regional	**Intensidad** Mínima, moderada o alta		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
	provoquen evasión de rutas.												**Plazo de ejecución**: Con plazo durante la etapa de PS y C y considerando la sobrevivencia de los individuos rescatados en un porcentaje de 80%.	Cobertura en ha de los sitios que mantienen la conectividad vegetal para el fomento de corredores biológicos
												M	**Nombre**: **Programa de rescate y reubicación de fauna**	Porcentaje % de ejemplares de lento desplazamiento rescatados y reubicados Bitácora de rescate y reubicación de fauna Anexo fotográfico
													Objetivo: Acciones principalmente de ahuyentamiento y si es necesario rescate y reubicación, para posteriormente monitorear su establecimiento en el nuevo ecosistema.	
													Periodicidad de aplicación: Con principal incidencia en las etapas de PS y C, pero se mantiene durante la operación.	
													Plazo de ejecución: Durante la PS-C, manteniéndose en la O&M	
DA	Circulación de maquinaria, excavaciones; permanencia de depósitos o estructuras definitivas que mantengan barreras al desplazamiento.											P	**Nombre**: **Programa de capacitación ambiental**	Número de capacitaciones. Personal capacitado (%). Evidencias documentales de malas prácticas de los temas capacitados
													Objetivo: Se capacitará a todo el personal que labore en la obra sobre la importancia del cuidado del ambiente y sus recursos.	
													Periodicidad de aplicación: Todas las etapas.	
													Plazo de ejecución: Vida útil del Proyecto.	
PSC	Desmonte, despalme y movimiento de tierras; construcción y ampliación de caminos, instalaciones y depósitos mineros	Fauna	Hábitat	IA27	Pérdida, modificación y degradación del hábitat de fauna silvestre.	-	A, R	Permanente	Local	Alta	Directo	C	**Nombre**: **Programa de restauración ambiental**	Porcentaje % de individuos reforestados con valor ecológico, medicinal o etnobotánico Sobrevivencia del 80% de los ejemplares reforestados al término del periodo de 6 meses. Cobertura en ha de los sitios que mantienen la conectividad vegetal para el fomento de corredores biológicos
													Objetivo: Restauración de una superficie similar a la que será desmontada con especies nativas del área donde se llevarán a cabo los trabajos, considerando monitoreos periódicos para alcanzar una sobrevivencia del 80%.	
													Periodicidad de aplicación: Con principal incidencia en las etapas de PS-C.	
													Plazo de ejecución: Con plazo durante la etapa de PS y C y considerando la sobrevivencia de los individuos rescatados en un porcentaje de 80%.	
												M	**Nombre**: **Programa de rescate y reubicación de fauna**	Porcentaje % de ejemplares de lento desplazamiento rescatados y reubicados Bitácora de rescate y
													Objetivo: Acciones principalmente de ahuyentamiento y si es necesario rescate y reubicación, para posteriormente monitorear su establecimiento en el nuevo ecosistema.	

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo** S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	**Duración** Temporal o permanente	**Extensión** Puntual, local o regional	**Intensidad** Mínima, moderada o alta		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
														reubicación de fauna Anexo fotográfico
													Periodicidad de aplicación: Con principal incidencia en las etapas de PS y C, pero se mantiene durante la operación.	
													Plazo de ejecución: Durante la PS-C, manteniéndose en la O&M	
OM	Ampliación de áreas operativas y depósitos; retiro de vegetación durante el mantenimiento; perforación, voladuras, operación de equipos, tránsito e iluminación nocturna que degraden las condiciones del hábitat adyacente.											Seguimiento y vigilancia M	**Nombre**: **Programa de monitoreo de fauna**	Campañas realizadas, esfuerzo de muestreo; informes de campañas, fichas y bases de datos, coordenadas de estaciones, fotografías, registros de esfuerzo, análisis comparativos y seguimiento de acciones correctivas.
													Objetivo: Evaluar los cambios en la diversidad, abundancia y distribución de la fauna silvestre en el área de influencia del Proyecto, mediante monitoreos comparables con la línea base y sitios de referencia, para detectar afectaciones, verificar la eficacia de las medidas de manejo y orientar acciones correctivas.	
													Periodicidad de aplicación: Mensual al inicio; dependiendo de los resultados del primer año, se pueden considerar de forma semestral, con campañas en temporada seca y lluviosa.	
													Plazo de ejecución: Considerar al menos un ciclo anual previo a iniciar los trabajos de PS, con el fin de tener datos de línea base. Se continuará durante la PS-C, O&M.	
												Seguimiento y vigilancia M	**Nombre**: **Acciones de protección de cuevas con presencia de murciélagos ubicadas dentro del predio del proyecto**	Campañas realizadas, esfuerzo de muestreo; informes, archivos acústicos, bases de datos validadas, coordenadas, registros de esfuerzo y condiciones meteorológicas, fichas de refugios y seguimiento de acciones correctivas.
													Objetivo: Evaluar los cambios en la diversidad, actividad y uso del hábitat de los quirópteros en el área de influencia del Proyecto, mediante su comparación con la línea base y sitios de referencia, para detectar afectaciones, verificar la eficacia de las medidas de protección y orientar acciones correctivas.	
													Periodicidad de aplicación: Mensual al inicio; dependiendo de los resultados del primer año, se pueden considerar de forma semestral, con campañas en temporada seca y lluviosa.	
													Plazo de ejecución: Considerar al menos un ciclo anual previo a iniciar los trabajos de PS, con el fin de tener datos de línea base. Se continuará durante la PS-C, O&M.	
PSC	Desmonte, despalme, excavaciones y movimiento de tierras; operación de	Fauna	Especies de interés para conservación	IA28	Riesgo de muerte o daño accidental o intencional de individuos de	-	A, R	Temporal	Puntual	Moderada	Directo	M	**Nombre**: **Programa de rescate y reubicación de fauna**	Porcentaje % de ejemplares de lento desplazamiento rescatados y reubicados
													Objetivo: Acciones principalmente de ahuyentamiento y si es necesario rescate y	

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo** S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	**Duración** Temporal o permanente	**Extensión** Puntual, local o regional	**Intensidad** Mínima, moderada o alta		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
	maquinaria y tránsito vehicular; apertura de zanjas donde puedan quedar atrapados individuos; interacción del personal con fauna.				especies en riesgo o endémicas.								reubicación, para posteriormente monitorear su establecimiento en el nuevo ecosistema.	Bitácora de rescate y reubicación de fauna Anexo fotográfico
													Periodicidad de aplicación: Con principal incidencia en las etapas de PS y C, pero se mantiene durante la operación.	
													Plazo de ejecución: Durante la PS-C, manteniéndose en la O&M	
												Seguimiento y vigilancia M	**Nombre**: **Programa de monitoreo de fauna**	Campañas realizadas, esfuerzo de muestreo; informes de campañas, fichas y bases de datos, coordenadas de estaciones, fotografías, registros de esfuerzo, análisis comparativos y seguimiento de acciones correctivas.
													Objetivo: Evaluar los cambios en la diversidad, abundancia y distribución de la fauna silvestre en el área de influencia del Proyecto, mediante monitoreos comparables con la línea base y sitios de referencia, para detectar afectaciones, verificar la eficacia de las medidas de manejo y orientar acciones correctivas.	
													Periodicidad de aplicación: Mensual al inicio; dependiendo de los resultados del primer año, se pueden considerar de forma semestral, con campañas en temporada seca y lluviosa.	
													Plazo de ejecución: Considerar al menos un ciclo anual previo a iniciar los trabajos de PS, con el fin de tener datos de línea base. Se continuará durante la PS-C, O&M.	
OM	Perforación y voladuras; acarreo de mineral y tepetate; circulación de vehículos; operación de maquinaria; retiro de vegetación durante el mantenimiento y manipulación o agresión de fauna por el personal.											Seguimiento y vigilancia M	**Nombre**: **Acciones de protección de cuevas con presencia de murciélagos ubicadas dentro del predio del proyecto**	Campañas realizadas, esfuerzo de muestreo; informes, archivos acústicos, bases de datos validadas, coordenadas, registros de esfuerzo y condiciones meteorológicas, fichas de refugios y seguimiento de acciones correctivas.
													Objetivo: Evaluar los cambios en la diversidad, actividad y uso del hábitat de los quirópteros en el área de influencia del Proyecto, mediante su comparación con la línea base y sitios de referencia, para detectar afectaciones, verificar la eficacia de las medidas de protección y orientar acciones correctivas.	
													Periodicidad de aplicación: Mensual al inicio; dependiendo de los resultados del primer año, se pueden considerar de forma semestral, con campañas en temporada seca y lluviosa.	
													Plazo de ejecución: Considerar al menos un ciclo anual previo a iniciar los trabajos de PS, con el fin de tener datos de línea base. Se continuará durante la PS-C, O&M.	
												P	**Nombre**: **Programa de capacitación ambiental**	

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo** S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	**Duración** Temporal o permanente	**Extensión** Puntual, local o regional	**Intensidad** Mínima, moderada o alta		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
													Objetivo: Se capacitará a todo el personal que labore en la obra sobre la importancia del cuidado del ambiente y sus recursos.	Número de capacitaciones. Personal capacitado (%). Evidencias documentales de malas prácticas de los temas capacitados
													Periodicidad de aplicación: Todas las etapas.	
													Plazo de ejecución: Vida útil del Proyecto.	
PSC	Desmonte para apertura de caminos y corredores de infraestructura; habilitación de plataformas, instalaciones, tepetateras y depósitos de jales que interrumpan conexiones entre parches forestales.	Fauna	Corredores biológicos / bioclimáticos	IA29	Reducción de la conectividad y funcionalidad causada por la fragmentación de la vegetación forestal.	-	A, R	Permanente	Local	Moderada	Indirecto	C	**Nombre**: **Programa de restauración ambiental**	Porcentaje % de individuos reforestados con valor ecológico, medicinal o etnobotánico Sobrevivencia del 80% de los ejemplares reforestados al término del periodo de 6 meses. Cobertura en ha de los sitios que mantienen la conectividad vegetal para el fomento de corredores biológicos
													Objetivo: Restauración de una superficie similar a la que será desmontada con especies nativas del área donde se llevarán a cabo los trabajos, considerando monitoreos periódicos para alcanzar una sobrevivencia del 80%.	
													Periodicidad de aplicación: Con principal incidencia en las etapas de PS-C.	
													Plazo de ejecución: Con plazo durante la etapa de PS y C y considerando la sobrevivencia de los individuos rescatados en un porcentaje de 80%.	
												M	**Nombre**: **Programa de rescate y reubicación de fauna**	Porcentaje % de ejemplares de lento desplazamiento rescatados y reubicados Bitácora de rescate y reubicación de fauna Anexo fotográfico
													Objetivo: Acciones principalmente de ahuyentamiento y si es necesario rescate y reubicación, para posteriormente monitorear su establecimiento en el nuevo ecosistema.	
													Periodicidad de aplicación: Con principal incidencia en las etapas de PS y C, pero se mantiene durante la operación.	
													Plazo de ejecución: Durante la PS-C, manteniéndose en la O&M	
OM	Ampliación de caminos, instalaciones y depósitos sobre vegetación forestal; mantenimiento de franjas despejadas que impida recuperar los enlaces entre fragmentos.											M	**Nombre**: **Programa de rescate y reubicación de flora**	Porcentaje % de individuos rescatados con valor ecológico, medicinal o etnobotánico Sobrevivencia del 80% de los ejemplares rescatados y reubicados al término del periodo de 6 meses
													Objetivo: Reducir la pérdida de individuos de flora por el desmonte mediante su rescate, reubicación y seguimiento en sitios adecuados, priorizando las especies en riesgo, endémicas y de importancia ecológica, para favorecer su supervivencia y contribuir a la conservación de la diversidad florística de la región.	
													Periodicidad de aplicación: Previo al desmonte.	
													Plazo de ejecución: Previo al inicio del desmonte.	

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo** S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	**Duración** Temporal o permanente	**Extensión** Puntual, local o regional	**Intensidad** Mínima, moderada o alta		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
												P	**Nombre**: **Programa de capacitación ambiental** **Objetivo**: Se capacitará a todo el personal que labore en la obra sobre la importancia del cuidado del ambiente y sus recursos. **Periodicidad de aplicación:** Todas las etapas. **Plazo de ejecución**: Vida útil del Proyecto.	Número de capacitaciones. Personal capacitado (%). Evidencias documentales de malas prácticas de los temas capacitados
PSC	Manejo de residuos y aguas residuales de instalaciones temporales; almacenamiento de combustibles y sustancias peligrosas; exceso del incremento de partículas suspendidas.	Fauna	Sanidad de la fauna silvestre	IA30	Alteración de la sanidad de la fauna silvestre.	-	A	Temporal	Local	Mínima	Indirecto	Seguimiento y vigilancia M	**Nombre**: **Programa de monitoreo de fauna** **Objetivo**: Evaluar los cambios en la diversidad, abundancia y distribución de la fauna silvestre en el área de influencia del Proyecto, mediante monitoreos comparables con la línea base y sitios de referencia, para detectar afectaciones, verificar la eficacia de las medidas de manejo y orientar acciones correctivas. **Periodicidad de aplicación**: Mensual al inicio; dependiendo de los resultados del primer año, se pueden considerar de forma semestral, con campañas en temporada seca y lluviosa. **Plazo de ejecución**: Considerar al menos un ciclo anual previo a iniciar los trabajos de PS, con el fin de tener datos de línea base. Se continuará durante la PS-C, O&M.	Campañas realizadas, esfuerzo de muestreo; informes de campañas, fichas y bases de datos, coordenadas de estaciones, fotografías, registros de esfuerzo, análisis comparativos y seguimiento de acciones correctivas.
OM	Manejo de reactivos, soluciones de proceso, jales y aguas de contacto a los que pueda acceder la fauna; manejo inadecuado de residuos orgánicos que favorezca fauna nociva o contacto con animales domésticos; mantenimiento de instalaciones con posibles fugas o derrames.											M	**Nombre**: **Programa de rescate y reubicación de fauna** **Objetivo**: Acciones principalmente de ahuyentamiento y si es necesario rescate y reubicación, para posteriormente monitorear su establecimiento en el nuevo ecosistema. **Periodicidad de aplicación**: Con principal incidencia en las etapas de PS y C, pero se mantiene durante la operación. **Plazo de ejecución**: Durante la PS-C, manteniéndose en la O&M	Porcentaje % de ejemplares de lento desplazamiento rescatados y reubicados Bitácora de rescate y reubicación de fauna Anexo fotográfico
												P	**Nombre**: **Programa de capacitación ambiental** **Objetivo**: Se capacitará a todo el personal que labore en la obra sobre la importancia del cuidado del ambiente y sus recursos. **Periodicidad de aplicación:** Todas las etapas. **Plazo de ejecución**: Vida útil del Proyecto.	Número de capacitaciones. Personal capacitado (%). Evidencias documentales de malas prácticas de los temas capacitados

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo** S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	**Duración** Temporal o permanente	**Extensión** Puntual, local o regional	**Intensidad** Mínima, moderada o alta		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
PSC	Desmonte y despalme; excavaciones, cortes y rellenos; apertura de caminos; construcción de plataformas, instalaciones de proceso, infraestructura auxiliar y estructuras de contención de jales.	Paisaje	Calidad del paisaje	IA31	Modificación del paisaje por la inserción de los componentes del Proyecto y las alteraciones por la operación.	-	A, R	Permanente	Local	Alta	Directo	C	**Nombre**: **Programa de restauración ambiental** **Objetivo**: Restauración de una superficie similar a la que será desmontada con especies nativas del área donde se llevarán a cabo los trabajos, considerando monitoreos periódicos para alcanzar una sobrevivencia del 80%. **Periodicidad de aplicación**: Con principal incidencia en las etapas de PS-C. **Plazo de ejecución**: Con plazo durante la etapa de PS y C y considerando la sobrevivencia de los individuos rescatados en un porcentaje de 80%.	Porcentaje % de individuos reforestados con valor ecológico, medicinal o etnobotánico Sobrevivencia del 80% de los ejemplares reforestados al término del periodo de 6 meses. Cobertura en ha de los sitios que mantienen la conectividad vegetal para el fomento de corredores biológicos
OM	Disposición y crecimiento de tepetateras y depósitos de jales; presencia y ampliación de instalaciones; iluminación nocturna y movimiento de maquinaria y vehículos visibles desde el entorno.											R	**Nombre**: **Programa de cierre progresivo de la mina** **Objetivo**: Favorecer la recuperación gradual de las condiciones de temperatura y humedad del suelo mediante la rehabilitación progresiva de las áreas que dejen de utilizarse en la mina, la restitución del suelo orgánico y el restablecimiento de la cobertura vegetal. **Periodicidad de aplicación**: Progresiva, conforme se liberen áreas que dejen de requerirse para la operación de la mina, programando la revegetación preferentemente al inicio de la temporada de lluvias. **Plazo de ejecución**: Desde la liberación definitiva de áreas durante la operación de la mina y hasta la conclusión de su rehabilitación en la etapa de cierre, con seguimiento durante el poscierre conforme a las metas del programa.	Cumplimiento de la superficie rehabilitada, de la recuperación de cobertura vegetal La evidencia serán los planos de superficies liberadas y rehabilitadas, bitácoras de actividades, fotografías georreferenciadas y registros de cobertura vegetal.
												P	**Nombre**: **Programa de capacitación ambiental** **Objetivo**: Se capacitará a todo el personal que labore en la obra sobre la importancia del cuidado del ambiente y sus recursos. **Periodicidad de aplicación:** Todas las etapas. **Plazo de ejecución**: Vida útil del Proyecto.	Número de capacitaciones. Personal capacitado (%). Evidencias documentales de malas prácticas de los temas capacitados
PSC	Desmonte, despalme, excavaciones y movimiento de tierras; apertura de caminos; carga, descarga y transporte de materiales; operación de maquinaria y	Población	Salud	IA32	Posible afectación a la salud por la generación de polvo y ruido durante la construcción y operación del Proyecto.	-	A	Temporal	Local	Mínima	Indirecto	M	**Nombre**: **Protocolo de control de emisiones atmosféricas, polvo, ruido y vibraciones** **Objetivo**: Reducir la generación y dispersión de partículas suspendidas (PM10 y PM2.5) provenientes de las actividades del Proyecto, mediante medidas de control en las fuentes de emisión, para minimizar la alteración de la calidad del aire y la exposición de los receptores cercanos.	Cumplimiento: aplicación de controles de polvo y operación de colectores Eficacia: Sin evidencia visible de material particulado Evidencia: Bitácoras de

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo** S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	**Duración** Temporal o permanente	**Extensión** Puntual, local o regional	**Intensidad** Mínima, moderada o alta		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
	equipos de construcción.												**Periodicidad de aplicación**: Continua durante las actividades generadoras de polvo, con inspección diaria de las medidas de control y ajuste de su frecuencia según las condiciones de viento, humedad y operación.	humectación, inspecciones, registros de operación y mantenimiento de colectores, fotografías y reportes de monitoreo de partículas
													Plazo de ejecución: Desde el inicio de actividades y durante toda la vida útil del Proyecto.	
OM	Perforación y voladuras; trituración y molienda; acarreo de mineral y tepetate; disposición de materiales en tepetateras y depósitos de jales; circulación en caminos sin pavimentar y operación de equipos de proceso.											M	**Nombre**: **Protocolo de mantenimiento vehicular, maquinaria y equipo**	Bitácoras de mantenimiento preventivo y correctivo.
													Objetivo: Mantener en correcto funcionamiento la maquinaria y equipo para reducir las emisiones de GEI’s, así como posibles contaminantes por residuos, además de disminuir ruidos no deseados.	
													Periodicidad de aplicación: Todas las etapas.	
													Plazo de ejecución: Vida útil del Proyecto.	
												P	**Nombre**: **Programa de capacitación ambiental**	Número de capacitaciones. Personal capacitado (%). Evidencias documentales de malas prácticas de los temas capacitados
													Objetivo: Se capacitará a todo el personal que labore en la obra sobre la importancia del cuidado del ambiente y sus recursos.	
													Periodicidad de aplicación: Todas las etapas.	
													Plazo de ejecución: Vida útil del Proyecto.	
PSC OM DA	Contratación y movilización de trabajadores foráneos y contratistas para la construcción, operación, mantenimiento y cierre del Proyecto	Población	Dinámica poblacional	IA33	Incremento temporal de trabajadores foráneos.	-	A	Temporal	Local	Moderada	Directo	P	**Nombre**: **Programa de capacitación ambiental**	Número de capacitaciones. Personal capacitado (%). Evidencias documentales de malas prácticas de los temas capacitados
													Objetivo: Se capacitará a todo el personal que labore en la obra sobre la importancia del cuidado del ambiente y sus recursos.	
													Periodicidad de aplicación: Todas las etapas.	
													Plazo de ejecución: Vida útil del Proyecto.	
PSC OM DA	Transporte de personal, maquinaria, equipos, materiales, insumos y residuos; circulación de vehículos de carga y maniobras de acceso y salida del Proyecto	Infraestructura y servicios	Vialidades	IA36	Incremento de la presión sobre la infraestructura vial y modificación de las condiciones de tránsito.	-	A	Temporal	Local	Moderada	Directo	M	**Nombre**: **Protocolo de mantenimiento vehicular, maquinaria y equipo**	Bitácoras de mantenimiento preventivo y correctivo.
													Objetivo: Mantener en correcto funcionamiento la maquinaria y equipo para reducir las emisiones de GEI’s, así como posibles contaminantes por residuos, además de disminuir ruidos no deseados.	
													Periodicidad de aplicación: Todas las etapas.	
													Plazo de ejecución: Vida útil del Proyecto.	
												P	**Nombre**: **Programa de capacitación ambiental**	

Etapa del Proyecto PSC OM DA	**Obra o actividad del Proyecto**	**Componente ambiental**	**Factor**	**Impacto ambiental (denominación)**			**Caracterización del impacto**				**Efecto** Indirecto o directo	**Medidas a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto**		
				Clave	**Impacto**	**Naturaleza**	**Tipo**	**Duración**	**Extensión**	**Intensidad**		**Tipo de medida** P: Prevención M: Mitigación C: Compensación R: Restauración	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia**
							S: sinérgico, A: acumulativo, R: residual	Temporal o permanente	Puntual, local o regional	Mínima, moderada o alta				
													Objetivo: Se capacitará a todo el personal que labore en la obra sobre la importancia del cuidado del ambiente y sus recursos.	Número de capacitaciones. Personal capacitado (%). Evidencias documentales de malas prácticas de los temas capacitados
													Periodicidad de aplicación: Todas las etapas.	
													Plazo de ejecución: Vida útil del Proyecto.	

IV.4. Análisis sobre la implementación de estrategias donde se integren las medidas de prevención, mitigación, compensación y/o restauración, respecto a la integración de los componentes ambientales que resultarán afectados

La integración de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración del Proyecto se plantea a partir de las relaciones entre los componentes ambientales afectados y los procesos que vinculan los impactos identificados. Bajo este criterio, las medidas se organizan en estrategias que articulan los programas ambientales, considerando que una misma actividad puede generar efectos sobre varios componentes y que la atención de una afectación puede contribuir al control de otras relacionadas.

Tal es el caso, la remoción de vegetación expone el suelo a los agentes erosivos, lo que puede incrementar el desprendimiento de partículas y su transporte hacia los escurrimientos, con posibles consecuencias sobre la calidad del agua y los hábitats asociados. En consecuencia, la atención de esta cadena requiere coordinar la delimitación de las superficies de intervención, el manejo y conservación del suelo, la protección de escurrimientos y la recuperación de la cobertura vegetal. De esta manera, se busca actuar tanto sobre las causas de los impactos como sobre sus mecanismos de propagación y los componentes receptores.

La implementación de las estrategias considerará la secuencia de las actividades del Proyecto, priorizando las acciones preventivas antes de cada intervención, manteniendo las medidas de mitigación durante la ejecución de las obras y desarrollando la rehabilitación progresiva conforme se liberen superficies. Asimismo, el Programa de Restauración Ambiental, previsto como compensación por el desmonte en una superficie similar considerando principalmente sitios prioritarios considerados en el Programa Nacional de Restauración, se distinguirá de la restauración de las áreas liberadas de la mina. Sus resultados se evaluarán conforme a sus objetivos y metas, sin asumir que la equivalencia de superficies implica, por sí sola, la recuperación de las funciones ecológicas afectadas.

Finalmente, el Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) articulará la verificación del cumplimiento y la evaluación de la eficacia de estas estrategias, mediante indicadores que permitan conocer tanto la ejecución de las acciones como la respuesta de los componentes ambientales. Los resultados orientarán los ajustes y acciones correctivas que resulten necesarios, considerando las afectaciones residuales y las limitaciones de recuperación de las superficies que conservarán modificaciones permanentes.

En la siguiente tabla se presentan las estrategias integradas previstas.

Tabla 19. Análisis de estrategias.

Estrategia	Componente	Impactos vinculados	Programas que participan	Análisis de su implementación conjunta
Conservación del suelo y recuperación de sus funciones	Suelo, microclima y vegetación	IA01, IA06, IA07, IA09 y IA10	Programa de conservación de suelos Programa de cierre progresivo de la mina Programa de restauración ambiental	El retiro selectivo y resguardo del suelo permiten conservar material para la restauración. En áreas liberadas, el acondicionamiento del terreno, la restitución de suelo y la revegetación favorecen la recuperación de sus funciones. La restauración compensatoria atiende pérdidas en otra superficie de la RE, sin sustituir la rehabilitación del sitio.
Protección del drenaje y de los recursos hídricos	Suelo, agua superficial y subterránea	IA09 e IA12–IA18	Programa de protección de escurrimientos Programa de conservación de suelos Programa de manejo integral de residuos mineros, RME y RP Programa de sustancias peligrosas y respuesta a emergencias ambientales Programa de cierre progresivo de la mina	Se coordinan el control de erosión, la conducción de escurrimientos y la prevención de liberaciones contaminantes. Asimismo, se prevé la implementación de obras que favorezca la infiltración de agua al acuífero.
Control de emisiones, ruido y vibraciones	Atmósfera, fauna y población	IA02–IA05 e IA32; vinculación con IA25 y IA27	Protocolo de control de emisiones atmosféricas, polvo, ruido y vibraciones Protocolo de mantenimiento vehicular, maquinaria y equipo Programa de capacitación ambiental	El control en las fuentes se complementa con mantenimiento y prácticas operativas. La verificación debe comprobar tanto el funcionamiento de los controles como los resultados en los receptores identificados, para ajustar las medidas cuando sean insuficientes.
Conservación de biodiversidad, hábitat y conectividad	Vegetación, fauna y procesos ecológicos	IA19–IA30	Programa de rescate y reubicación de flora Programa de rescate y reubicación de fauna Programa de monitoreo de fauna Acciones de protección de cuevas con presencia de murciélagos ubicadas dentro del predio del proyecto Programa de restauración ambiental Programa de cierre progresivo de la mina Programa de capacitación ambiental	El rescate reduce pérdidas de individuos, mientras que la conservación de áreas vegetadas y la restauración atienden el hábitat y sus conexiones. Los monitoreos permiten evaluar resultados y activar correcciones; aunque, no sustituyen las acciones de protección.

Estrategia	Componente	Impactos vinculados	Programas que participan	Análisis de su implementación conjunta
Prevención de contaminación y respuesta a contingencias	Suelo, agua y fauna	IA08, IA13, IA18 e IA30	Programa de manejo integral de residuos mineros, RME y RP Programa de sustancias peligrosas y respuesta a emergencias ambientales Protocolo de mantenimiento vehicular, maquinaria y equipo Programa de capacitación ambiental	La prevención comienza con el almacenamiento y manejo adecuados. Ante una liberación, la respuesta debe controlar la fuente, contener la dispersión y recuperar los materiales, con verificación posterior de las superficies o medios afectados.
Estabilización e integración del sitio durante el cierre	Relieve, suelo, drenaje, paisaje y hábitat	IA07, IA09–IA11, IA14–IA16, IA27, IA29 e IA31	Programa de cierre progresivo de la mina Programa de conservación de suelos Programa de protección de escurrimientos Programa de restauración ambiental Programa de cierre progresivo de la mina	La configuración final del terreno debe coordinar estabilidad, drenaje, cobertura y usos posteriores. La revegetación mejora la integración del sitio, pero no elimina las modificaciones definitivas del relieve ni garantiza recuperar todas las funciones originales.
Manejo de la interacción con localidades y vialidades	Población, servicios e infraestructura vial	IA33 e IA36	Protocolo de mantenimiento vehicular, maquinaria y equipo Programa de capacitación ambiental	Se coordinan la movilización de trabajadores, los horarios y rutas de transporte y la atención de afectaciones, información que será integrada en el programa de capacitación.

Ahora bien, a continuación, se describe cada una de las estrategias previstas.

Conservación del suelo y recuperación de sus funciones

Esta estrategia integra las acciones de tres programas: Conservación de suelos, cierre progresivo de la mina y restauración ambiental. Su propósito es atender de manera coordinada la modificación de las condiciones de temperatura y humedad del suelo, la alteración de su estructura y propiedades físicas, la compactación y el sellamiento, el incremento de los procesos erosivos y la pérdida de disponibilidad del recurso suelo, correspondientes a los impactos:

IA01 Modificación de las variables de temperatura y humedad del suelo debido al desmonte, despalme y compactación.

IA06 Alteración de la estructura y propiedades físicas del suelo.

IA07 Modificación de características físicas del suelo debido a la compactación y sellamiento de algunas áreas.

IA09 Incremento de los procesos de erosión hídrica y eólica.

IA10 Pérdida o disminución de la disponibilidad del recurso suelo

La implementación iniciará con la delimitación de las superficies de intervención y la identificación de las áreas donde sea viable recuperar el suelo orgánico. Antes de las excavaciones y de la ocupación de dichas superficies, se realizará su retiro selectivo y resguardo, evitando la mezcla con tepetate, residuos u otros materiales que comprometan su posterior aprovechamiento. Durante el almacenamiento se aplicarán acciones de protección contra la erosión y se mantendrá el registro de los volúmenes recuperados, su ubicación y destino. Estas actividades se coordinarán con el Programa de protección de escurrimientos para reducir la pérdida y el arrastre del material resguardado.

Conforme se liberen áreas que dejen de requerirse para la operación, el Programa de Cierre Progresivo de la Mina permitirá ejecutar el acondicionamiento del terreno, la descompactación donde resulte técnicamente procedente, la restitución del suelo recuperado y el establecimiento de vegetación nativa. La secuencia de estas acciones deberá considerar la estabilidad del terreno y el funcionamiento del drenaje antes de colocar el suelo y revegetar. Su aplicación conjunta buscará recuperar gradualmente la capacidad de retención de humedad, la protección frente a la erosión y las condiciones necesarias para el establecimiento de la vegetación.

De manera complementaria, el Programa de Restauración Ambiental atenderá la compensación por el desmonte mediante acciones en una superficie similar dentro de la Región Ecológica. La recuperación de cobertura vegetal y la conservación del suelo en esta superficie contribuirán a restablecer funciones ecológicas en el ámbito regional, sin sustituir la rehabilitación de las áreas liberadas ni eliminar la pérdida de suelo y sus funciones en las superficies ocupadas permanentemente.

La verificación comprenderá el seguimiento de los volúmenes de suelo recuperados y restituidos, las superficies rehabilitadas respecto de las programadas y el establecimiento de la cobertura vegetal. La eficacia se evaluará mediante la evolución de los procesos erosivos y de las propiedades del suelo seleccionadas en los programas, incluyendo las

condiciones de compactación, temperatura y humedad, con mediciones comparables y sitios de referencia adecuados. Cuando se detecten desviaciones respecto de las metas, se ajustarán las acciones de manejo, protección o rehabilitación.

Se reconoce que esta estrategia no garantiza la restitución completa del perfil edáfico original, particularmente en superficies ocupadas por depósitos y estructuras definitivas. Por ello, su evaluación distinguirá las áreas con recuperación gradual de funciones de aquellas donde persistan afectaciones residuales, manteniendo el seguimiento y mantenimiento que corresponda.

Protección del drenaje y de los recursos hídricos

La presente estrategia integra las acciones de los programas de:

- Programa de protección de escurrimientos
- Programa de conservación de suelos
- Programa de manejo integral de residuos mineros, RME y RP
- Programa de sustancias peligrosas y respuesta a emergencias ambientales
- Programa de cierre progresivo de la mina

Su propósito es atender las relaciones entre la erosión, el transporte de sedimentos, las modificaciones del drenaje y los riesgos de contaminación del agua superficial y subterránea, correspondientes a los impactos:

IA09 Incremento de los procesos de erosión hídrica y eólica.

IA12 Riesgo de arrastre de sedimentos a corrientes de agua durante el movimiento de tierras.

IA13 Riesgo de contaminación de corrientes de agua por incorrecta disposición de residuos.

IA14 Alteración de los patrones de drenaje superficial

IA15 Modificación del coeficiente de escurrimiento debido a modificaciones en la superficie terrestre.

IA16 Disminución en la recarga de acuíferos por modificaciones en la superficie terrestre.

IA17 Modificación de niveles piezométricos, gradientes, direcciones de flujo y/o conectividad hidráulica del sistema hidrogeológico.

IA18 Riesgo de contaminación por la disposición inadecuada de agentes contaminantes que lixivian a las aguas subterráneas.

Antes de intervenir cada superficie, se identificarán los escurrimientos que puedan recibir aportes del área de trabajo y se definirán las obras necesarias para conservar su continuidad, conducir el agua y controlar los sedimentos. Su implementación se coordinará con el avance de los movimientos de tierra, procurando que los controles estén habilitados antes de exponer superficies susceptibles de erosión. La ubicación y configuración de las descargas deberán evitar la generación de nuevos focos erosivos o afectaciones aguas abajo.

Durante la construcción y operación, la protección del agua superficial se apoyará en el funcionamiento conjunto de las obras de drenaje, los dispositivos de disipación de energía y retención de sedimentos, y las acciones de estabilización del suelo. Se mantendrán

separados, conforme al diseño hidráulico del Proyecto, los escurrimientos sin contacto con materiales potencialmente contaminantes y las aguas que requieran captación, manejo o tratamiento. Las inspecciones, el desazolve y la reparación de las obras permitirán conservar su capacidad y atender oportunamente obstrucciones, socavaciones o desbordamientos.

La prevención de la contaminación se coordinará con el manejo de residuos, sustancias peligrosas, soluciones de proceso y residuos mineros. Las condiciones de almacenamiento, contención y manejo deberán responder a las características de los materiales y a las posibles vías de liberación. Ante fugas o derrames, la respuesta comprenderá el control de la fuente, la contención y recuperación de las sustancias, así como la evaluación de los medios afectados, evitando que los contaminantes alcancen los escurrimientos o migren hacia el subsuelo.

En relación con el agua subterránea, se prevén acciones encaminadas a prevenir la contaminación, así como otras orientadas a manejar las modificaciones de recarga, niveles piezométricos y condiciones de flujo.

Durante el cierre progresivo, la reconformación y estabilización de las superficies se coordinarán con el establecimiento del drenaje definitivo. Se conservarán las obras necesarias para manejar los escurrimientos y las aguas de contacto durante el poscierre, conforme a las condiciones de los depósitos y a los resultados del seguimiento. Cuando exista desagüe minero, su reducción o suspensión deberá considerar la recuperación de niveles y los posibles cambios en las rutas de flujo y calidad del agua.

La verificación comprenderá la ejecución y funcionalidad de las obras hidráulicas, el mantenimiento de los controles de sedimentos y el cumplimiento de las acciones de prevención de derrames. La eficacia se evaluará mediante el seguimiento de la erosión en puntos de descarga y el aporte de sedimentos. Los resultados se compararán con la línea base, los sitios de referencia y los criterios aplicables, considerando la variación estacional y las condiciones de lluvia.

Se reconoce que la permanencia de depósitos y modificaciones del relieve puede mantener cambios en las trayectorias del drenaje y en la distribución de la infiltración después del cierre. Por ello, la estrategia buscará establecer condiciones estables y funcionales, prevenir la transferencia de afectaciones hacia otros sitios y mantener el seguimiento de los efectos residuales, sin asumir la recuperación completa de las condiciones hidrológicas originales.

Control de emisiones, ruido y vibraciones

Esta estrategia integra las acciones del Protocolo de control de emisiones atmosféricas, polvo, ruido y vibraciones, el Protocolo de mantenimiento de vehículos, maquinaria y equipo y el Programa de Capacitación Ambiental. Su propósito es reducir las emisiones y perturbaciones generadas por las actividades del Proyecto, atendiendo los impactos

IA02 Emisión de partículas suspendidas (PM10 y PM2.5)

IA03 Modificación de la calidad del aire por la presencia de gases y partículas generadas por los motores de combustión interna de maquinaria y vehículos.

IA04 Generación de ruido por la operación de maquinaria y equipos.

IA05 Incremento de vibraciones en el terreno

Así como su relación con la posible afectación a la salud de los receptores expuestos, correspondiente al IA32, y con las perturbaciones sobre la fauna y su hábitat, consideradas en los impactos IA25 e IA27.

Antes del inicio de las actividades se identificarán las fuentes de emisión y los receptores potencialmente expuestos, considerando los frentes de trabajo, caminos de acarreo, instalaciones de trituración y molienda, equipos de combustión y zonas de perforación y voladuras. Esta identificación permitirá definir los controles, las condiciones de operación y los puntos de seguimiento de acuerdo con la ubicación de las fuentes, la distancia a los receptores y las características del entorno. Asimismo, se verificará que la maquinaria y los equipos cuenten con los dispositivos de control previstos y se encuentren en condiciones adecuadas de funcionamiento.

Durante la preparación del sitio, construcción y operación, el control de partículas se realizará mediante la aplicación coordinada de medidas de humectación, regulación de velocidades, cobertura de cargas susceptibles de dispersión y captación de polvo en quebradoras y puntos de transferencia. La frecuencia de aplicación se ajustará a las condiciones de humedad, viento y actividad de cada frente. Estas acciones se complementarán con el mantenimiento de compuertas, cubiertas, bandas, ductos, filtros y demás elementos cuya falla pueda favorecer la liberación de materiales. Para las emisiones de combustión, se verificará el mantenimiento de motores y sistemas de escape, evitando la operación innecesaria de equipos y atendiendo las fallas que incrementen sus emisiones.

El manejo del ruido comprenderá el mantenimiento de los equipos, la conservación de silenciadores y elementos de aislamiento, y la organización de las actividades de mayor emisión sonora considerando los receptores identificados. Cuando la evaluación acústica lo justifique, se incorporarán barreras, encapsulamientos u otros controles compatibles con las condiciones operativas. Para las vibraciones, las medidas deberán responder a la fuente generadora: en equipos fijos se revisarán sus apoyos y sistemas de aislamiento; en las voladuras, el diseño y la secuencia de ejecución se ajustarán con base en las condiciones del terreno, las distancias a los receptores y los resultados del seguimiento.

La capacitación del personal permitirá vincular estos controles con las prácticas diarias de operación, incluyendo el respeto de velocidades, la detección y reporte de fallas y la aplicación de medidas ante emisiones anormales. A su vez, los resultados del monitoreo de fauna podrán aportar información sobre cambios en el uso del hábitat coincidentes con las perturbaciones, para valorar la necesidad de ajustes en horarios, ubicación o intensidad de las actividades. La coordinación entre programas permitirá atender tanto la fuente como las condiciones de exposición.

Durante el desmantelamiento y cierre se mantendrán los controles necesarios para las actividades de demolición, carga, transporte y reconformación del terreno. La protección y estabilización progresiva de las superficies expuestas contribuirán a reducir la generación de polvo una vez concluidos los movimientos de tierra. Los controles deberán mantenerse mientras existan fuentes activas o superficies susceptibles de dispersión eólica.

La verificación del cumplimiento comprenderá la aplicación de las medidas operativas, el funcionamiento de los sistemas de captación y aislamiento y la ejecución del mantenimiento

programado. La eficacia se evaluará mediante el seguimiento de partículas, niveles sonoros y vibraciones en puntos representativos, conforme a los métodos, periodos y criterios de evaluación correspondientes. Los resultados se analizarán considerando las condiciones meteorológicas, las actividades desarrolladas y la contribución de otras fuentes, para identificar desviaciones y determinar acciones correctivas. La atención de reportes de molestias complementará esta evaluación, sin sustituir las mediciones.

Se reconoce que la aplicación de estas medidas no elimina completamente las emisiones ni las perturbaciones durante la actividad minera. La estrategia buscará reducir su magnitud y alcance y verificar el control de la exposición en los receptores identificados. Las afectaciones que permanezcan después de aplicar las medidas deberán incorporarse a la evaluación de impactos residuales y al seguimiento del Programa de Vigilancia Ambiental.

Conservación de biodiversidad, hábitat y conectividad

Esta presente estrategia integra las acciones de los programas de Rescate y Reubicación de Flora y de Fauna, Monitoreo de Fauna, Restauración Ambiental, Cierre Progresivo de la Mina y Capacitación Ambiental. Su propósito es atender de manera coordinada los impactos:

IA19 Reducción de la cobertura vegetal por desmonte.

IA20 Modificación de la abundancia y diversidad de flora.

IA21 Fragmentación de la vegetación y efecto borde.

IA22 Retiro de individuos de especies en riesgo y endémicas debido a la remoción de la vegetación y posibles cambios en sus poblaciones.

IA23 Disminución de la capacidad de captura y almacenamiento de carbono y generación de oxígeno.

IA24 Riesgo de muerte o daño accidental o intencional de fauna terrestre.

IA25 Modificación de la diversidad y abundancia de fauna presente a nivel de área de influencia del Proyecto.

IA26 Restricción de la movilidad de la fauna silvestre debido a la construcción, la presencia de las estructuras y operación del Proyecto.

IA27 Pérdida, modificación y degradación del hábitat de fauna silvestre.

IA28 Riesgo de muerte o daño accidental o intencional de individuos de especies en riesgo o endémicas.

IA29 Reducción de la conectividad y funcionalidad causada por la fragmentación de la vegetación forestal.

IA30 Alteración de la sanidad de la fauna silvestre.

Considerando las relaciones entre la pérdida de vegetación, la modificación de las poblaciones, la disponibilidad de hábitat y la continuidad de los procesos ecológicos.

Antes de intervenir cada superficie, se realizarán recorridos para identificar los individuos de flora sujetos a rescate, la presencia de fauna, los refugios y las áreas relevantes para su desplazamiento, alimentación y reproducción. Esta información permitirá organizar las

actividades de protección, ahuyentamiento y rescate, así como delimitar la vegetación que deberá conservarse. Se priorizará evitar afectaciones a los elementos de mayor importancia ecológica cuando resulte viable, y se verificará la ejecución de las acciones previas antes de autorizar internamente el inicio del desmonte en cada frente.

El rescate de flora se coordinará con la disponibilidad de sitios receptores adecuados y con las actividades de mantenimiento necesarias para favorecer su establecimiento. En el caso de la fauna, el ahuyentamiento y, cuando corresponda, el rescate y reubicación se realizarán por personal capacitado, considerando las características de cada especie, las condiciones del sitio receptor y las medidas de bioseguridad. La capacitación de trabajadores y contratistas reforzará la prohibición de captura, extracción o agresión de fauna, así como los procedimientos de reporte ante hallazgos de individuos, nidos o refugios.

Durante la construcción y operación, estas acciones se complementarán con la conservación de la vegetación remanente y la aplicación de medidas para mantener rutas de desplazamiento donde sean compatibles con la seguridad de las instalaciones. La ubicación y configuración de accesos, cercados y obras de drenaje deberán considerar su posible efecto de barrera. Asimismo, el control del tránsito, las perturbaciones sonoras y la iluminación contribuirá a reducir riesgos de mortalidad y de evasión del hábitat. En instalaciones con sustancias, soluciones o aguas potencialmente peligrosas, la protección de la fauna se coordinará con los programas de manejo de residuos y sustancias peligrosas para impedir su exposición.

Conforme se liberen superficies, el cierre progresivo favorecerá la recuperación de la cobertura vegetal y de las condiciones que proporcionan refugio, alimento y sitios de reproducción. La selección de especies nativas y la distribución de las áreas rehabilitadas deberán considerar su relación con los parches conservados, procurando contribuir a la continuidad del hábitat. Esta recuperación también aportará gradualmente a las funciones de captura y almacenamiento de carbono, sin asumir que el establecimiento inicial de vegetación restituye las reservas y funciones de la comunidad original.

De manera complementaria, el Programa de Restauración Ambiental compensará el desmonte en una superficie similar dentro de sitios prioritarios del PNRA. La selección del sitio y las acciones de restauración deberán considerar su condición inicial, las posibilidades de recuperación y su contribución a la conservación de hábitats y conexiones entre áreas vegetadas. Esta intervención tendrá objetivos y seguimiento propios, diferenciados de la rehabilitación de las áreas liberadas, y sus resultados no se contabilizarán como recuperación de las superficies ocupadas permanentemente por el Proyecto.

El programa de monitoreo de fauna permitirá evaluar la respuesta biológica mediante campañas comparables con la línea base y sitios de referencia. Se analizarán los cambios en riqueza, composición, abundancia relativa, actividad y uso del hábitat, según los métodos aplicados y los grupos evaluados. Los resultados deberán considerar la estacionalidad, el esfuerzo de muestreo y la detectabilidad, y servirán para activar ajustes cuando se identifiquen afectaciones atribuibles al Proyecto. El monitoreo constituirá una herramienta de seguimiento; su ejecución no sustituirá las acciones necesarias para reducir los impactos.

La verificación del cumplimiento comprenderá la revisión de superficies antes del desmonte, los registros de rescate y destino de individuos, el mantenimiento de los sitios receptores y la ejecución de las acciones de protección y restauración. La eficacia se evaluará mediante la supervivencia y establecimiento de flora, los registros de incidentes con fauna, la recuperación de atributos del hábitat y la evidencia de uso de las conexiones conservadas o rehabilitadas. Estos resultados permitirán distinguir entre la realización de actividades y la recuperación efectiva de funciones ecológicas.

Se reconoce que el rescate y la reubicación no restituyen por sí solos las comunidades afectadas y que la revegetación no garantiza la recuperación inmediata de su diversidad, estructura y funcionalidad. La permanencia de depósitos, caminos y otras obras puede mantener pérdidas de hábitat y restricciones de conectividad después del cierre. Por ello, la estrategia deberá identificar los efectos residuales, mantener el seguimiento de las áreas intervenidas y ajustar las acciones conforme a los resultados observados.

Prevención de contaminación y respuesta a contingencias

La estrategia integra las acciones del Programa de Manejo Integral de Residuos Mineros, de Manejo Especial y Peligrosos, el Programa de Sustancias Peligrosas y Respuesta a Emergencias Ambientales, el Programa de Mantenimiento de Vehículos, Maquinaria y Equipo y el Programa de Capacitación Ambiental. Su propósito es prevenir la liberación de contaminantes y limitar sus consecuencias cuando ocurra una fuga, derrame u otra contingencia, atendiendo las relaciones entre la contaminación del suelo, del agua superficial y subterránea y la exposición de fauna, correspondientes a los impactos:

IA08 Contaminación del suelo por residuos sólidos y/o líquidos.

IA13 Riesgo de contaminación de corrientes de agua por incorrecta disposición de residuos.

IA18 Riesgo de contaminación por la disposición inadecuada de agentes contaminantes que lixivian a las aguas subterráneas.

IA30 Alteración de la sanidad de la fauna silvestre.

Antes del ingreso de sustancias y del inicio de las actividades generadoras de residuos, se identificarán los materiales que se utilizarán o producirán, sus características y las condiciones necesarias para su manejo. Se definirán las áreas de almacenamiento, los sistemas de contención, los procedimientos de traslado y los recursos de respuesta conforme a los escenarios previstos. Esta preparación permitirá vincular cada fuente potencial de contaminación con los componentes que podrían resultar afectados, considerando la cercanía de escurrimientos, las condiciones del subsuelo y el posible acceso de fauna.

Durante la construcción y operación, la prevención se apoyará en la separación de materiales incompatibles, el uso de recipientes y superficies adecuados, la identificación de contenidos y la inspección de las instalaciones. El mantenimiento de tanques, conducciones, equipos y vehículos permitirá detectar y corregir deterioros antes de que ocasionen liberaciones. El manejo de residuos comprenderá su identificación, almacenamiento y traslado hacia las alternativas de aprovechamiento, tratamiento o disposición que correspondan, manteniendo registros que permitan conocer su origen y destino.

Para los residuos mineros, las medidas permitirán responder a las características del tepetate y los jales y a las condiciones de los depósitos. La prevención de liberaciones se coordinará con el manejo de aguas de contacto, la revisión de los sistemas de conducción y contención y la detección de filtraciones o descargas no previstas. Asimismo, se vinculará con las acciones de protección de fauna para evitar su acceso a materiales, soluciones o acumulaciones de agua que puedan representar una fuente de exposición. La selección de controles deberá sustentarse en la caracterización de los materiales y en el diseño de las instalaciones.

Ante una contingencia, se activarán los procedimientos de notificación, delimitación del área y control de la fuente, siempre que existan condiciones seguras para intervenir. Posteriormente, se realizarán la contención y recuperación de las sustancias liberadas y el manejo de los materiales afectados. La respuesta se coordinará con el Programa de Protección de Escurrimientos cuando exista posibilidad de transporte hacia cuerpos de agua, evitando que las actividades de limpieza dispersen los contaminantes o los transfieran a otro componente ambiental. Cuando se identifique fauna expuesta, su atención se canalizará a personal capacitado.

La capacitación y los simulacros permitirán verificar que el personal conozca sus responsabilidades, los mecanismos de comunicación y el uso de los recursos disponibles. Los resultados de estos ejercicios y de los incidentes reales se utilizarán para corregir deficiencias, actualizar procedimientos y reponer equipos o materiales. La atención de cada evento deberá incluir el análisis de sus causas y la verificación de las correcciones necesarias para reducir su recurrencia.

Durante el desmantelamiento y cierre se identificarán y retirarán los inventarios remanentes de sustancias y residuos, y se revisarán las áreas de almacenamiento, mantenimiento y proceso para detectar posibles afectaciones. La limpieza de equipos e instalaciones se realizará con procedimientos que permitan captar y manejar los líquidos y materiales resultantes. En las estructuras y depósitos que permanezcan se conservarán los controles y el seguimiento requeridos durante el poscierre, conforme a sus características y a los resultados de las inspecciones.

La verificación del cumplimiento comprenderá las condiciones de almacenamiento y contención, la ejecución del mantenimiento, la disponibilidad de recursos de respuesta, la capacitación y la trazabilidad del manejo de residuos. La eficacia se evaluará mediante la ocurrencia y recurrencia de incidentes, el tiempo de respuesta, la extensión de las áreas afectadas y la capacidad de detener la propagación de los contaminantes. Cuando ocurra contaminación, la conclusión de las acciones de limpieza o remediación deberá sustentarse en la evaluación del medio afectado y, cuando corresponda, en resultados analíticos; la ausencia de evidencia visible no será suficiente para demostrar su recuperación.

Esta estrategia prioriza evitar las liberaciones y atenderlas oportunamente, reconociendo que la contención inicial no garantiza la eliminación de todas sus consecuencias. Si permanecen afectaciones después de la respuesta, se definirán las acciones de remediación y seguimiento correspondientes. El Programa de Vigilancia Ambiental consolidará los resultados y dará seguimiento a las desviaciones, hasta verificar su atención y determinar los efectos residuales que requieran manejo posterior.

Estabilización e integración del sitio durante el cierre

La presente estrategia articula las acciones del Programa de Cierre Progresivo de la Mina, el Programa de Conservación de Suelos y el Programa de Protección de Escurrimientos, junto con las medidas de revegetación y seguimiento de fauna aplicables a las superficies rehabilitadas. Su propósito es establecer condiciones físicas y ambientales estables en las áreas que dejen de utilizarse, atendiendo las relaciones entre el relieve, el suelo, el drenaje, el paisaje y el hábitat. Comprende principalmente los impactos:

IA07 Modificación de características físicas del suelo debido a la compactación y sellamiento de algunas áreas.

IA09 Incremento de los procesos de erosión hídrica y eólica.

IA10 Pérdida o disminución de la disponibilidad del recurso suelo

IA11 Modificación del relieve y configuración geomorfológica, especialmente por tepetateras y depósitos de jales.

IA14 Alteración de los patrones de drenaje superficial

IA15 Modificación del coeficiente de escurrimiento debido a modificaciones en la superficie terrestre.

IA16 Disminución en la recarga de acuíferos por modificaciones en la superficie terrestre.

IA27 Pérdida, modificación y degradación del hábitat de fauna silvestre.

IA29 Reducción de la conectividad y funcionalidad causada por la fragmentación de la vegetación forestal.

IA31 Modificación del paisaje por la inserción de los componentes del Proyecto y las alteraciones por la operación.

La implementación comenzará durante la operación, mediante la identificación de superficies que puedan incorporarse al cierre progresivo sin interferir con las actividades de la mina ni comprometer la seguridad de las instalaciones. Para cada área se definirán las condiciones finales previstas, la secuencia de intervención y los criterios de cumplimiento, considerando la configuración del terreno, las características de los materiales, el drenaje y la disponibilidad de suelo recuperado. Esta planeación permitirá coordinar el retiro de infraestructura, el acondicionamiento de las superficies y las acciones de recuperación ambiental.

Antes de colocar suelo orgánico o establecer vegetación, se verificará que el terreno reúna las condiciones de estabilidad y drenaje previstas en el diseño de cierre. La reconformación de taludes, plataformas y depósitos se ejecutará conforme a sus características geotécnicas, procurando controlar la erosión y evitar concentraciones de escurrimiento que comprometan las obras o afecten las áreas receptoras. En las tepetateras y depósitos de jales, la configuración y las coberturas finales deberán responder también al comportamiento de los materiales y a las necesidades de manejo de aguas de contacto.

Una vez acondicionadas las superficies, se realizará la descompactación donde sea técnicamente procedente, la restitución del suelo recuperado y la revegetación con especies nativas adecuadas para las condiciones del sitio. Estas acciones deberán ser compatibles con las coberturas y sistemas de contención que permanezcan, evitando intervenciones que comprometan su integridad. La selección de especies y su distribución

buscarán proteger el suelo y favorecer la recuperación gradual de refugios, recursos alimenticios y conexiones con la vegetación conservada.

La integración paisajística se abordará mediante la configuración final de las superficies, el retiro de elementos que ya no tengan una función y el establecimiento de cobertura vegetal compatible con el entorno. Estas acciones permitirán reducir contrastes y mejorar la relación visual de las áreas rehabilitadas con el paisaje circundante. Sin embargo, la integración paisajística no sustituirá la verificación de estabilidad física ni implicará la restitución del relieve original, particularmente en los depósitos que permanezcan después del cierre.

El manejo del drenaje definitivo se coordinará con la rehabilitación de cada superficie para conservar rutas de descarga funcionales y reducir la necesidad de correcciones posteriores. Se mantendrán las obras que deban continuar operando durante el poscierre y se establecerán sus necesidades de inspección y mantenimiento. La recuperación de la infiltración se procurará donde resulte compatible con la protección del suelo y del agua subterránea; en depósitos que requieran limitar el ingreso de agua, prevalecerá el funcionamiento de las coberturas y sistemas previstos para prevenir la generación y migración de contaminantes.

La restauración de las áreas liberadas se distinguirá de las acciones del Programa de Restauración Ambiental destinadas a compensar el desmonte en otra superficie dentro de la Región Ecológica. Ambas intervenciones podrán contribuir a objetivos regionales de recuperación ambiental, pero conservarán superficies, metas y registros propios. La compensación no sustituirá las obligaciones de acondicionamiento, estabilización y seguimiento de las áreas ocupadas por el Proyecto.

La verificación del cumplimiento comprenderá las superficies incorporadas al cierre progresivo, el retiro de infraestructura programado, la ejecución de las obras de estabilización y drenaje y la restitución de suelo y vegetación. La eficacia se evaluará mediante el seguimiento del comportamiento de taludes y depósitos, la aparición de erosión o asentamientos, el funcionamiento de las descargas y el establecimiento de la cobertura vegetal. La evaluación paisajística podrá apoyarse en fotografías obtenidas desde puntos fijos, mientras que el seguimiento de fauna aportará información sobre la recuperación del uso del hábitat. Los resultados permitirán programar reparaciones, mantenimiento o ajustes donde no se alcancen las metas.

Se reconoce que algunas transformaciones del relieve, la ocupación del suelo y las modificaciones del drenaje permanecerán después del cierre. Por ello, la estrategia buscará reducir sus efectos y establecer condiciones finales estables y funcionales, sin asumir la recuperación completa de las condiciones originales. El seguimiento del poscierre deberá responder al comportamiento de las obras y de las superficies rehabilitadas, manteniendo las acciones necesarias hasta verificar los criterios de desempeño establecidos.

Manejo de la interacción con localidades y vialidades

La última estrategia integra las medidas de contratación y movilización de personal, comunicación comunitaria, conducta de trabajadores y contratistas, organización del transporte y mantenimiento vial previstas para el Proyecto. Su propósito es atender el incremento temporal de trabajadores foráneos y la presión sobre la infraestructura vial y las condiciones de tránsito, correspondientes a los impactos IA33 e IA36. Su implementación

se coordinará con los programas de Capacitación Ambiental y Mantenimiento de Vehículos, Maquinaria y Equipo, así como con los controles de polvo y ruido relacionados con la circulación vehicular.

Antes de iniciar la movilización de personal y materiales, se identificarán las localidades vinculadas con el Proyecto, las rutas de acceso y los tramos que serán compartidos con otros usuarios. Se reconocerán los puntos donde puedan presentarse conflictos de circulación, considerando accesos a viviendas, escuelas, servicios, actividades productivas y desplazamientos peatonales. Asimismo, se documentarán las condiciones iniciales de las vialidades utilizadas, con el propósito de contar con una referencia para evaluar los cambios asociados al tránsito del Proyecto y definir las acciones de mantenimiento correspondientes.

La contratación y llegada de trabajadores se organizarán de acuerdo con las necesidades de cada etapa, procurando la participación de personal local cuando cumpla los perfiles requeridos. Para el personal foráneo se definirán condiciones de traslado y, cuando corresponda, alojamiento, considerando la capacidad de los servicios disponibles y evitando su ocupación desordenada. La información sobre oportunidades laborales, requisitos y duración estimada de los trabajos se comunicará por los medios previstos para reducir expectativas que no correspondan con la demanda real del Proyecto.

La inducción de trabajadores y contratistas incluirá pautas de respeto hacia la población, las propiedades y las actividades locales, así como los procedimientos para comunicar incidentes o inconformidades. Estas acciones se complementarán con la supervisión de su cumplimiento y la atención de conductas que puedan generar conflictos. La llegada de personal foráneo no se considerará, por sí sola, una causa de deterioro social; el seguimiento se enfocará en las presiones o situaciones concretas relacionadas con su presencia y en la eficacia de las medidas para atenderlas.

El manejo del transporte comprenderá la definición de rutas, velocidades y condiciones de acceso y salida, considerando las características de las vialidades y la convivencia con otros usuarios. Los horarios y la frecuencia de los viajes se ajustarán, cuando resulte viable, para reducir coincidencias con periodos de mayor circulación local. El traslado de cargas especiales o de equipos que requieran maniobras particulares se planificará con anticipación y se coordinará con las instancias competentes cuando corresponda. Estas acciones buscarán mantener el acceso a las localidades y reducir interrupciones, conflictos de tránsito y deterioros asociados a la circulación del Proyecto.

El mantenimiento de vehículos y la capacitación de conductores reforzarán el funcionamiento de los controles de tránsito. De manera complementaria, la cobertura de cargas, el control de velocidad y las acciones de reducción de polvo disminuirán las molestias en los tramos cercanos a receptores. Las inspecciones de las rutas permitirán identificar deterioros y determinar las intervenciones atribuibles al uso del Proyecto, considerando las condiciones iniciales, las lluvias, el tránsito de terceros y otros factores que influyan sobre la infraestructura. Las acciones en vialidades públicas deberán coordinarse con sus responsables.

La comunicación con las localidades acompañará la ejecución de estas medidas mediante avisos sobre movimientos extraordinarios, cambios temporales de circulación o actividades que puedan afectar los accesos. Se mantendrán canales para recibir y dar seguimiento a

reportes relacionados con el transporte, la conducta del personal y el uso de servicios. Cada caso deberá contar con un registro de atención y, cuando proceda, con acciones correctivas cuya aplicación pueda verificarse. La información recibida permitirá ajustar la operación cuando se identifiquen problemas recurrentes.

Durante el desmantelamiento y cierre se actualizará la organización del transporte para considerar el retiro de equipos, estructuras y residuos, así como la disminución gradual del personal. Se comunicarán oportunamente las actividades que puedan modificar el tránsito y se revisarán las condiciones finales de las rutas utilizadas para identificar las reparaciones que correspondan al Proyecto. La conclusión de los trabajos deberá incluir la atención de afectaciones pendientes y la restitución de accesos alterados temporalmente.

La verificación del cumplimiento comprenderá los registros de inducción, mantenimiento vehicular, recorridos de inspección, avisos comunitarios y aplicación de las condiciones de circulación. La eficacia se evaluará mediante el seguimiento de incidentes viales, obstrucciones de accesos, deterioros atribuibles al Proyecto y recurrencia de inconformidades, considerando el volumen de viajes y la intensidad de las actividades. El cierre administrativo de un reporte no será suficiente para demostrar su solución; deberá verificarse la atención de la causa y, cuando sea posible, la percepción de las personas afectadas.

Se reconoce que las condiciones de movilidad y la demanda de servicios también dependen de actividades ajenas al Proyecto. Por ello, la evaluación distinguirá su contribución y promoverá la coordinación necesaria cuando existan presiones concurrentes sobre las mismas localidades o vialidades. Los deterioros y conflictos que permanezcan después de aplicar las medidas deberán incorporarse al seguimiento, con responsables y acciones definidos para su atención.

IV.5. Valoración económica del costo de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración

La valoración económica comprende la estimación de los recursos necesarios para implementar las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración propuestas para el Proyecto, incluyendo su mantenimiento, supervisión y evaluación de eficacia. Su finalidad es vincular los compromisos ambientales con una previsión presupuestal que permita programar su ejecución durante las distintas etapas del Proyecto.

La estimación se organiza por programas ambientales y distingue las inversiones iniciales, los gastos recurrentes y los costos asociados a unidades de ejecución, tales como hectáreas intervenidas, campañas de monitoreo y obras de protección. Para cada concepto se consideran los recursos humanos, materiales, equipos, servicios especializados y registros necesarios para demostrar su cumplimiento. Las medidas que atienden varios impactos se presupuestan una sola vez, evitando duplicidades entre programas.

Los importes se expresan en pesos mexicanos a precios de 2026 y constituyen una estimación preliminar de planeación. Su actualización se realizará conforme al calendario de ejecución, las superficies efectivamente programadas, las características de las obras y las cotizaciones de los proveedores.

La restauración compensatoria dentro de la Región Ecológica contará con una partida diferenciada de la rehabilitación de las áreas liberadas durante el cierre progresivo.

Asimismo, los gastos de vigilancia y monitoreo se distinguirán de los correspondientes a la ejecución material de las medidas, de manera que el presupuesto contemple tanto su implementación como la verificación de sus resultados.

La programación financiera incorpora una reserva para ajustes operativos y acciones correctivas ordinarias, sin que esta sustituya la estimación específica de contingencias mayores o de obligaciones de cierre. El seguimiento presupuestal permitirá relacionar los recursos ejercidos con las actividades ejecutadas y las metas ambientales alcanzadas, identificando oportunamente las necesidades de actualización.

En la siguiente tabla se presentan los importes propuestos y corresponden a un año de actividad plena; no obstante, se prevé que estos importes sean ajustados en cada etapa, ya que no es pertinente solo multiplicar todas las partidas por la vida útil; sobre todo porque los programas no son aplicados de la misma manera en cada una de ellas.

En la siguiente tabla se presentan los costos estimados para la aplicación de cada uno de los programas y protocolos previstos.

Tabla 20. Estimación de los costos previstos para la aplicación de los programas y protocolos.

Programas	Anual	PS-C	O&M	DA	Total
PVA	$ 960,000.00	$ 3,840,000.00	$ 10,560,000.00	$ 4,800,000.00	$ 19,200,000.00
Programa de restauración ambiental	$ 1,085,575.00	$ 4,342,300.00	$ 3,473,840.00	$ -	$ 7,816,140.00
Programa de conservación de suelos	$ 1,640,780.00	$ 6,563,120.00	$ 18,048,580.00	$ -	$ 24,611,700.00
Programa de cierre progresivo de la mina	$ -	$ 2,093,700.00	$ 10,079,500.00	$ -	$ 12,173,200.00
Protocolo de control de emisiones atmosféricas, polvo, ruido y vibraciones	$ 840,000.00	$ 3,360,000.00	$ 9,240,000.00	$ 900,000.00	$ 13,500,000.00
Protocolo de mantenimiento vehicular, maquinaria y equipo	$ 360,000.00	$ 1,440,000.00	$ 3,960,000.00	$ 1,200,000.00	$ 6,600,000.00
Programa de capacitación ambiental	$ 90,000.00	$ 360,000.00	$ 990,000.00	$ 450,000.00	$ 1,800,000.00
Programa de manejo integral de residuos mineros, RME y RP	$ 720,000.00	$ 2,880,000.00	$ 7,920,000.00	$ 3,600,000.00	$ 14,400,000.00
Programa de sustancias peligrosas y respuesta a emergencias ambientales	$ 180,000.00	$ 720,000.00	$ 1,980,000.00	$ 900,000.00	$ 3,600,000.00
Programa de protección de escurrimientos	$ 240,000.00	$ 960,000.00	$ 2,640,000.00	$ -	$ 3,600,000.00
Programa de rescate y reubicación de flora	$ 1,237,555.50	$ 4,950,222.00	$ -	$ -	$ 4,950,222.00
Programa de rescate y reubicación de fauna	$ 1,200,000.00	$ 4,800,000.00	$ -	$ -	$ 4,800,000.00
Programa de monitoreo de fauna	$ 480,000.00	$ 1,920,000.00	$ 2,400,000.00	$ -	$ 4,320,000.00
Total	**$ 9,273,910.50**	**$ 39,189,342.00**	**$ 73,931,920.00**	**$ 11,850,000.00**	**$ 121,371,262.00**

Los costos presentados son preliminares y serán actualizados conforme avance el Proyecto y se vayan realizando las actividades.

IV.6. Resumen

La metodología para la identificación y evaluación de los impactos ambientales que pudieran generarse por la construcción y operación del Proyecto consistió en:

- Matrices interactivas
- Técnica de Bojórquez – Tapia.

El documento identifica, describe y evalúa los impactos ambientales del Proyecto, considerando las etapas de preparación del sitio y construcción, operación y mantenimiento, y desmantelamiento y abandono. El análisis incorpora las condiciones de la Región Ecológica y las presiones existentes por actividades mineras, agropecuarias, asentamientos humanos, vialidades e infraestructura energética.

La identificación se realizó mediante listas de verificación, árboles de actividades y componentes ambientales y una matriz causa–efecto de Leopold modificada. Se registraron 393 interacciones proyecto–ambiente, de las cuales 307 son negativas y 86 positivas, con mayor concentración de interacciones adversas durante la preparación del sitio y construcción. Estas relaciones se sintetizaron en 36 impactos: 34 negativos y dos positivos, estos últimos asociados con la generación de empleo y el fortalecimiento de la economía local por el consumo de bienes y servicios.

La valoración de los impactos negativos se efectuó mediante la técnica de Bojórquez-Tapia, considerando intensidad, extensión y duración, así como sinergia, acumulación, controversia y mitigación. En el escenario sin medidas se obtuvieron 33 impactos muy significativos y uno significativo. Al incorporar la eficacia prevista de las medidas, la evaluación estima 15 impactos no significativos, 16 poco significativos y tres significativos, relacionados con la modificación del relieve, el régimen hidrogeológico y el paisaje.

El análisis de sinergias identificó principalmente interacciones de nivel medio entre la transformación de la superficie terrestre, la dinámica hidrológica, la fragmentación de la vegetación y la pérdida de hábitat y conectividad. No se identificaron sinergias altas conforme a los criterios utilizados. La evaluación acumulativa consideró la coincidencia espacial y temporal de las presiones del Proyecto con otras actividades sobre los mismos receptores, destacando la incorporación progresiva de superficies transformadas y sus consecuencias sobre el suelo, la vegetación, el hábitat, el paisaje y las vialidades.

Se identificaron 20 impactos residuales y dos cuya residualidad está condicionada a la evolución de la afectación y a la eficacia de las medidas. Los de residualidad alta corresponden a la pérdida de disponibilidad del suelo, la modificación geomorfológica, la pérdida o transformación del hábitat y la alteración del paisaje. Su permanencia se relaciona principalmente con la ocupación definitiva de superficies y la presencia de tepetateras, depósitos de jales y nuevas formas del terreno. La residualidad se evaluó de manera diferenciada de la significancia, reconociendo que un efecto puede persistir aun cuando su magnitud se reduzca.

Para atender los impactos se establecieron medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración, con objetivos, periodicidad, plazos y parámetros de verificación. Su implementación se articula en siete estrategias: conservación del suelo; protección del drenaje y los recursos hídricos; control de emisiones, ruido y vibraciones; conservación de biodiversidad, hábitat y conectividad; prevención de contaminación y

respuesta a contingencias; estabilización e integración del sitio durante el cierre; y manejo de la interacción con localidades y vialidades.

La rehabilitación progresiva de las áreas liberadas se distingue de la restauración compensatoria prevista en una superficie similar dentro de la Región Ecológica. Ambas contribuirán a la recuperación de funciones ambientales, sin asumir que la compensación elimina las pérdidas locales ni que la revegetación restituye completamente las condiciones originales. El Programa de Vigilancia Ambiental integrará la verificación del cumplimiento y la evaluación de eficacia, orientando acciones correctivas y el seguimiento de los efectos residuales durante las etapas del Proyecto y el poscierre que corresponda.

IV.7. Delimitación del Área de influencia del Proyecto de acuerdo con la extensión e intensidad de los impactos ambientales significativos, sinérgicos, acumulativos y residuales antes señalados y sus efectos.

El área de influencia del proyecto o AI es definida como la zona donde los impactos sobre los componentes ambientales se resienten de manera directa e inmediata; en ese sentido, los componentes ambientales que pueden verse afectados directamente con la realización del Proyecto son los siguientes:

- Atmósfera. El área de influencia de este componente reside en la posible emisión de gases contaminantes a la atmósfera que representen una disminución a la calidad del aire, así como la contaminación sonora que pueda afectar a las especies de fauna que se distribuyen en la zona.
- Suelo. El componente se verá afectado por las modificaciones en su superficie, lo cual incrementará sus procesos erosivos.
- Agua. Dicho componente se podría ver afectado en caso de arrastre de sedimentos, al considerar que, dentro del área del Proyecto se encuentran escurrimientos, así como por obstrucción de su cauce y libre flujo afectando la disponibilidad del líquido aguas debajo de la cuenca si no se consideran las medidas adecuadas, siendo este el impacto de mayor alcance.
- Localidades. Se generará una interacción entre el Proyecto y las localidades cercanas por consumo de bienes y servicios, empleo de mano de obra, tanto durante la construcción como durante la operación.
- Componente biótico. Este componente se verá impactado debido al desmonte que supone la construcción del Proyecto, afectando fragmentos con vegetación nativa y por consiguiente a la fauna que pueda hacer uso de estas áreas, dichos impactos tendrán efecto en áreas circundantes debido al alcance de impactos que rebasan el polígono del Proyecto y debido al efecto borde.

En este contexto, en el AI se reconocen efectos indirectos tales como contaminación por ruido, emisiones atmosféricas, perturbación de hábitats, disminución de la abundancia de la fauna silvestre por desplazamiento, modificación de la estructura de la vegetación, entre otros, mismos que se abordan con mayor detalle en el Capítulo V.

De esta manera, es importante considerar la existencia de barreras que puedan contener estos impactos que pudieran tener un mayor alcance y rebasar el perímetro del área del Proyecto, considerando los siguientes criterios:

- Distancia máxima a la que se percibirá el ruido generado por la maquinaria, así como por el tránsito vehicular. Diferentes fuentes sugieren que la maquinaria de construcción puede generar ruido que alcanza alrededor de 90 decibeles (dB), mientras que el tránsito vehicular puede alcanzar aproximadamente 80 dB; por otro lado, el nivel de ruido en el ambiente natural es variable pero generalmente menor a los 60 dB como se ejemplifica en las siguientes tablas:

Tabla 21. Niveles de ruido generado por diferentes fuentes.

Generador de ruido	Potencia sonora dB
Ruido de hojas	15
Zumbido de mosquito	45
Conversación normal	55
Sonido de pájaros	60
Aspiradora	70
Ruido de tráfico	80
Compresor de aire	90
Martillo neumático	100
Rodillo SINOMACH	85.4
Retroexcavadora	77.8
Autohormigonera	84.9
Minicargador	87.5
Motoniveladora	82.7
Excavadora	80.5
Camión Mixer	90.6
Camión cisterna	69.6

En este sentido, mientras el receptor se aleja más de la fuente generadora de ruido, el nivel de este se percibe con menor intensidad; de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), se recomiendan niveles no mayores a 55 dB para el día y 50 dB para la noche para no generar daños a la salud. Considerando estas variables, de acuerdo con (Inercoacústica, 2020) el nivel de ruido máximo de 90 dB se percibirá a 50 dB a una distancia de 28 m y a 45 dB a una distancia de 50 m, como se muestra en la siguiente tabla, esta última distancia fue considerada como alcance máximo del impacto por ruido derivado del Proyecto en cualquiera de sus etapas, con el fin de considerar la posible afectación tanto humana como de fauna silvestre.

Tabla 22. Cambio del nivel sonoro dB(A) con la distancia.

Distancia m	Cambio del nivel sonoro dB(A)
9	-30
16	-35
28	-40
40	-43
50	-45
56	-46
63	-47
71	-49
80	-50
89	-51

- Alcance de emisiones: estas provendrán principalmente de vehículos y maquinaria, así como emisiones de polvo, por lo cual se espera que no alcancen grandes

distancias antes de disiparse por acción del viento, en este sentido se considera como límite de contención el relieve, la presencia de elevaciones puede limitar el alcance de la dispersión de partículas por acción del viento.

- Efecto borde: ocasionado por la remoción de la vegetación, lo cual modifica la estructura y composición de áreas adyacentes debido a una mayor incidencia de luz y menor humedad, este efecto tiene impacto en la fauna silvestre; expertos señalan que dicho efecto penetra hasta 100 metros posteriores al sitio en donde se da el retiro de la vegetación, distancia que fue considerada como alcance para este impacto.
- Escurrimientos: se incorporaron en el área de influencia a los escurrimientos que se encuentran dentro del polígono del Proyecto y su cauce aguas abajo, dado que, en caso de afectación a su calidad o cantidad es la parte baja de la cuenca la que resulta directamente afectada.
- Finalmente se incluyen en el área de influencia a las localidades más próximas debido a la interacción que existirá por su población con el Proyecto
- El resto de los impactos tendrán un área de incidencia dentro del área del Proyecto o próxima a este.

De esta manera, se llevó a cabo la digitalización del AI en el software QGIS 3.28.10. El AI quedó conformado por un polígono cuya superficie es de 891.3870 ha, la delimitación completa se muestra en la siguiente figura, mientras que, en el Anexo 8 se incluye este polígono en formato shapefile, kmz y kml.

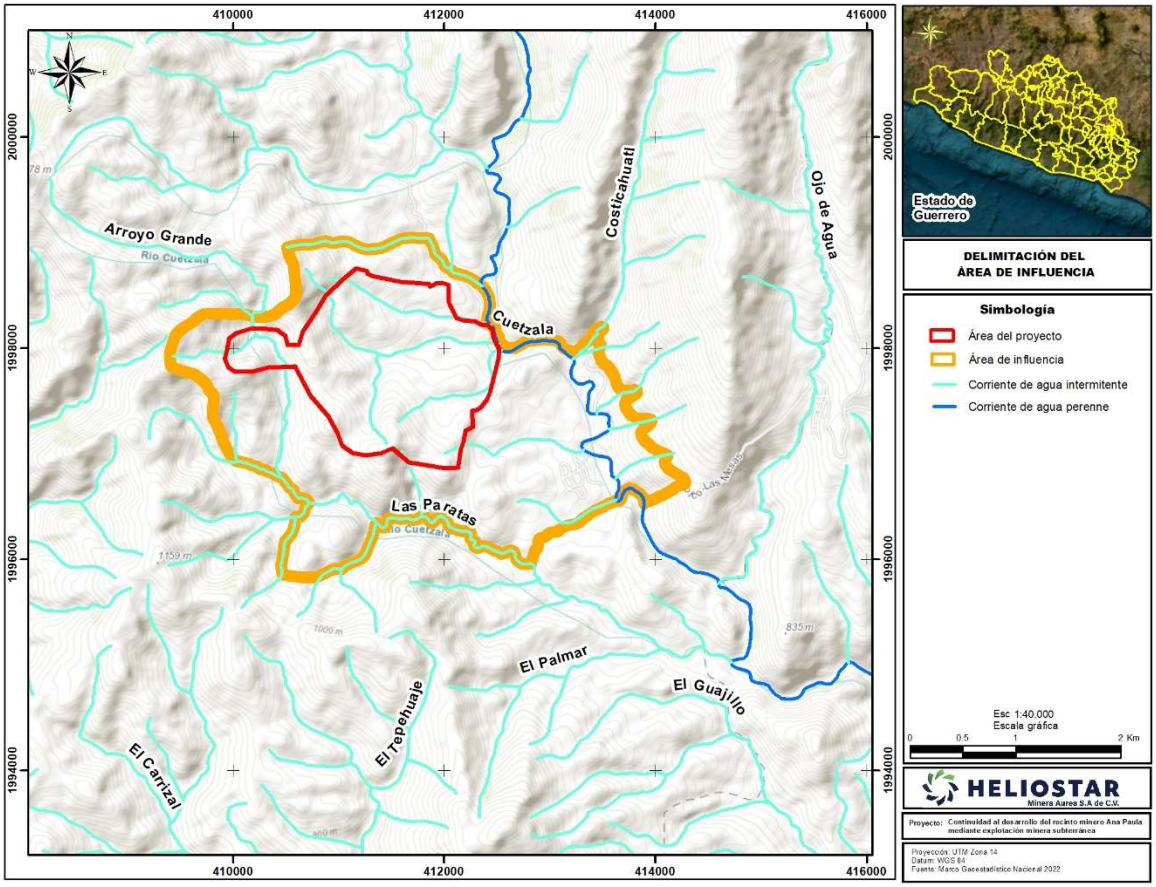


Figura 3. Representación general del AI delimitado para el Proyecto.

Anexo

En el Anexo 8, se presenta en formato PDF y JPG el plano georreferenciado en UTM, Datum WGS84, del polígono del área de influencia, así como los archivos shapefile, kmz, kml y coordenadas en formato *CSV.

IV.8. Pronósticos ambientales y, en su caso, evaluación de alternativas

En la presente sección se generarán los diferentes escenarios del área en donde se pretende llevar a cabo el Proyecto. En este sentido, es necesario entender que un escenario se considera como la descripción provisoria y exploratoria de un futuro probable. Los escenarios describen eventos y tendencias y cómo éstas pueden evolucionar en tiempo y espacio (Firmenich 2009).

También se puede definir como un retrato significativo y detallado de un admisible, recomendable y coherente mundo futuro. En él se pueden ver y comprender claramente los problemas, amenazas y oportunidades que tales circunstancias pueden presentar.

El desarrollo de los escenarios permitirá prever las posibles afectaciones que se tendrían sobre los recursos naturales, con y sin la presencia del Proyecto, permitiendo comparar las condiciones ambientales actuales y posteriores a la ejecución de este.

Para ello, se compara la situación ambiental existente con la que se espera generar como consecuencia de la implementación del Proyecto, por lo que la línea base (condiciones iniciales de la RE y área del Proyecto, descritas en el Capítulo III) constituye una fuente de información primordial para determinar los impactos ambientales esperados por la ejecución del Proyecto.

En este sentido, una vez que se ha caracterizado la línea base de la RE y área del Proyecto, se han identificado los impactos ambientales que pudieran ocasionar las distintas actividades del Proyecto y se han establecidos las medidas y acciones de prevención, mitigación y/o compensación. En este sentido, se pueden plantear los diversos escenarios para el área en donde se pretende realizar el Proyecto.

Por otro lado, para la elaboración de los pronósticos ambientales es importante considerar el carácter significativo de los impactos ambientales, ya que la significancia de estos es proporcional a las alteraciones que causan en los componentes ambientales.

El interpretar o predecir el comportamiento de las acciones a futuro o construirlo, de acuerdo con las perspectivas, resulta un tanto complicado. Sin embargo, existen métodos para la formulación de escenarios, como los pronósticos cualitativos y cuantitativos, estudios prospectivos, la simulación, modelos causales, entre otros, que nos proporcionan indicios de lo que podría esperarse para un tiempo posterior derivado de una acción (en este caso, la ejecución del Proyecto).

El objetivo de cualquiera de estos métodos es pronosticar escenarios coherentes y acordes a las implicaciones que puede ocasionar la implementación de un proyecto (Vergara C., Maza F. y Fontalvo T. 2010).

IV.8.1. Tendencia de desarrollo de la RE

En este apartado se retomó el diagnóstico ambiental desarrollado en el capítulo III para la RE al tiempo cero (T_0), es decir, el momento actual en el cual aún no se implementan las actividades contempladas por el proyecto. En este contexto, en la RE dominan los ecosistemas forestales, la mayor parte de ellos con evidencia de deterioro al ser catalogadas como vegetación secundaria y solo el 0.6% corresponde a vegetación primaria de bosque de encino; el 16% de la superficie se usa en las prácticas agrícolas y el 12.6% cuenta con cobertura de pastizal inducido, si bien el deterioro de la calidad ambiental no es tan evidente, las prácticas antrópicas podrían provocar el detrimento que se verá reflejada en bajos índices de diversidad biológica.

Las tendencias de desarrollo y deterioro identificadas en la RE están indudablemente relacionadas con las actividades antrópicas en la región, donde destaca la agricultura; misma que se refleja en el cambio a través del tiempo, sobre el uso de suelo de dicha superficie, cuya comparación es posible empleando como referencia las cartas de uso de suelo y vegetación del INEGI:

- 1985: INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie I, escala 1:250 000. México.
- 2017 – 2021[2]: INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VII, escala 1:250000. México.

A partir de estas cartas, se obtuvo la superficie por uso de suelo y vegetación para la superficie de la RE (6,749.8470 ha) y con dichos datos se calculó la tasa anual de cambio de uso de suelo en esta misma superficie, conforme a los indicadores básicos de desempeño ambiental que ofrece el SNIA[3]. De manera que la tasa anual de cambio de uso de suelo se calculó con la fórmula:

$$r = \left(\left(\left(\frac{S2}{S1} \right)^{1/t} \right) * 100 \right) - 100$$

Dónde:
r = tasa anual.
S2 = superficie final.
S1 = superficie inicial.
T = tiempo transcurrido entre fechas.

Tabla 23. Superficie por uso de suelo en la RE, a través del tiempo, de acuerdo con la cartografía del INEGI.

Clave	Descripción	SERIE VII		SERIE I	
		Sup (ha)	%	Sup (ha)	%
BQ	Bosque de encino	40.7268	0.6%	115.8997	1.7%
H2O	Cuerpo de agua	4.0280	0.1%		0.0%
PI	Pastizal inducido	848.0743	12.6%	939.7600	13.9%
TA	Agricultura de temporal anual	1,079.9361	16.0%	826.5349	12.2%
VSa/BQ	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	4,658.7333	69.0%	1,053.1238	15.6%
VSA/SBC	Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia	118.3486	1.8%	399.3156	5.9%
VSa/SBC	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	-	-	3,415.2130	50.6%

[2] De acuerdo con los “Vectoriales de uso de suelo y vegetación” la Serie VII, escala 1:25 000, fue desarrollada entre el periodo 2017 y 2021.
[3] http://www.semarnat.gob.mx/temas/estadisticas-ambientales/snia

Total	**6,749.8470**	**100.0%**	**6,749.8470**	**100.0%**

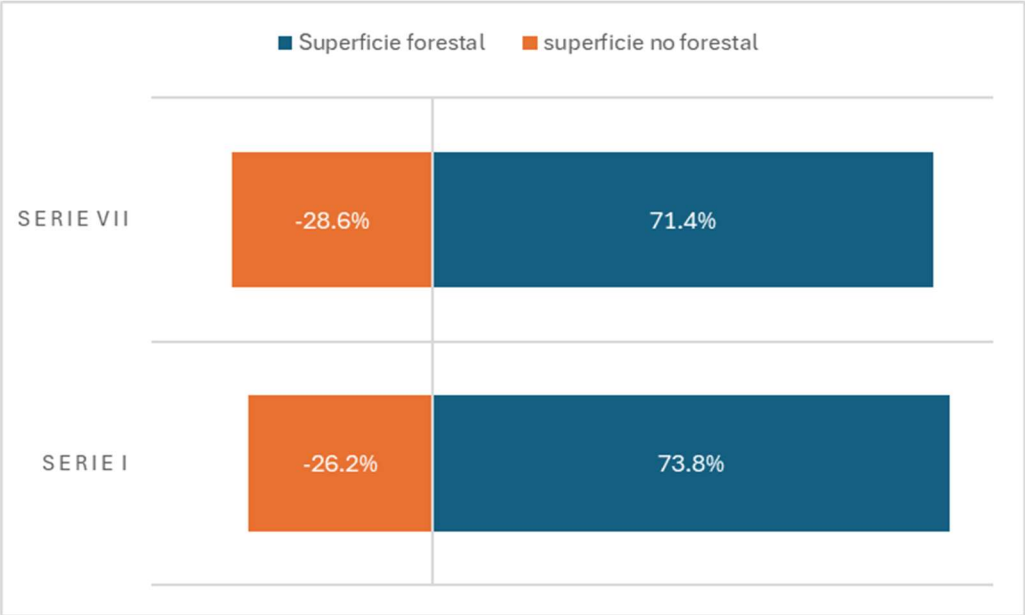
Uno de los inconvenientes en este ejercicio es la diferencia existente en la nomenclatura de los usos de suelo empleadas entre ambas cartas, parte de ello se debe a que es una realidad que a menudo se afronta este mismo problema con el nombre asignado a las comunidades vegetales de México, ya que no existe un sistema de clasificación y nomenclatura que sea de uso común, originando confusiones (González Medrano, 2004) y también debido a los criterios que en su momento el INEGI utilizó para la elaboración de las cartas temáticas que sirvieron de referencia, es por ello que, para este análisis se optó por utilizar solo dos categorías, agrupando los conceptos forestales y los no forestales, que para el objetivo que se persigue en este apartado, resultan suficientes para proyectar la perdida de superficie forestal en la RE. De esta forma se obtuvo el valor de la tasa anual de cambio para la superficie forestal (r= 0.094) y para la superficie ocupada por conceptos no forestales (r= -0.249); de lo que destaca que considerando la tendencia de cambio de uso de suelo que la RE ha exhibido en las últimas décadas, es posible pronosticar un escenario futuro de la misma área sin el alojamiento del proyecto, en el que puede advertirse que de continuar con las tendencias de cambio actuales, al cabo de 30 años, la superficie forestal podría decrecer en un 2.5%, reduciéndose de 4,817.8086 ha determinadas en la línea base, hasta una superficie aproximada de 4,652.0651 ha, tal como se muestra en la tendencia graficada a continuación.

Tabla 24. Tasas anuales de cambio de uso de suelo en el SAR.

Uso de suelo	Año 1985 (Serie I)	Línea base (Serie VII)	r	30 años en el futuro (2055)
Superficie forestal	4,983.5521	4,817.8086	0.094	4,652.0651
Superficie no forestal	1,766.2949	1,932.0384	-0.249	2,097.7819
Total	**6,749.8470**	**6,749.8470**		**6,749.8470**

Considerando las tasas de cambio de uso de suelo del periodo 1980-2021 (Figura 4), si bien el porcentaje es relativamente bajo (2.5%), este valor no es despreciable considerando la superficie de la RE. Estos cambios en los usos de suelo han ocasionado que, en fechas recientes, se registre una mayor superficie agrícola con un incremento en un 3.8%, lo que trae consigo un incremento en la erosión.

Figura 4. Comparativo de tasas anuales de cambio de uso de suelo en la RE.



IV.8.2. Descripción y análisis de los escenarios

A continuación, se presenta la descripción de los tres escenarios planteados: Línea base (sin Proyecto), con Proyecto y con Proyecto y medidas.

Tabla 25. Descripción y análisis de los tres escenarios planteados: Sin Proyecto, con Proyecto y con Proyecto y medidas.

Factor	Caracterización	Tendencia sin Proyecto	Tendencia con Proyecto sin medidas	Tendencia con Proyecto con medidas
Clima	En la RE se presentan climas de tipo cálido subhúmedo con diferencias de humedad (Aw0(w) y Aw1(w)) y semicálido subhúmedo (A(C)w1(w)); mientras que el AI y AP se localizan únicamente en el primero de ellos, siendo el que cuenta con mayor extensión en la RE. De acuerdo con las características climáticas presentes en el AP, y la descripción amplia presentada en el capítulo III, en el sitio se puede tener una humedad relativa que oscila entre 60 y 99%, así como el verano es la temporada más húmeda y el invierno la más seca, lo que indica que el aire se encuentra saturado de partículas de agua al menos la mitad del año.	En ausencia del Proyecto, se prevé la continuidad del patrón climático regional y de su estacionalidad, sujeto a la variabilidad natural y a las tendencias climáticas de mayor escala. Las superficies que mantengan vegetación forestal conservarían su contribución a la regulación microclimática mediante el sombreado, la evapotranspiración y la protección del suelo. Sin embargo, este escenario no implica condiciones estáticas, pues las actividades agropecuarias, mineras y demás transformaciones existentes en la RE podrían continuar modificando localmente la cobertura vegetal y, con ello, la temperatura y humedad del suelo.	La ejecución del Proyecto implicaría la afectación de 86.846 ha de vegetación forestal dentro de una superficie de desplante de 100.795 ha. El desmonte y despalme reducirían el sombreado y la protección superficial del suelo, aumentando su exposición a la radiación solar y al viento. Se prevé una tendencia al incremento de la temperatura superficial diurna y de sus fluctuaciones, así como una menor conservación de humedad en las superficies expuestas, especialmente durante la temporada seca. La compactación, el sellamiento y la sustitución de la cobertura original modificarían además la distribución del agua y el intercambio de energía entre el suelo y la atmósfera. Estas alteraciones serían heterogéneas según el tipo de superficie y podrían persistir en las áreas de ocupación permanente. Su alcance se relacionaría principalmente con el microclima del AP y su entorno inmediato; con la información disponible no	La delimitación de las áreas de intervención y la conservación de las 176.928 ha sin afectación permitirían restringir la extensión de las modificaciones microclimáticas atribuibles al Proyecto. El manejo del suelo orgánico y la rehabilitación progresiva de las superficies liberadas favorecerían la recuperación de la capacidad de retención de humedad y el establecimiento de vegetación. Conforme se desarrolle la cobertura vegetal, se prevé una reducción gradual de la exposición del suelo y de los contrastes térmicos respecto de las áreas sin rehabilitar. Adicionalmente, la restauración compensatoria de 86.846 ha dentro de la RE contribuiría a recuperar funciones de regulación microclimática en el sitio receptor. Este beneficio sería progresivo y no sustituiría la recuperación de las condiciones locales en el AP. Por tanto, aun con las medidas, podrían persistir diferencias de temperatura y humedad en superficies ocupadas permanentemente. La tendencia esperada sería de recuperación parcial y gradual en las áreas

Factor	Caracterización	Tendencia sin Proyecto	Tendencia con Proyecto sin medidas	Tendencia con Proyecto con medidas
			se sustenta un cambio en el tipo climático de la RE ni en su régimen regional de precipitación.	rehabilitadas, cuya eficacia deberá verificarse mediante el seguimiento de la cobertura vegetal y mediciones comparables de temperatura y humedad del suelo.
Suelos	En la RE, AI y AP se distribuyen suelos de tipo Leptosol y Regosol, siendo los primeros los que ocupan mayor extensión de cada área. Asimismo, de acuerdo con la cartografia de erosión, en la RE existen áreas con erosión hídrica laminar en grados leve y moderado, así como áreas sin erosión. En la RE el 29.05% presenta algún grado de erosión, en el AI el 49.98% y en el AP el 54.93% presenta erosión, siendo que la mayor superficie presenta un grado moderado. En el AI y AP dominan las áreas con erosión de tipo hídrica laminar en grado moderado y leve, ocupando el 49.98 y 54.93%, respectivamente. En lo que se refiere a la degradación del suelo, la mayor superficie de la RE, así como la totalidad del AI y AP no presentan degradación, solo una porción de la RE al sureste presentaría erosión hídrica con pérdida de suelo superficial en grado ligero, cuya causa principal es el sobrepastoreo y las actividades agrícolas.	En ausencia del Proyecto, se prevé que las condiciones del suelo evolucionen en función de la cobertura vegetal, las pendientes, las lluvias y la continuidad de los usos actuales del territorio. Las áreas forestales conservadas mantendrían su contribución a la protección del suelo, la incorporación de materia orgánica y la regulación de la infiltración y el escurrimiento. Sin embargo, los procesos de erosión hídrica laminar ya registrados podrían persistir y aumentar donde se intensifique la remoción de vegetación, el tránsito o el aprovechamiento agropecuario. Este escenario no supone la recuperación espontánea de todas las superficies erosionadas. La tendencia sería de conservación relativa en áreas con cobertura protectora y de persistencia o agravamiento localizado de la pérdida de suelo donde continúen las presiones existentes, además de incrementar la presión en áreas donde se desarrollen nuevos	El desmonte, despalme, las excavaciones y los movimientos de tierra modificarían la estructura y disposición de los horizontes del suelo dentro de las superficies intervenidas. El tránsito de maquinaria y la conformación de plataformas y caminos incrementarían la compactación, mientras que las superficies selladas limitarían el intercambio de agua y aire. La ocupación por instalaciones, tepetateras y depósitos de jales reduciría la disponibilidad del suelo para cumplir sus funciones originales. La remoción de la cobertura vegetal y la exposición de materiales favorecerían el desprendimiento y transporte de partículas, especialmente durante las lluvias. Considerando que el 54.93 % del AP presenta erosión cartografiada, las intervenciones podrían intensificar los procesos existentes y generar nuevos focos en taludes, acopios y descargas de escurrimientos. Sin retiro selectivo y resguardo, el suelo orgánico podría mezclarse con otros materiales o perderse por arrastre, disminuyendo su	La delimitación de los frentes y la conservación de las 176.928 ha sin afectación permitirían restringir la intervención a las superficies previstas. El Programa de conservación de suelos contempla la identificación, retiro selectivo y resguardo del suelo aprovechable, evitando su mezcla con materiales incompatibles y protegiendo los acopios contra la erosión; además de obras de conservación y restauración de suelos. La coordinación con el Programa de protección de escurrimientos permitiría reducir la erosión mediante la conducción controlada del agua, la disipación de energía y la retención de sedimentos. A su vez, el manejo de residuos, el mantenimiento de maquinaria y los procedimientos de prevención y atención de derrames reducirían la probabilidad y extensión de afectaciones por contaminación. En las áreas liberadas, particularmente las 20.937 ha de ocupación temporal, el acondicionamiento del terreno, la descompactación donde proceda, la restitución de suelo y la revegetación favorecerían una recuperación gradual de sus

Factor	Caracterización	Tendencia sin Proyecto	Tendencia con Proyecto sin medidas	Tendencia con Proyecto con medidas
		proyectos o actividades antrópicas.	disponibilidad para la rehabilitación posterior. Asimismo, el manejo inadecuado de residuos, combustibles y sustancias de proceso incrementaría el riesgo de contaminación. En conjunto, la tendencia sería hacia una mayor pérdida de suelo, deterioro de sus propiedades y reducción de sus funciones en las áreas intervenidas, con efectos persistentes donde la ocupación o transformación del terreno sea definitiva.	propiedades y funciones. En las 79.858 ha de ocupación permanente, las acciones dependerían de la configuración final de las obras y depósitos, priorizando la estabilidad y el control de la erosión. La restauración compensatoria en otra superficie de la RE contribuiría a recuperar funciones del suelo en el sitio receptor, sin eliminar las pérdidas locales. La tendencia esperada sería una reducción de la pérdida de suelo respecto del escenario sin medidas y una recuperación parcial de las superficies rehabilitadas. Persistirían efectos residuales donde se hayan eliminado o sepultado horizontes y donde permanezcan estructuras o depósitos. La eficacia se verificará mediante el balance del suelo recuperado y restituido, el seguimiento de la compactación, la cobertura vegetal y la implementación de las obras planteadas en el programa.
Hidrología superficial	La RE, AI y AP se localizan en la RH-18 Balsas – Mezcala, subcuenca R. Cocula o Iguala; en la microcuenca Cuetzala de Progreso. Respecto a la presencia de escurrimientos y cuerpos de agua superficiales en la RE, AI, AP y Desplante, la RE abarca una red de 152 escurrimientos con una longitud de 132.898 km, el AI incide sobre 40	En ausencia del Proyecto, el drenaje superficial mantendría su comportamiento estacional, condicionado por las lluvias, el relieve, la cobertura vegetal y las características del suelo. Las áreas forestales conservadas continuarían contribuyendo a la regulación del escurrimiento y a la retención de sedimentos,	El desmonte, despalme, la compactación y la construcción de plataformas, caminos y depósitos modificarían la distribución y las trayectorias de la escorrentía. Aunque los restantes sitios revisados no hayan presentado características para ser considerados como bienes nacionales, las modificaciones del terreno podrían concentrar flujos,	La delimitación y protección de la superficie sin afectación permitirían conservar el escurrimiento identificado durante el trabajo de campo, evitando su ocupación por instalaciones, acopios, residuos o maniobras. Su ubicación se mantendrá identificada en los planos y en campo, de manera que

Factor	Caracterización	Tendencia sin Proyecto	Tendencia con Proyecto sin medidas	Tendencia con Proyecto con medidas
	escurrimientos con 23.552 km, el AP sobre 12 escurrimientos con una longitud de 6.813 km y en el Desplante sobre 8 escurrimientos con una longitud de 2.570 km. En el AP y AI se registraron corrientes intermitentes y efímeras que solo conducen agua en temporadas de lluvias. Durante el trabajo de campo se visitaron los sitios donde se reportan los ocho escurrimientos identificados cartográficamente, de los cuales solo uno de ellos cuenta con las características para ser considerado como un bien nacional, aunque éste se ubica en el área que no será afectada por las obras y actividades del Proyecto.	mientras que las superficies erosionadas podrían mantener aportes de material hacia las partes bajas del terreno. Las actividades existentes en la RE podrían continuar modificando localmente las condiciones de drenaje y la calidad del agua. La tendencia correspondería a la continuidad de estos procesos, sin incorporar los cambios de superficie ni las fuentes potenciales de contaminación asociados al Proyecto.	generar encharcamientos o incrementar la erosión durante eventos de lluvia. Sin controles, el suelo expuesto y los materiales sueltos podrían ser transportados hacia zonas bajas y, donde exista conexión hidráulica, alcanzar los escurrimientos receptores. Asimismo, el manejo inadecuado de residuos, sustancias peligrosas o aguas de contacto incrementaría el riesgo de contaminación. La tendencia sería hacia una alteración localizada del drenaje y un aumento potencial del aporte de sedimentos, cuya extensión dependería de las pendientes, las lluvias y las rutas de transporte del agua.	los frentes de trabajo respeten la configuración prevista. El Programa de protección de escurrimientos incorpora las rutas de escorrentía observadas, incluidas aquellas que no presentan un cauce claramente definido. Las obras de conducción, cruce y descarga se establecerían conforme a las condiciones del terreno y sus áreas de aportación, procurando evitar obstrucciones y concentraciones de flujo que generen erosión o afecten las superficies conservadas. La coordinación con los programas de Conservación de suelos, Manejo integral de residuos y sustancias peligrosas y respuesta a emergencias ambientales permitiría controlar el arrastre de materiales y reducir el riesgo de incorporación de contaminantes al drenaje. Estas acciones se complementarían con inspecciones antes de la temporada de lluvias y después de eventos relevantes, así como con la estabilización y revegetación progresiva de las superficies liberadas. La eficacia se verificará mediante la ausencia de invasiones u obstrucciones atribuibles al Proyecto, el funcionamiento de las descargas, el seguimiento de erosión y depósitos de sedimentos y, cuando exista flujo y conexión con las obras, la evaluación de la calidad del agua. Podrían persistir

Factor	Caracterización	Tendencia sin Proyecto	Tendencia con Proyecto sin medidas	Tendencia con Proyecto con medidas
				modificaciones locales del drenaje asociadas a las obras permanentes, aun cuando no exista intervención directa sobre el escurrimiento.
Hidrología subterránea	La mayor parte de la RE, AI y AP inciden en el acuífero Tlacotepec y solo una pequeña porción de la RE alcanza el acuífero Iguala. El acuífero Tlacotepec se clasifica como zona de disponibilidad 4. El uso principal del agua subterránea es el público-urbano. Debido al escaso número de aprovechamientos subterráneos existentes en el área que cubre el acuífero y al incipiente volumen de extracción, se puede afirmar que las variaciones en el nivel del agua subterránea no han sufrido alteraciones importantes en el transcurso del tiempo, por lo que el cambio de almacenamiento tiende a ser nulo. De acuerdo con la información del censo de aprovechamientos, se registraron un total de 95 aprovechamientos en el acuífero: 76 manantiales, 16 norias y 3 pozos, todos ellos se encuentran activos. La disponibilidad media anual de este acuífero es de 50.473092 hm^3/año.	En ausencia del Proyecto, la evolución del agua subterránea estaría determinada por la recarga, las descargas naturales y los aprovechamientos existentes. Si se mantienen condiciones semejantes a las del periodo evaluado en la fuente consultada, se esperaría una relativa continuidad del balance regional, sin incorporar las alteraciones derivadas de las excavaciones y del eventual desagüe minero. No obstante, los niveles y caudales podrían variar por la estacionalidad de las lluvias, periodos secos y cambios en la demanda de agua. La presencia de numerosos manantiales hace relevante la conservación de las zonas que contribuyen a su alimentación, aunque su conexión con las superficies del Proyecto debe establecerse mediante información hidrogeológica específica. La disponibilidad reportada no implica que el recurso se encuentre distribuido uniformemente ni garantiza la estabilidad de cada aprovechamiento.	La compactación, el sellamiento y la modificación del drenaje podrían reducir la infiltración en determinadas superficies y redistribuir los aportes de agua al subsuelo. Su efecto sobre la recarga dependería de la ubicación de las obras respecto de las zonas que efectivamente alimentan al sistema hidrogeológico, por lo que no puede suponerse una reducción equivalente a la superficie ocupada. Durante la explotación subterránea, las excavaciones podrían interceptar fracturas conductoras o zonas saturadas. Si se requiere desagüe, la extracción de agua podría modificar localmente los niveles piezométricos, los gradientes y las direcciones de flujo. La extensión de estos cambios dependería de la profundidad de las labores, la permeabilidad y conectividad de las unidades geológicas y los caudales captados. En caso de conexión hidráulica, podrían presentarse variaciones en manantiales, norias o pozos del entorno, sin que pueda afirmarse su ocurrencia o magnitud	Las medidas de conservación de suelos y protección de escurrimientos contribuiran a mantener la infiltración en superficies compatibles con ese objetivo, evitando dirigir aguas potencialmente contaminadas hacia zonas de recarga. Los programas de manejo de residuos, sustancias peligrosas y mantenimiento de instalaciones reducirían la probabilidad de liberaciones, mediante sistemas de contención, inspección y atención oportuna de fugas. Las aguas captadas en las labores mineras deberán manejarse de acuerdo con su calidad y con las alternativas previstas de aprovechamiento, tratamiento o disposición. Cuando las labores requieran desagüe, su manejo deberá considerar los resultados del seguimiento y los criterios de actuación establecidos para proteger los receptores identificados. Las desviaciones respecto del comportamiento previsto deberán activar una evaluación de sus causas y, cuando corresponda, ajustes operativos o medidas adicionales. La tendencia esperada sería una reducción del riesgo de

Factor	Caracterización	Tendencia sin Proyecto	Tendencia con Proyecto sin medidas	Tendencia con Proyecto con medidas
			únicamente con el balance regional del acuífero. Adicionalmente, las fugas de sustancias, soluciones de proceso o lixiviados representarían un riesgo de contaminación donde existan vías de infiltración y transporte. Sin controles, la tendencia sería hacia una mayor posibilidad de alteraciones locales del flujo y de la calidad del agua subterránea. Durante el cierre, la eventual suspensión del bombeo podría producir recuperación de niveles y redistribución del flujo, sin garantizar el restablecimiento inmediato de las condiciones originales.	contaminación y un mayor control de las alteraciones hidrogeológicas respecto del escenario sin medidas. Sin embargo, podrían persistir cambios locales asociados a las excavaciones, a la conectividad hidráulica y a las superficies transformadas.
Aire	El AP, AI y la mayor parte de la RE se localizan en el municipio de Cuetzala del Progreso, donde los contaminantes emitidos en mayor cantidad corresponden a CO y COV, los primeros provienen principalmente de fuentes de área y los segundos de fuentes naturales. Las principales fuentes emisoras de contaminantes criterio provienen de la combustión doméstica en el caso de PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_2 y CO, así como fuentes naturales emisoras de NO_X y COV, y fuentes ganaderas responsables de la emisión de NH_3. Estas fuentes podrían estar presentes en la RE conforme a sus usos del suelo y actividades económicas.	En ausencia del Proyecto, las emisiones continuarían vinculadas con las actividades domésticas, agropecuarias, mineras y de transporte existentes, así como con las fuentes naturales. Su evolución dependería de cambios en la población, el consumo de combustibles, el tránsito y la intensidad de las actividades productivas. Asimismo, la circulación en caminos sin pavimentar y la exposición de suelos podrían mantener episodios de resuspensión de polvo. La concentración y dispersión de los contaminantes variarían con las condiciones	Durante la PS-C, el desmonte, despalme, las excavaciones, el movimiento de tierras y el transporte de materiales incrementarían la generación y resuspensión de partículas. A estas emisiones se sumarían los gases y partículas provenientes de los motores de combustión interna de vehículos, maquinaria y equipos. Durante la operación, las principales fuentes de polvo estarían asociadas con la perforación y voladuras, trituración, transferencia y acarreo de materiales, circulación en caminos sin pavimentar y exposición de superficies susceptibles de dispersión eólica.	La aplicación del Protocolo de control de emisiones atmosféricas, polvo, ruido y vibraciones permitiría reducir la generación y dispersión de partículas mediante humectación de caminos y frentes, control de velocidades, cobertura de cargas y captación de polvo en quebradoras y puntos de transferencia. La frecuencia de humectación se ajustaría a las condiciones de sequedad, viento y operación, evitando aplicaciones excesivas que produzcan escurrimientos y arrastre de materiales. El Protocolo de mantenimiento de vehículos, maquinaria y equipo contribuiría al funcionamiento adecuado de motores, sistemas de

Factor	Caracterización	Tendencia sin Proyecto	Tendencia con Proyecto sin medidas	Tendencia con Proyecto con medidas
		meteorológicas, el relieve y la ubicación de las fuentes. Durante periodos secos podrían presentarse mayores condiciones para la generación de polvo, mientras que las lluvias contribuirían a humedecer las superficies y reducir su resuspensión. Sin registros locales de monitoreo, no es posible establecer una tendencia cuantitativa de mejoramiento o deterioro; el escenario correspondería a la continuidad de las emisiones existentes, sin los aportes adicionales del Proyecto.	La magnitud de las emisiones dependería de la humedad de los materiales, la intensidad de las operaciones, las velocidades de circulación y las condiciones de viento. Los equipos de combustión añadirían emisiones durante su funcionamiento. Sin controles, se prevé una mayor aportación de partículas y gases respecto del escenario sin Proyecto, con posibles incrementos de concentración en las inmediaciones de las fuentes y en los receptores ubicados en sus trayectorias de dispersión. Estos aportes podrían sumarse a los de otras actividades cuando coincidan espacial y temporalmente. El alcance no puede establecerse únicamente con el inventario municipal, pues requiere considerar las emisiones propias del Proyecto y las condiciones locales de dispersión. Durante el desmantelamiento se generarían emisiones temporales por demolición, manejo de escombros y tránsito de maquinaria. Al cesar las actividades disminuirían las emisiones operativas; sin embargo, las superficies que permanezcan expuestas podrían continuar generando polvo si no se estabilizan.	escape y dispositivos de captación, atendiendo fallas que incrementen las emisiones. Estas acciones se complementarían con la reducción de tiempos de funcionamiento innecesario y la capacitación de operadores. La protección de acopios y la estabilización y revegetación progresiva de áreas liberadas disminuirían las superficies susceptibles de emitir polvo. La tendencia esperada sería una menor emisión y dispersión de contaminantes respecto del escenario con Proyecto sin medidas, aunque permanecerían aportes durante las actividades. Las desviaciones detectadas permitirían ajustar los controles y las prácticas operativas. Al concluir el cierre, el retiro de las fuentes de combustión y la estabilización de las superficies favorecerían la disminución de las emisiones atribuibles al Proyecto. La recuperación de las condiciones locales dependería también del comportamiento de las fuentes regionales y de que las áreas rehabilitadas mantengan una protección efectiva frente a la dispersión eólica.
Uso de suelo y vegetación	De acuerdo con la cartografía en la RE se tiene la presencia de tipos de	En ausencia del Proyecto, la evolución de los usos del suelo	La ejecución del Proyecto implicaría la remoción de	La delimitación de las superficies de intervención y la conservación de

Factor	Caracterización	Tendencia sin Proyecto	Tendencia con Proyecto sin medidas	Tendencia con Proyecto con medidas
	vegetación de bosque de encino en fase primaria y secundaria, así como selva baja caducifolia en fase secundaria; también se tienen usos de suelo no forestales de pastizal inducido, agricultura de temporal anual y cuerpo de agua, siendo dominante la vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino; mientras que, en el AI y AP se tiene pastizal inducido y vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino. En el AP el 82.94% de la superficie alberga selva baja caducifolia en estado primario, el 11.08% cuenta con vegetación secundaria arbustiva de este mismo ecosistema, el 5.8% son áreas desprovistas de vegetación y el 0.19% restante alberga los cauces de escurrimientos.	y la vegetación dependería de la continuidad de las actividades existentes y de las condiciones de conservación de cada superficie. Las áreas forestales sin nuevas perturbaciones podrían mantener su cobertura y sus funciones de protección del suelo, provisión de hábitat y regulación microclimática. En la vegetación secundaria, la regeneración podría favorecer una recuperación gradual de estructura y composición, siempre que no se mantengan presiones que interrumpan ese proceso. Los aprovechamientos agropecuarios, la apertura de caminos y las actividades mineras presentes en la RE podrían continuar generando cambios localizados de cobertura y fragmentación. Por ello, el escenario sin Proyecto no implica que toda la vegetación avance hacia una condición de mayor conservación. La tendencia sería de permanencia o recuperación gradual en áreas protegidas de perturbaciones y de mantenimiento o transformación de las coberturas en superficies sujetas a usos recurrentes.	vegetación forestal en 86.846 ha, dentro de una superficie de desplante de 100.795 ha. La habilitación de caminos, plataformas, instalaciones y depósitos sustituiría las coberturas existentes por superficies de uso minero, con pérdida de individuos y modificaciones en la abundancia, composición y distribución de la flora. La afectación por tipo de vegetación deberá corresponder al cruce de las obras con las coberturas verificadas, sin extrapolar automáticamente los porcentajes del AP a la superficie de desmonte. La distribución de las obras podría dividir parches, generar nuevos bordes y reducir la continuidad de la vegetación. En los remanentes próximos a las áreas intervenidas podrían modificarse las condiciones de exposición, humedad y regeneración. Aunque no se identifiquen corredores formalmente delimitados en la cartografía de la RE, estas discontinuidades podrían afectar conexiones locales entre superficies forestales. Sin rescate, protección de remanentes ni restauración, la tendencia sería hacia una reducción de la cobertura forestal y de sus funciones, incluyendo la protección del suelo y la captura y almacenamiento de carbono. En	las 176.928 ha sin afectación permitirían restringir el desmonte a las áreas previstas y proteger las coberturas remanentes. Esta superficie conservada comprende las distintas condiciones presentes en el AP. La ejecución progresiva del desmonte, vinculada con las necesidades de cada frente, reduciría la exposición anticipada de superficies. El Programa de Rescate y Reubicación de Flora permitirá reducir la pérdida de los individuos seleccionados conforme a sus criterios, priorizando especies en riesgo, endémicas y de importancia ecológica. Su mantenimiento y seguimiento favorecerán la supervivencia y establecimiento en sitios adecuados, aunque estas acciones no sustituirían la cobertura eliminada ni conservarían por sí solas la estructura de la comunidad original. La rehabilitación de áreas liberadas, particularmente las de ocupación temporal, integrará el acondicionamiento del suelo y la revegetación con especies nativas apropiadas para la vegetación de referencia. La ubicación de las superficies restauradas procurará favorecer su relación con los remanentes conservados y contribuir a la recuperación de conexiones locales. De manera adicional, la restauración compensatoria de 86.846 ha dentro

Factor	Caracterización	Tendencia sin Proyecto	Tendencia con Proyecto sin medidas	Tendencia con Proyecto con medidas
			las superficies temporales, la recuperación quedaría limitada por la compactación, la pérdida de suelo y la disponibilidad de fuentes de regeneración. En las áreas de ocupación permanente, la transformación podría mantenerse después del cierre, especialmente donde permanezcan depósitos u otras estructuras.	de la RE busca recuperar cobertura y funciones ecológicas en el sitio receptor, con metas propias y sin contabilizarse como restitución de la vegetación eliminada en el AP. La tendencia esperada sería una menor pérdida adicional de vegetación y una recuperación progresiva de cobertura en las áreas rehabilitadas, respecto del escenario sin medidas. Sin embargo, el establecimiento de plantas no implicaría la recuperación inmediata de una selva en condición primaria ni de su diversidad y funciones. Persistirían afectaciones residuales en superficies de ocupación definitiva y diferencias en la estructura de las comunidades restauradas. La eficacia se evaluará mediante la superficie efectivamente desmontada, la conservación de los remanentes, la supervivencia de individuos rescatados y la evolución de la cobertura, composición y regeneración en las áreas restauradas. Estos resultados permitirán ajustar el mantenimiento y las acciones de recuperación, considerando que la recuperación de atributos de una comunidad forestal puede requerir periodos superiores al plazo de ejecución del Proyecto.
Flora	Los muestreos de las dos temporadas registraron 147 especies de flora en el Área del Proyecto y 179	En ausencia del Proyecto, la composición y abundancia de la flora continuarían respondiendo	El desmonte de las superficies forestales previstas ocasionaría la eliminación de individuos y una	La revisión previa de cada frente y la delimitación de las superficies de trabajo permitirían identificar los

Factor	Caracterización	Tendencia sin Proyecto	Tendencia con Proyecto sin medidas	Tendencia con Proyecto con medidas
	en el conjunto RE-AI. La mayor riqueza se presentó durante las lluvias, principalmente por el registro de especies herbáceas, lo que evidencia la importancia de considerar la variación estacional al evaluar la comunidad florística. Conforme a los criterios de interpretación utilizados en el estudio, los valores del índice de Shannon superiores a 3.5 reflejan diversidad alta en las muestras correspondientes, mientras que durante la temporada seca se obtuvo diversidad media. El índice de Margalef indicó riqueza específica alta en todas las muestras, y los valores de equidad mostraron una distribución relativamente homogénea de las abundancias. Estos resultados constituyen una referencia para comparar los escenarios, manteniendo métodos y esfuerzos de muestreo equivalentes. En el AP se registraron dos especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales únicamente una se localiza en las superficies previstas para cambio de uso del suelo en terrenos forestales. Asimismo, se identificaron 40 especies consideradas endémicas.	a la estacionalidad, la regeneración y las perturbaciones existentes. Se esperaría una mayor expresión de la riqueza durante las lluvias, particularmente en el estrato herbáceo, y una menor detectabilidad o presencia de especies estacionales durante las secas. Estas diferencias no representarían necesariamente una pérdida de diversidad, sino que deberán interpretarse conforme al ciclo de vida de las especies y a las condiciones de muestreo. Las superficies sin nuevas perturbaciones podrían mantener sus poblaciones y permitir el desarrollo de la regeneración natural. No obstante, la continuidad de actividades agropecuarias, mineras y de apertura de caminos podría producir cambios localizados en la composición y abundancia. La tendencia sería de conservación relativa o recuperación en áreas con condiciones favorables y de persistencia de alteraciones donde se mantengan presiones, sin incorporar las pérdidas adicionales asociadas al Proyecto.	reducción de la abundancia de flora en las áreas intervenidas. La pérdida local de riqueza dependería de la distribución de las especies y de la permanencia de sus poblaciones fuera del desplante. Por ello, no puede suponerse que las 147 especies registradas en el AP ni las 40 endémicas resulten afectadas en su totalidad. Sin acciones de protección y rescate, los individuos de la especie enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 presentes en las superficies de CUSTF quedarían expuestos a su eliminación. Lo mismo ocurriría con los ejemplares de especies endémicas que coincidan con las obras. La relevancia de estas pérdidas dependería de su abundancia, distribución y capacidad de regeneración, así como de la representación de sus poblaciones en las áreas conservadas. La fragmentación, la exposición de bordes y las modificaciones del suelo podrían alterar el establecimiento de plántulas y favorecer cambios en la composición de los remanentes. La tendencia sería hacia una disminución de individuos y una transformación de las comunidades en el área intervenida, con posibles efectos sobre la regeneración de la	individuos sujetos a protección y rescate, con especial atención a la especie enlistada presente en las áreas de CUSTF y a las especies endémicas que coincidan con las obras. La ubicación de la otra especie enlistada deberá mantenerse identificada para evitar afectaciones accidentales fuera de las superficies previstas. El Programa de Rescate y Reubicación de Flora reduciría la pérdida de los individuos seleccionados mediante técnicas adecuadas para cada especie y su traslado a sitios receptores compatibles. La selección de ejemplares, el momento de intervención y los cuidados posteriores deberán considerar su forma de vida, condición y posibilidades de establecimiento. El seguimiento permitiría detectar mortalidad, problemas fitosanitarios o dificultades de adaptación y ajustar las acciones de mantenimiento. La conservación de remanentes y la rehabilitación de áreas liberadas contribuirían a mantener fuentes de semillas y oportunidades de regeneración. La restauración compensatoria dentro de la RE incorporaría especies nativas acordes con las condiciones del sitio receptor y los objetivos del programa. Su contribución deberá evaluarse por el establecimiento y desarrollo de la comunidad, sin

Factor	Caracterización	Tendencia sin Proyecto	Tendencia con Proyecto sin medidas	Tendencia con Proyecto con medidas
			vegetación adyacente. Estos cambios no necesariamente se expresarían como una reducción uniforme de todos los índices de diversidad, pues sus valores también dependen de la distribución de abundancias.	asumir que una plantación reproduce la composición y abundancia de la flora retirada. La tendencia esperada sería una reducción de la pérdida de individuos respecto del escenario sin medidas y una recuperación gradual de la flora en las superficies rehabilitadas. Persistirían diferencias respecto de la comunidad original, especialmente en las áreas de ocupación permanente y para especies cuya recuperación sea lenta o cuyo rescate resulte limitado.
Fauna	El trabajo de campo registró 106 especies de fauna en el Área del Proyecto y 134 en el conjunto RE-AI, pertenecientes a los grupos de aves, mamíferos, reptiles y anfibios. En el conjunto de los registros se identificaron 27 especies incluidas en alguna categoría de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales 18 se encontraron en el AP. Asimismo, se reportaron 38 especies endémicas, una cuasiendémica y dos semiendémicas, lo que destaca la importancia de conservar los hábitats y las condiciones que permiten su presencia. Los resultados indican baja dominancia y alta diversidad conforme a la interpretación de los índices de Simpson y Shannon utilizada en el estudio, con valores de Shannon mayores en la RE-AI. Estas características constituyen una	En ausencia del Proyecto, la fauna continuaría utilizando los hábitats disponibles de acuerdo con sus requerimientos de alimentación, refugio, reproducción y desplazamiento. Las áreas con vegetación conservada y las conexiones entre parches favorecerían la permanencia y movilidad de las especies. La riqueza y abundancia observadas podrían fluctuar entre temporadas por cambios en la disponibilidad de recursos, movimientos de los organismos y diferencias en su detección. Las actividades mineras, agropecuarias, los caminos y los asentamientos existentes mantendrían presiones sobre el hábitat y las poblaciones. Por ello, no se presume que la	El desmonte, despalme y movimiento de tierras eliminarían o modificarían sitios de refugio, alimentación y reproducción en las superficies intervenidas. Los organismos con menor capacidad de desplazamiento y aquellos presentes en madrigueras, nidos u otros refugios quedarían expuestos a lesiones o mortalidad durante las actividades. Las especies con mayor movilidad podrían desplazarse, aunque su establecimiento en otros sitios dependería de la disponibilidad y calidad del hábitat receptor. Durante la construcción y operación, el tránsito vehicular, las excavaciones, las voladuras, el ruido y la iluminación añadirían riesgos de atropellamiento, atrapamiento y perturbación. Los caminos, cercados, instalaciones	La delimitación de las áreas de trabajo y la conservación de los remanentes fuera del desplante permitirían reducir la extensión de las afectaciones. Antes de intervenir cada frente se realizarían recorridos para identificar fauna, refugios y sitios de reproducción, con especial atención a las especies protegidas, endémicas y de movilidad limitada. El ahuyentamiento dirigido y, cuando corresponda, el rescate y reubicación se efectuarían por personal capacitado, procurando evitar desplazamientos hacia otros frentes activos o zonas de riesgo. Estas acciones se complementarían con el control de velocidades, la revisión de excavaciones, la protección de rutas de paso compatibles con la seguridad y la capacitación del personal. El manejo de residuos y

Factor	Caracterización	Tendencia sin Proyecto	Tendencia con Proyecto sin medidas	Tendencia con Proyecto con medidas
	referencia para evaluar cambios en la comunidad faunística, considerando las diferencias de hábitat, estacionalidad, esfuerzo de muestreo y detectabilidad entre sitios. La presencia de una especie en el AP no implica necesariamente que todos sus individuos o hábitats se localicen dentro del desplante.	diversidad permanezca constante ni que todas las especies experimenten la misma tendencia. En superficies con menor perturbación podrían mantenerse condiciones favorables, mientras que en áreas sujetas a transformación continuarían los procesos de desplazamiento, fragmentación y exposición a riesgos, sin incorporar las afectaciones adicionales del Proyecto.	y depósitos podrían restringir rutas de desplazamiento y reducir la conexión entre áreas utilizadas por la fauna. Para los quirópteros, las afectaciones dependerían de la ubicación de refugios y zonas de alimentación respecto de las obras y de las perturbaciones generadas. Sin controles sobre residuos, sustancias y aguas de contacto, también podrían presentarse vías de exposición que afectaran la condición sanitaria de los organismos. La interacción inadecuada del personal con la fauna incrementaría el riesgo de captura, manipulación o agresión. Estos mecanismos podrían afectar a especies protegidas o endémicas cuando coincidan con los frentes y áreas de operación, sin que su sola presencia en el AP permita cuantificar la pérdida poblacional. La tendencia sería hacia una disminución del uso de las superficies intervenidas por especies sensibles y cambios en la composición y abundancia de la comunidad. Algunas especies tolerantes podrían permanecer o aumentar su presencia, por lo que la respuesta no sería uniforme. Durante el cierre disminuirían las perturbaciones operativas, pero la permanencia de depósitos y hábitats transformados limitaría la	sustancias peligrosas reduciría la atracción de fauna hacia instalaciones y su acceso a materiales o aguas potencialmente contaminantes. Los controles de ruido e iluminación contribuirían a limitar perturbaciones en el hábitat adyacente. El programa de monitoreo de fauna permitiría evaluar cambios en la composición, abundancia relativa, actividad y uso del hábitat respecto de la línea base y sitios de referencia. Sus resultados orientarían ajustes cuando se identifiquen afectaciones atribuibles al Proyecto. La ejecución de campañas, por sí sola, no reduciría los impactos: su utilidad dependería de la aplicación y verificación de las acciones correctivas necesarias. La rehabilitación progresiva y la restauración compensatoria favorecerían la recuperación de cobertura vegetal y, gradualmente, de recursos y refugios para la fauna. La recolonización dependería de la calidad de las áreas restauradas y de su conexión con hábitats conservados. No se asumiría que la revegetación implica el retorno inmediato de las especies originales ni que la reubicación garantiza su supervivencia. La tendencia esperada sería una reducción de mortalidad y perturbaciones respecto del escenario sin medidas, junto con una recuperación parcial del uso del

Factor	Caracterización	Tendencia sin Proyecto	Tendencia con Proyecto sin medidas	Tendencia con Proyecto con medidas
			recuperación espontánea de las condiciones originales.	hábitat en las áreas rehabilitadas. Persistirían afectaciones residuales donde las obras definitivas mantengan pérdidas de hábitat o barreras.
Paisaje	De acuerdo con el análisis realizado, la calidad visual del paisaje en el AP, AI y RE es alta, debido a que son áreas con rasgos singulares y sobresalientes. Se obtuvo un valor de CAV de 22 puntos, lo que indica que el área presenta una capacidad de absorción visual moderada y, en consecuencia, una fragilidad paisajística moderada. Esta condición indica una aptitud intermedia del paisaje para integrar modificaciones, cuya incidencia dependerá de la escala y disposición de las obras, su contraste con el entorno y su exposición desde los puntos de observación. Por tanto, la capacidad de absorción identificada no implica que cualquier intervención pueda incorporarse sin modificar de manera relevante el carácter visual del sitio.	En ausencia del Proyecto, se prevé la permanencia relativa de los atributos que sustentan la calidad visual alta, particularmente en las superficies donde se conserven el relieve y la cobertura vegetal. La apariencia del paisaje continuaría presentando variaciones estacionales relacionadas con las lluvias y los cambios de follaje de la vegetación caducifolia, sin que estas representen por sí mismas un deterioro de su calidad. No obstante, la continuidad de actividades mineras, agropecuarias, asentamientos e infraestructura podría producir transformaciones localizadas. La tendencia dependería de la extensión y visibilidad de dichas intervenciones, por lo que este escenario no supone un paisaje estático. Se mantendrían las presiones existentes, sin incorporar los nuevos elementos y modificaciones del relieve asociados al Proyecto.	El desmonte y despalme generarían discontinuidades en la cobertura vegetal y cambios de color y textura, mientras que los cortes, rellenos y plataformas modificarían las formas del terreno. Durante la construcción, la presencia de maquinaria, acopios y estructuras introduciría elementos contrastantes con los atributos naturales del paisaje. La incidencia sería mayor donde las intervenciones resulten visibles desde caminos, localidades u otros puntos de observación. Durante la operación, las instalaciones de proceso, caminos, tepetateras y depósitos de jales consolidarían la transformación hacia un paisaje con mayor presencia de elementos industriales. El crecimiento de los depósitos modificaría progresivamente el volumen y la configuración de las nuevas formas del terreno. La iluminación nocturna y el movimiento de vehículos añadirían cambios perceptibles durante los periodos de actividad, dependiendo de su exposición a los observadores.	La delimitación de las áreas de intervención y la conservación de la vegetación fuera del desplante permitirían restringir la extensión de los cambios y mantener elementos del paisaje original. Donde su ubicación y estructura lo permitan, los remanentes vegetales contribuirían a reducir la exposición de algunas instalaciones, sin asumir que constituyen una pantalla efectiva desde todos los puntos de observación. El cierre progresivo permitiría incorporar las superficies liberadas a las acciones de acondicionamiento y revegetación, disminuyendo su permanencia sin cobertura. La configuración final de taludes y depósitos deberá coordinar la estabilidad, el drenaje y la integración paisajística. El establecimiento de vegetación nativa favorecería una reducción gradual de los contrastes de color y textura, aunque no eliminaría las diferencias de forma y escala respecto del relieve original. El retiro de infraestructura que deje de utilizarse, el manejo ordenado de materiales y residuos y el control de la iluminación contribuirían a reducir elementos visuales innecesarios.

Factor	Caracterización	Tendencia sin Proyecto	Tendencia con Proyecto sin medidas	Tendencia con Proyecto con medidas
			Considerando la calidad visual alta y la capacidad de absorción moderada, sin medidas se prevé una disminución de la integridad visual en los sectores expuestos y un aumento del contraste entre las superficies intervenidas y su entorno. Los efectos podrían acumularse con otras obras cuando sean perceptibles dentro de las mismas cuencas visuales, sin que ello implique una afectación uniforme de toda la RE. Durante el abandono, el retiro de equipos podría reducir parte de la presencia industrial; sin embargo, los depósitos y modificaciones definitivas del relieve mantendrían una alteración del paisaje. Si las superficies permanecen desnudas o erosionadas, persistirían contrastes y condiciones que dificultarían su integración visual.	Durante el cierre definitivo, estas acciones se complementarían con la estabilización de las superficies y el mantenimiento de la cobertura establecida. La restauración compensatoria dentro de la RE podría mejorar los atributos visuales del sitio receptor; no obstante, sus resultados deberán evaluarse en su propia cuenca visual y no interpretarse como la eliminación de la afectación paisajística en el AP. La recuperación de cobertura en otra superficie no sustituye las formas del terreno ni las vistas modificadas por las obras permanentes. La tendencia esperada sería una reducción del contraste y una mejor integración de las áreas rehabilitadas respecto del escenario sin medidas, con recuperación parcial de atributos paisajísticos. Persistiría un efecto residual asociado principalmente con las tepetateras, los depósitos de jales y otras modificaciones definitivas.
Medio socioeconómico	El AP, AI y la mayor parte de la RE se localizan en el municipio de Cuetzala del Progreso. Dentro del espacio geográfico analizado se identificaron tres localidades, con una población reportada de 354 personas en la RE, de las cuales 18 nacieron en otra entidad. Este último dato describe el lugar de nacimiento y no permite, por sí solo, caracterizar	En ausencia del Proyecto, las condiciones socioeconómicas continuarían vinculadas con las actividades productivas, las oportunidades laborales, la movilidad de la población y la prestación de servicios existentes. Los cambios en empleo, ingresos y acceso a educación y salud dependerían de la evolución económica	La preparación del sitio y construcción generarían demanda de mano de obra, transporte, alimentación, alojamiento y otros bienes y servicios. Durante la operación se mantendrían oportunidades vinculadas con las necesidades de la mina, aunque su magnitud, duración y distribución dependerían de los perfiles laborales y de la	La difusión oportuna de vacantes, requisitos, procedimientos de contratación y oportunidades de proveeduría permitiría establecer expectativas acordes con las necesidades reales del Proyecto. La participación local se favorecería cuando existan perfiles compatibles, complementándola con capacitación pertinente y procesos accesibles y no

Factor	Caracterización	Tendencia sin Proyecto	Tendencia con Proyecto sin medidas	Tendencia con Proyecto con medidas
	la movilidad laboral o la migración temporal. Se registraron 294 habitantes hablantes de alguna lengua indígena, entre quienes predomina el náhuatl con el 97.3 %, así como 120 personas que se reconocen afromexicanas o afrodescendientes. Estas categorías pueden coincidir en una misma persona y no deben sumarse como grupos excluyentes. La composición sociocultural hace relevante que la comunicación y los mecanismos de participación consideren las lenguas, formas de organización y necesidades de las localidades. A escala municipal, se reporta un analfabetismo de 11.8 %, con mayor presencia entre las mujeres, y un grado promedio de escolaridad de 6.13 años. Estos indicadores constituyen una referencia contextual y no deben atribuirse directamente a las tres localidades sin información desagregada. Aunque la mayoría de la población cuenta con algún servicio de salud, esta condición no demuestra por sí sola disponibilidad suficiente, cercanía o capacidad de atención.	regional, las decisiones de los hogares y las intervenciones públicas y privadas ajenas al Proyecto. No se incorporarían los empleos ni la demanda de bienes y servicios derivados de las nuevas obras, pero tampoco la presión adicional asociada con el ingreso de trabajadores, el transporte de materiales y la operación de las instalaciones. La información disponible no permite prever por sí sola un mejoramiento o deterioro generalizado de las condiciones de vida. La tendencia correspondería a la continuidad de las dinámicas actuales, con las variaciones que resulten de factores externos.	capacidad de proveeduría local. Estos efectos representarían beneficios potenciales para algunos hogares y establecimientos, sin garantizar una distribución uniforme entre localidades o grupos de población. Sin acciones de información, capacitación y vinculación, podrían existir barreras para acceder a las oportunidades, particularmente cuando los requisitos técnicos, los medios de difusión o el idioma no correspondan con las condiciones de la población. Las expectativas de contratación superiores a la demanda real también podrían generar inconformidades. La llegada de trabajadores foráneos podría incrementar la demanda de alojamiento y servicios, cuya relevancia dependería del número de personas, su permanencia y la capacidad local disponible; su presencia no implica por sí misma deterioro social. El tránsito adicional de vehículos y maquinaria podría interferir con los desplazamientos cotidianos, aumentar el desgaste de vialidades y generar molestias por polvo y ruido en los receptores expuestos. Sin comunicación y atención de reportes, estas situaciones podrían dificultar la convivencia entre las actividades	discriminatorios. La comunicación deberá considerar la presencia de población hablante de náhuatl, los niveles de escolaridad y las necesidades de mujeres y otros grupos que puedan enfrentar barreras de participación, utilizando medios orales, visuales y apoyos lingüísticos cuando se requieran. La organización del traslado y, cuando corresponda, del alojamiento del personal contribuiría a anticipar presiones sobre los servicios. La inducción de trabajadores y contratistas incorporaría pautas de respeto a las localidades, propiedades y prácticas culturales. Los mecanismos de comunicación y atención de inconformidades permitirían identificar problemas concretos, darles seguimiento y ajustar las actividades cuando se comprueben afectaciones atribuibles al Proyecto. El manejo del tránsito, el mantenimiento de las vialidades utilizadas y los controles de polvo y ruido reducirían interferencias y molestias en los puntos de exposición identificados. Estas acciones se coordinarían con la información previa sobre movimientos extraordinarios de vehículos y modificaciones temporales de acceso, procurando mantener la movilidad de la población y el funcionamiento de sus actividades.

Factor	Caracterización	Tendencia sin Proyecto	Tendencia con Proyecto sin medidas	Tendencia con Proyecto con medidas
			del Proyecto y los usos comunitarios del territorio. Al concluir la operación disminuirían los empleos y contratos asociados, mientras que el desmantelamiento generaría una demanda temporal con perfiles distintos. En hogares o negocios con alta dependencia del Proyecto, esta transición podría reducir ingresos y oportunidades. La tendencia combinaría beneficios económicos durante las etapas activas con presiones localizadas sobre servicios y movilidad, además de riesgos de exclusión y dependencia si no se aplican medidas de manejo.	Durante el cierre, la comunicación anticipada de la reducción de actividades y de las fechas previstas de terminación laboral facilitaría la preparación de trabajadores y proveedores. Las oportunidades temporales de desmantelamiento y rehabilitación se informarían conforme a los perfiles requeridos, sin presentarlas como sustitución permanente de los empleos operativos. La tendencia esperada sería un mejor aprovechamiento local de las oportunidades económicas y una reducción de las presiones y conflictos prevenibles respecto del escenario sin medidas. No se presume que el Proyecto resuelva las carencias estructurales del municipio ni que los beneficios sean homogéneos.

El análisis comparativo de los escenarios permite reconocer que, sin el Proyecto, la Región Ecológica continuaría evolucionando bajo la influencia de los procesos naturales y las actividades existentes, con conservación relativa en algunas superficies y persistencia de presiones en otras. Este escenario no representa una condición estática ni garantiza la recuperación de las áreas actualmente afectadas.

Con el Proyecto y sin medidas, se incorporarían presiones adicionales asociadas con la remoción de vegetación, la alteración del suelo y del relieve, la modificación del drenaje y las posibles interacciones con el sistema hidrogeológico. También se generarían emisiones atmosféricas, perturbaciones sobre la fauna, cambios paisajísticos y una mayor demanda de vialidades y servicios. Los beneficios potenciales en empleo y consumo local coexistirían con estas afectaciones, sin sustituir la necesidad de prevenirlas y atenderlas.

La implementación coordinada de las medidas permitiría limitar la extensión de las intervenciones, reducir emisiones y riesgos de contaminación, proteger individuos y hábitats y favorecer la recuperación progresiva de las áreas liberadas. La restauración compensatoria contribuiría a recuperar funciones ambientales dentro de la RE, aunque sus beneficios no equivalen automáticamente a la restitución de las condiciones eliminadas en el AP. En el ámbito socioeconómico, la comunicación, la vinculación local y el manejo del tránsito favorecerían el aprovechamiento de oportunidades y la atención de afectaciones.

En consecuencia, el escenario con medidas presenta una tendencia ambiental más favorable que el escenario sin medidas, pero no supone el retorno completo a la condición previa. Persistirían efectos residuales, principalmente donde permanezcan depósitos, modificaciones del relieve y pérdidas de suelo, hábitat o conectividad. La recuperación hidrogeológica y ecológica dependerá de la respuesta efectiva de los componentes y podrá requerir seguimiento posterior al cierre.

Estas tendencias constituyen previsiones sujetas a verificación. El Programa de Vigilancia Ambiental y los monitoreos específicos deberán contrastar los resultados con la línea base y los sitios de referencia, distinguir las variaciones naturales de los efectos atribuibles al Proyecto y activar acciones correctivas cuando no se alcancen las metas. La evolución hacia el escenario previsto con medidas dependerá de su ejecución oportuna, mantenimiento y eficacia comprobada.

Anexos

En el Anexo 15 se presentan los siguientes programas:

PVA

Programa de restauración ambiental

Programa de conservación de suelos

Programa de cierre progresivo de la mina

Protocolo de control de emisiones atmosféricas, polvo, ruido y vibraciones

Protocolo de mantenimiento vehicular, maquinaria y equipo

Programa de capacitación ambiental

Programa de manejo integral de residuos mineros, RME y RP

Programa de sustancias peligrosas y respuesta a emergencias ambientales

Programa de protección de escurrimientos

Programa de rescate y reubicación de flora

Programa de rescate y reubicación de fauna

Programa de monitoreo de fauna

Así mismo, en el Anexo 15 se presentan los planos georreferenciados en UTM, Datum WGS84, así como archivos en formato shapefile, KML/KMZ y CSV, de cada uno de los polígonos de las superficies de compensación y restauración propuestas.

PROYECTO

“CONTINUIDAD AL DESARROLLO DEL RECINTO MINERO ANA PAULA MEDIANTE EXPLOTACIÓN MINERA SUBTERRÁNEA”

ANEXOS

INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LA MIA

Índice

I. DOCUMENTACIÓN LEGAL 3

II. ESTUDIOS ESPECÍFICOS 3

III. MEMORIAS DE CÁLCULO 4

IV. IMÁGENES Y OTROS ANEXOS 5

V. LISTA GENERAL DE ANEXOS 9

VI. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS 12

ANEXOS. INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LA MIA

I. DOCUMENTACIÓN LEGAL

- 1_1 MAU acta constitutiva_compressed
- 1_2 MAU cambio de nombre
- 1_3 CSF 220425 MAU
- 1.4 Poder GGV
- 1.5 INE GGV
- 1_6 Responsable tecnico

II. ESTUDIOS ESPECÍFICOS

Número de anexo	Enlace al archivo	Nombre del estudio	Responsable de elaboración	Fecha de elaboración
09	\MIA_R\Version editable\Anexos\Anexo 09_Caracterizacion vegetacion_F	Estudio de caracterización de flora	Promovente	2026
10	\MIA_R\Version editable\Anexos\Anexo 10_Caracterizacion fauna_F	Estudio de caracterización de fauna	Promovente	2026
04	\MIA_R\Version editable\Anexos\Anexo 04 Estudios_F	Hidrológico geohidrológico y geotécnico	Promovente	2026
04	\MIA_R\Version editable\Anexos\Anexo 04 Estudios_F	Caudal ecológico	Promovente	2026
04	\MIA_R\Version editable\Anexos\Anexo 04 Estudios_F	Zona federal	Promovente	2026

III. MEMORIAS DE CÁLCULO

Número de anexo	Enlace al archivo	Nombre	Fecha de elaboración
09	\MIA_R\Version editable\Anexos\Anexo 09_Caracterizacion vegetacion_F\9_4 BITACORA_MEMORIAS CALCULOS	Bitacora_calculos diversidad	2026
09	\MIA_R\Version editable\Anexos\Anexo 09_Caracterizacion vegetacion_F\9_4 BITACORA_MEMORIAS CALCULOS	Individuos por remover	2026
11	\MIA_R\Version editable\Anexos\Anexo 11_Evaluacion paisaje_F	Evaluacion Paisaje	2026
14	\MIA_R\Version editable\Anexos\Anexo 14 Matriz impactos_F	Matriz impactos Mina_AnaPaula	

IV. IMÁGENES Y OTROS ANEXOS

Número de anexo	Elemento	Enlace al archivo digital	Fecha de elaboración
02	▪ 2_1_MIA R ▪ 2_2_Modificaciones ▪ 2_3_Exenciones ▪ 2_4_MIA P	\MIA_R\Version editable\Anexos\Anexo 02_Resolutivos_F	2026
03	▪ 3_1 Area del proyecto_autorizaciones_shp_F ▪ 3_2_Area del proyecto_F ▪ 3_3_Area de desplante_F ▪ 3_4_Componentes_F ▪ 3_5_Obras_F ▪ 3_6_Poligonos forestales_F ▪ 3_7 Incidencias_F	\MIA_R\Version editable\Anexos\Anexo 03_AP_Shp_kmz_coordenadas_F	2026
05	▪ 5_1_Planos arreglo general ▪ 5_2_Diagrama de flujo	\MIA_R\Version editable\Anexos\Anexo 05_Planos del proyecto_F	2026
06	▪ 6_1_Union_SAR_AI_AP ▪ 6_2_Shp escurrimientos SIATL ▪ 6_3_Fragmentacion ▪ 6_4_Shp_USV_Series ▪ 6_5_Tabla	\MIA_R\Version editable\Anexos\Anexo 06_Shp cortes_F	2026
07	▪ 7_1_Shapefile ▪ 7_2_Kml ▪ 7_3_Tabla	\MIA_R\Version editable\Anexos\Anexo 07_Shp USV campo_F	206
08	▪ 8_1_RE_F ▪ 8_2_Area de influencia_F	\MIA_R\Version editable\Anexos\Anexo 08_Shp_kmz_RE_AI_F	2026
12	▪ ACCUMULATION ▪ DIRECCION DE FLUJO ▪ FACTOR_C ▪ FACTOR_F ▪ FACTOR_K ▪ FACTOR_L ▪ FACTOR_LS ▪ FACTOR_M ▪ FACTOR_R ▪ FACTOR_S ▪ MAPAS ▪ PERDIDA_SUELO ▪ SLOPE ▪ TOPO ▪ Metodologia y resultados	\MIA_R\Version editable\Anexos\Anexo 12 Modelo de erosion_F	2026

13	▪ Cap I ▪ Cap II ▪ Cap III	\MIA_R\Version editable\Anexos\Anexo 13 Mapas_F	2026
15	▪ 15_1_PVA ▪ 15_2_PROG_RyR_FLORA ▪ 15_3_PROG_RESTAURACION ▪ 15_4_PROG_RESIDUOS ▪ 15_5_PROG_CAPACITACION ▪ 15_6_PROGR CIERRE ▪ 15_7_PROG_SUST_PELIG ▪ 15_8_PROG_SUELOS ▪ 15_9_PROG_ESCURRIMIENTOS ▪ 15_10_Programa de Rescate, Ahuyentamiento y Reubicación de Fauna (PRARF) ▪ 15_11_Programa de monitoreo de fauna	\MIA_R\Version editable\Anexos\Anexo 15 Programas_F	2026
16	▪ Oficio No. B00.7.02.-180_Liberacion de zonas Federales	\MIA_R\Version editable\Anexos\Anexo 16 Oficio CONAGUA_F	2026
17	▪ CONCESIONES MINERAS ANA PAULA ▪ Numero 217559 ▪ Numero 220693 ▪ Numero 244793 ▪ Título de Concesión Minera No. 222224, lote El Coyote ▪ Planos	\MIA_R\Version editable\Anexos\Anexo 17 Titulos de concesion minera_F	2026
18	▪ 1. Contrato Ocupación Temporal - Rodolfo Nájera Blanquel cotejado ▪ 3. Contrato Ocupacion Temporal RAFAEL MORALES VIDALES 58.965 has ▪ 4. Contrato Ocupación Temporal - Nicolás Trujillo Varela ▪ 5. Contrato Ocupación Temporal - Marcelino Damacio Vidales	\MIA_R\Version editable\Anexos\Anexo 18 Contratos de ocupacion_F"	2026

	▪ 6. Contrato Ocupación Temporal - Sonia Colima Mendoza ▪ 7. Contrato Ocupacion Temporal RAFAEL MORALES VIDALES 75.58 has ▪ 8. Contrato Ocupación Temporal - Lucia Aparicio Nájera y miguel vasquez ▪ 9. Contrato Ocupación Temporal - Jose Luis Najera Colima 7.03ha ▪ 10a. Contrato Ocupación Temporal - Julio Najera Guzman 10.60ha ▪ 10b. Contrato Ocupación Temporal - Julio Najera Guzman 8.93ha ▪ 11. Contrato Ocupacion temporal - J. Jesús Martínez Reynosa ▪ 12. Contrato Ocupacion Temporal JOSE SALGADO BRITO ▪ 13. Contrato Ocupacion Temporal ISABEL OCHOA ARTEAGA ▪ 14a. Francisco Damacio Vidales_13-90 has ▪ 14b. Francisco Damacio vidales ▪ 15. Contrato Ocupacion Temporal FELIPA TRUJILLO VARELA ▪ 16. Contrato Ocupación Temporal - Dario Damacio Clavijo ▪ 17. Cto ocupacon temporal - Alberto Montoya Bahena ▪ 18. Cto. ocupacion temporal - Apolinar Ramirez Ortega ▪ 19. Contrato Ocupación Temporal - Apolinar Castro Pedroza 4.50ha ▪ 20. Cto ocupacion temporal - Natividad Damacio Romero		

	▪ 21. Contrato Ocupación Temporal - Miguel y Esteban Ríos Sandoval ▪ 22a. Contrato Ocupacion Temporal Predio Las Paredes Humberto Sandoval ▪ 22b. Humberto y Félix Sandoval 19.91 HAS ▪ 23. Contrato Feliciano Cornelio Arteaga ▪ 24. Contrato Tomasa Sanchez Clavel ▪ 25. Contrato Petra Bello castrejon ▪ 26. contrato J Leonor Ortega Guzman ▪ 27. Escritura Publica 3024 No C. Ordinal 5390 Copia ▪ 28. Escritura Publica 3024 No C. Ordinal 5391 Copia ▪ CONTRATOS DE OCUPACIÓN_ANA PAUL		
19	▪ Memoria Tecnico - Descriptiva	\MIA_R\Version editable\Anexos\Anexo 19 Memoria tecnica descriptiva_F	2026

V. LISTA GENERAL DE ANEXOS

- Anexo 01_Documentacion legal (**formato digital e impreso**)
  - 1_1 MAU acta constitutiva_compressed
  - 1_2 MAU cambio de nombre
  - 1_3 CSF 220425 MAU
  - 1.4 Poder GGV
  - 1.5 INE GGV
  - 1_6 Responsable tecnico
- Anexo 02_Resolutivos (**formato digital**)
  - 2_1_MIA R
  - 2_2_Modificaciones
  - 2_3_Exenciones
  - 2_4_MIA P
- Anexo 03_AP_Shp_kmz_coordenadas (**formato digital**)
  - 3_1 Area del proyecto_autorizaciones_shp_F
  - 3_2_Area del proyecto_F
  - 3_3_Area de desplante_F
  - 3_4_Componentes_F
  - 3_5_Obras_F
  - 3_6_Poligonos forestales_F
  - 3_7 Incidencias_F
- Anexo 04 Estudios (**formato digital**)
  - 4_1_Hidrologico geohidrologico y geotecnico
  - 4_2_Caudal ecologico
  - 4_3_Zona federal
- Anexo 05_Planos del proyecto (**formato digital**)
  - 5_1_Planos arreglo general
  - 5_2_Diagrama de flujo
- Anexo 06_Shp cortes (**formato digital**)
  - 6_1_Union_SAR_AI_AP
  - 6_2_Shp escurrimientos SIATL
  - 6_3_Fragmentacion
  - 6_4_Shp_USV_Series
  - 6_5_Tabla
- Anexo 07_Shp USV campo (**formato digital**)
  - 7_1_Shapefile
  - 7_2_Kml
  - 7_3_Tabla
- Anexo 08_Shp_kmz_RE_AI (**formato digital**)
  - 8_1_RE_F
  - 8_2_Area de influencia_F
- Anexo 09_Caracterizacion vegetación (**formato digital**)
  - 9 Caracterizacion vegetacion
  - 9_1 SHP_KMZ SITIOS
  - 9_2 MEMORIAS FOTOGRAFICAS
  - 9_3 CURVAS ACUMULACION

    - 9_4 BITACORA_MEMORIAS CALCULOS
    - 9_5 LISTADO POTENCIAL
    - 9_6 ESPECIES EN NOM059
    - 9_7 MAPAS
    - 9_8 TABLAS SUPERFICIES
- Anexo 10_Caracterizacion fauna (**formato digital**)
    - Anexo 10 Caracterización de fauna silvestre_Ana Paula_vF
    - Anexo 10.1 Coordenadas sitios de muestreo Ana Paula
    - Anexo 10.2 Evidencia de trabajo de campo_Ana Paula
    - Anexo 10.3 Fichas especies fauna silvestre_Ana Paula_vF
    - Anexo 10.4 Listado potencial_Ana Paula_vF
    - Anexo 10.5 Base de datos de registros en campo_Ana Paula
    - Anexo 10.6 Listado de especies registradas en campo
    - Anexo 10.7 Valoración de vulnerabilidad de las especies_Ana Paula
    - Anexo 10.8 Mapas
    - Anexo 10.9 Shapefile
    - Anexo 10.10 Especies NOM campo
- Anexo 11_Evaluacion paisaje (**formato digital**)
    - Evaluacion Paisaje
- Anexo 12 Modelo de erosion (**formato digital**)
    - ACCUMULATION
    - DIRECCION DE FLUJO
    - FACTOR_C
    - FACTOR_F
    - FACTOR_K
    - FACTOR_L
    - FACTOR_LS
    - FACTOR_M
    - FACTOR_R
    - FACTOR_S
    - MAPAS
    - PERDIDA_SUELO
    - SLOPE
    - TOPO
    - Metodologia y resultados
- Anexo 13 Mapas (**formato digital**)
    - Cap I
    - Cap II
    - Cap III
- Anexo 14 Matriz impactos (**formato digital**)
    - Matriz impactos Mina_AnaPaula
- Anexo 15 Programas (**formato digital**)
    - 15_1_PVA
    - 15_2_PROG_RyR_FLORA
    - 15_3_PROG_RESTAURACION
    - 15_4_PROG_RESIDUOS
    - 15_5_PROG_CAPACITACION

- 15_6_PROGR CIERRE
- 15_7_PROG_SUST_PELIG
- 15_8_PROG_SUELOS
- 15_9_PROG_ESCURRIMIENTOS
- 15_10_Programa de Rescate, Ahuyentamiento y Reubicación de Fauna (PRARF)
- 15_11_Programa de monitoreo de fauna

- Anexo 16 Oficio CONAGUA (**formato digital**)
  - Oficio No. B00.7.02.-180_Liberacion de zonas Federales
- Anexo 17 Titulos de concesion minera (**formato digital e impreso**)
  - CONCESIONES MINERAS ANA PAULA
  - Numero 217559
  - Numero 220693
  - Numero 244793
  - Título de Concesión Minera No. 222224, lote El Coyote
  - Planos
- Anexo 18 Contratos de ocupación (**formato digital e impreso**)
  - 1. Contrato Ocupación Temporal - Rodolfo Nájera Blanquel cotejado
  - 3. Contrato Ocupacion Temporal RAFAEL MORALES VIDALES 58.965 has
  - 4. Contrato Ocupación Temporal - Nicolás Trujillo Varela
  - 5. Contrato Ocupación Temporal - Marcelino Damacio Vidales
  - 6. Contrato Ocupación Temporal - Sonia Colima Mendoza
  - 7. Contrato Ocupacion Temporal RAFAEL MORALES VIDALES 75.58 has
  - 8. Contrato Ocupación Temporal - Lucia Aparicio Nájera y miguel vasquez
  - 9. Contrato Ocupación Temporal - Jose Luis Najera Colima 7.03ha
  - 10a. Contrato Ocupación Temporal - Julio Najera Guzman 10.60ha
  - 10b. Contrato Ocupación Temporal - Julio Najera Guzman 8.93ha
  - 11. Contrato Ocupacion temporal - J. Jesús Martínez Reynosa
  - 12. Contrato Ocupacion Temporal JOSE SALGADO BRITO
  - 13. Contrato Ocupacion Temporal ISABEL OCHOA ARTEAGA
  - 14a. Francisco Damacio Vidales_13-90 has
  - 14b. Francisco Damacio vidales
  - 15. Contrato Ocupacion Temporal FELIPA TRUJILLO VARELA
  - 16. Contrato Ocupación Temporal - Dario Damacio Clavijo
  - 17. Cto ocupacon temporal - Alberto Montoya Bahena
  - 18. Cto. ocupacion temporal - Apolinar Ramirez Ortega
  - 19. Contrato Ocupación Temporal - Apolinar Castro Pedroza 4.50ha
  - 20. Cto ocupacion temporal - Natividad Damacio Romero
  - 21. Contrato Ocupación Temporal - Miguel y Esteban Ríos Sandoval
  - 22a. Contrato Ocupacion Temporal Predio Las Paredes Humberto Sandoval
  - 22b. Humberto y Félix Sandoval 19.91 HAS
  - 23. Contrato Feliciano Cornelio Arteaga
  - 24. Contrato Tomasa Sanchez Clavel
  - 25. Contrato Petra Bello castrejon
  - 26. contrato J Leonor Ortega Guzman
  - 27. Escritura Publica 3024 No C. Ordinal 5390 Copia
  - 28. Escritura Publica 3024 No C. Ordinal 5391 Copia

    - CONTRATOS DE OCUPACIÓN_ANA PAUL
- Anexo 19 Memoria tecnica descriptiva (**formato digital**)
    - Memoria Tecnico - Descriptiva

VI. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

BANXICO (Banco de México). 2026. Banco de México. SIE - Mercado cambiario. Disponible en: https://www.banxico.org.mx

Bojórquez-Tapia, L., S. Díaz-Mondragón y A. García-Colchero. 1998. Valoración de la significancia ambiental para la evaluación de impacto ambiental. In: M. E. Maass y A. Ortega-Rubio (eds.). Ecología de Poblaciones. UNAM-CIBNOR, México.

Bojórquez-Tapia, L. y A. Ortega-Rubio. 1989. Las evaluaciones de Impacto Ambiental: Conceptos y Metodologías. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, A.C., Publicación No. 2, 59 p.

Bruschi, V. 2007. Desarrollo de una metodología para la caracterización, evaluación y gestión de los recursos de la geodiversidad. Tesis de doctorado, Universidad de Cantabria, Santander.

CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres). 2024. Sistema de Información sobre riesgos. Disponible en: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/visor-capas.html

CFE (Comisión Federal de Electricidad) y CENAPRED. 2024. Atlas Nacional de Riesgos. Disponible en: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx

CONABIO (Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). AVESMX, La Red de Conocimiento sobre las Aves de México. Disponible en: http://avesmx.conabio.gob.mx/

CONABIO-CONANP. 2010. Sitios prioritarios acuáticos epicontinentales para la conservación de la biodiversidad, escala 1:1,000,000. México, D.F.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2023. Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5708074&fecha=09/11/2023

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). Servicio Meteorológico Nacional. Disponible en: http://smn.cna.gob.mx

CONAPO (Consejo Nacional de Población). 2024. Disponible en: http://www.gob.mx/conapo

Conesa Fernández-Vítora, V. 1997. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Madrid: Mundi-Prensa.

Conesa Fernández-Vítora, V. 2009. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. 4ª ed. Madrid: Mundi-Prensa.

Coria, I. D. 2008. El estudio de impacto ambiental: características y metodologías. Invenio, 11. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87702010

Cotán-Pinto, S. A. 2007. Valoración de impactos ambientales. Metodologías aplicables para la identificación y valoración de impactos.

DOF. 2014. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Ordenamiento Ecológico del Territorio.

Escribano, R., et al. 1987. El Paisaje. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Secretaría de Estado para las Políticas del Agua y el Medio Ambiente. Madrid.

FAO. 2008. Base referencial mundial del recurso suelo. Un marco conceptual para la clasificación, correlación y comunicación internacional. Roma, Italia.

García, M. L. 1998. Criterios de diseño para la integración de las construcciones rurales en el paisaje. Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Madrid.

Garmendia, A. S., C. S. Crespo, L. S. Garmendia y A. A. Salvador. 2005. Evaluación de Impacto Ambiental. Ed. Pearson. Madrid.

GBIF (Global Biodiversity Information Facility). 2024. Disponible en: https://www.gbif.org/es/occurrence/search

Gómez Orea, D. y M. T. Gómez Villarino. 2013. Evaluación de Impacto Ambiental. 3ª ed. Mundi-Prensa. Madrid.

González, R. 2000. La fotografía elemento para el análisis y la simulación del paisaje forestal. Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Madrid.

González-Bernaldez, F. 1981. Ecología y Paisajes. Madrid: Editorial Blume.

H. Congreso de la Unión. 1917. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/index.html

H. Congreso de la Unión. 1988. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/index.htm

H. Congreso de la Unión. 1992. Ley de Aguas Nacionales. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/index.htm

H. Congreso de la Unión. 1994. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/index.htm

H. Congreso de la Unión. 2000. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/index.htm

H. Congreso de la Unión. 2003. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/index.htm

H. Congreso de la Unión. 2006. Reglamento de Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/index.htm

H. Congreso de la Unión. 2012. Ley General de Cambio Climático. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/index.htm

H. Congreso de la Unión. 2013. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFRA.pdf

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2004. Guía para la interpretación de cartografía. Edafología. Disponible en: http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/ficha.aspx?upc=702825231736

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2011. Diccionario de Datos de Erosión del Suelo, escala 1:250 000.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2014. Marco Geostadístico Nacional. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/temas/mg/#Descargas

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2017. Guía para la interpretación de la cartografía de uso de suelo y vegetación escala 1:250 000, Serie VI.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2019. Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación serie VII, escala 1:250 000, Capa unión.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). Conjunto de datos vectoriales de climas, escala 1:1 000 000.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). Conjunto de datos vectoriales geológicos, escala 1:1 000 000.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). Conjunto de datos vectoriales edafológicos, escala 1:250 000.

International Finance Corporation. Manual de buena práctica. Evaluación y gestión de impactos acumulativos: Guía para el sector privado en mercados emergentes.

Ministerio de Economía y Desarrollo, Dirección General de Inversiones Públicas. Pautas metodológicas de evaluación y gestión ambiental.

Muñoz-Pedreros, A. 2004. La evaluación del paisaje: una herramienta de gestión ambiental. Revista Chilena de Historia Natural 77(1): 139-156.

Organización de las Naciones Unidas. 2015. Convención Marco sobre el Cambio Climático. Disponible en: http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/l09s.pdf

Secretaría de Hacienda y Crédito Público. 2019. Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/578676/Plan_Nacional_de_Desarrollo_2019-2024.pdf

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2006. Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, características, procedimiento de identificación, clasificación y listados de los residuos peligrosos. Diario Oficial de la Federación.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo. Diario Oficial de la Federación.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2012. ACUERDO por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. Diario Oficial de la Federación.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2014. Acuerdo por el que se da a conocer la lista de especies y poblaciones prioritarias para la conservación. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5334865&fecha=05/03/2014

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2015. NORMA Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2015, límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/7251/1/nom-041-semarnat-2015.pdf

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2016. Acuerdo por el que se determina la Lista de las Especies Exóticas Invasoras para México. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5464456&fecha=07/12/2016

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2020. Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020-2024. Disponible en: http://www.ordenjuridico.gob.mx/sectoriales.php

SEMARNAT. 2022. Guía para la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental en su Modalidad Regional (MIA-R). México: SEMARNAT. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/121011/Guia_MIA-Regional.pdf

UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). 2024. Lista Roja de Especies Amenazadas. Disponible en: http://www.iucnredlist.org/

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

PROYECTO

“CONTINUIDAD AL DESARROLLO DEL RECINTO MINERO ANA PAULA MEDIANTE EXPLOTACIÓN MINERA SUBTERRÁNEA”

CAPÍTULO I

ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO

ÍNDICE

I.1. BASES DE DISEÑO 11

Parámetros del Diseño de Mina 11

Parámetros de diseño de cámaras 11

Diseño de Mina Subterránea 12

Acceso 14

Desarrollo 15

Desarrollo Lateral 15

Desarrollo Vertical 15

Producción 15

Servicios de Mina 17

Ventilación de la Mina 17

Desagüe de Minas 18

Suministro de Agua 18

Distribución de Electricidad en Interior Mina 18

Manipulación de Materiales 19

Roca Mineralizada 19

Material de estéril 19

Relleno 19

Equipamiento para Minas 20

Personal de Mina 21

Programa de Trabajo 21

Infraestructura de Superficie 21

Concepto General de Operación de la Mina 22

I.1.1. Almacenamiento de reactivos y sustancias 22

I.1.1.1. Criterios normativos de diseño mecánico 22

I.1.1.2. Convención de identificación de recipientes por área de proceso 23

I.1.1.3. Inventario maestro de recipientes de almacenamiento y de proceso 23

I.1.1.4. Recipientes del circuito de oxidación biológica 25

I.1.1.5. Recipientes del circuito de lixiviación y adsorción CIL 26

I.1.1.6. Recipientes del tren de elución y lavado de carbón 27

I.1.1.7. Tanques de preparación y almacenamiento de reactivos críticos 28

I.1.1.8. Silos de almacenamiento de sólidos 29

I.1.1.9. Sistemas de contención secundaria de los recipientes 30
I.1.2. Proyecto mecánico 30
I.1.2.1. Bases del diseño mecánico del circuito 30
I.1.2.2. Equipos de conminución, clasificación y concentración gravimétrica 31
I.1.2.3. Equipos de flotación, espesamiento y filtración 31
I.1.2.4. Equipos del circuito de oxidación biológica, lavado en contracorriente y neutralización 32
I.1.2.5. Equipos del circuito de ajuste de pH y de cianuración 33
I.1.2.6. Equipos de elución, refinería y destrucción de cianuro 33
I.1.2.7. Equipos de la planta de pastas y del depósito de jales filtrados 34
I.1.2.8. Modos de operación de las secuencias del proceso 34
I.1.2.9. Secuencias de arranque, operación continua y paro 34
I.1.2.10. Lazos de control de regulación por nodo metalúrgico 36
I.1.2.11. Lógica de enclavamientos de proceso 38
I.1.3. Proyecto del sistema contra incendios 39
I.1.3.1. Escenario de incendio de diseño y bases del dimensionamiento 39
I.1.3.2. Cantidad y capacidad de extintores 40
I.1.3.3. Sistema de manejo de agua a presión 44
I.1.3.4. Sistemas fijos de detección y de supresión por recinto 47
I.1.3.5. Red de detección de gases y de fugas en contenciones 50
I.1.3.6. Sistemas auxiliares de alerta, alarma y telecomunicaciones de emergencia 52
I.1.3.7. Plano de localización del sistema contra incendios 56
I.1.4. Ubicación del proyecto 58
I.1.5. Análisis de vulnerabilidad por fenómenos naturales 60
I.1.5.1. Riesgo hidrometeorológico 61
I.1.5.1.1. Peligro por ciclones 61
I.1.5.1.2. Peligro por granizo 62
I.1.5.1.3. Peligro por heladas 63
I.1.5.1.4. Peligro por inundaciones 64
I.1.5.1.5. Peligro por sequía 65
I.1.5.2. Riesgo geológico 66
I.1.5.2.1. Peligro por deslizamientos 66
I.1.5.2.2. Peligro por fallas y fracturas 68
I.1.5.2.3. Peligro por intensidad sísmica 69
I.1.5.2.4. Peligro por zona sísmica 70
I.1.5.3. Zonas vulnerables 71

I.1.5.3.1. Infraestructura 72
I.1.5.3.2. Población 75
I.2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO 78
Descripción del Proceso 78
Criterios de Diseño de Procesos 79
Comunicación 82
Trituración Primaria y Secundaria 82
Molienda 82
Concentración gravimétrica 83
Flotación 83
Espesamiento y Filtración de jales 83
Espesamiento de Concentrado 84
Diagrama de Flujo de Oxidación Biológica (BIOX®) 84
Sección de Alimentación BIOX 85
Sección del Reactor BIOX 85
Sección de Decantación de Contracorriente (CCD) 86
Neutralización 86
Preparación de Reactivos 87
Servicios 87
Cianuración con Carbon en Lixiviación (CIL) 88
Planta de manejo de carbón – elución de carbón y recuperación de metales por electro obtención 88
Reactivos y Consumibles 89
Destrucción por Cianuro 89
Balance de Agua 90
Estimación de Producción 90
I.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN 91
I.3.1. Especificación del cuarto de control 96
I.3.1.1. Criterios de emplazamiento y separación del edificio 96
I.3.1.2. Especificaciones civiles y de seguridad física del edificio 97
I.3.1.3. Climatización de precisión y filtrado químico del aire 98
I.3.1.4. Arquitectura de red y hardware crítico 99
I.3.1.5. Suministro eléctrico ininterrumpible y autonomía de respaldo 100

I.3.2. Sistemas de aislamiento 100

I.3.2.1. Matriz de riesgos y mecanismos de aislamiento por área 101

I.3.2.2. Compartimentación estructural mediante muros cortafuego 101

I.3.2.3. Distanciamiento entre instalaciones incompatibles 102

I.3.2.4. Contención secundaria de derrames: diseño civil, materiales y capacidades 103

I.3.2.5. Captación, extracción y lavado de gases de proceso 104

I.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS 105

I.4.1 Antecedentes de accidentes e incidentes en proyectos similares con sustancias peligrosas: cianuro de sodio y cloruro de hidrógeno 105

I.4.1.1. Antecedentes registrados en territorio nacional 106

I.4.1.2. Antecedentes registrados en el ámbito internacional 108

I.4.1.3. Incorporación de los antecedentes a la identificación de riesgos del Proyecto 111

I.4.2 Metodologías de identificación y jerarquización 112

I.4.2.1. Justificación de la selección de la metodología de Análisis de Riesgos y Operabilidad 112

I.4.2.2. Índice y validación de los Diagramas de Tubería e Instrumentación 115

I.4.2.3. Definición estricta de los nodos de proceso y sincronización con la modelación de consecuencias 123

I.4.2.4. Aplicación de las sesiones de Análisis de Riesgos y Operabilidad 129

I.4.2.5. Criterios de castigo mecánico para fallas catastróficas 155

I.4.2.6. Metodología cuantitativa de jerarquización de los riesgos identificados 160

1.1.1.1 I.4.2.7. Descripción de los escenarios de riesgo a modelar 167

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros de dilución y recuperación minera. 11

Tabla 2: Parámetros de Ley de Corte 12

Tabla 3: Inventario maestro de recipientes de almacenamiento y de proceso 23

Tabla 4: Características de diseño de los tanques de bio-oxidación (BIOX®) 25

Tabla 5: Características de diseño de los tanques de cianuración CIL 26

Tabla 6: Características de diseño del recipiente de extracción de carbón (Strip Vessel) 27

Tabla 7: Características de diseño del recipiente de lavado ácido (Acid Wash Vessel) 27

Tabla 8: Características de diseño de los tanques de reactivos críticos 28

Tabla 9: Características de diseño de los silos de almacenamiento de sólidos 29

Tabla 10: Modos de operación de las secuencias del proceso 34

Tabla 11: Secuencia lógica de arranque de la planta 35
Tabla 12: Niveles de paro por emergencia 36
Tabla 13: Lazos de control de molienda y flotación 36
Tabla 14: Lazos de control de bio-oxidación 37
Tabla 15: Lazos de control de ajuste de pH, cianuración y destrucción de cianuro 38
Tabla 16: Matriz de enclavamientos críticos de seguridad 39
Tabla 17: Bases de diseño hidráulico del sistema contra incendios 40
Tabla 18: Clases de fuego, agentes extintores y aplicación en la instalación 40
Tabla 19: Distancias máximas de recorrido por nivel de riesgo 41
Tabla 20: Inventario maestro consolidado de extintores por área 41
Tabla 21: Especificación técnica de las unidades por tipo de agente 42
Tabla 22: Programa de inspección, mantenimiento y verificación de extintores 43
Tabla 23: Características del tanque de almacenamiento y de la reserva de incendio 44
Tabla 24: Configuración del equipo de bombeo contra incendios 44
Tabla 25: Ajustes de presión y secuencia de arranque automático 45
Tabla 26: Materiales y diámetros nominales de la red de distribución 45
Tabla 27: Distribución de hidrantes y monitores por área 46
Tabla 28: Asignación de sistemas de detección y supresión por área 47
Tabla 29: Dispositivos de iniciación de la red de detección de incendio 48
Tabla 30: Criterios de diseño de rociadores automáticos y de diluvio 48
Tabla 31: Sistemas de extinción por agente limpio 49
Tabla 32: Sistema de espuma y protección del almacenamiento de combustible 50
Tabla 33: Red de detección de gases: ubicación, umbrales y acciones automáticas 50
Tabla 34: Detección de fugas en diques y cárcamos de bombeo 51
Tabla 35: Asignación de medios de notificación por área de proceso 52
Tabla 36: Memoria de cálculo de cobertura acústica por área 53
Tabla 37: Lógica de tonos y señales de notificación 54
Tabla 38: Configuración del sistema de megafonía y alarma general 54
Tabla 39: Plan de canales de radiocomunicación 55
Tabla 40: Distribución de estaciones de activación manual 55
Tabla 41: Enlaces de comunicación externa de emergencia 56
Tabla 42: Resumen de la incidencia de infraestructura dentro del área de afectación 72
Tabla 43: Detalle de la incidencia de infraestructura, distancia y orientación 73

Tabla 44: Unidades económicas del entorno por actividad, distancia y ocupación 75

Tabla 45: Leyes de cabeza promedio de la vida de la mina y recuperaciones 79

Tabla 46: Criterios destacados de los criterios de diseño de procesos 79

Tabla 47: Lista de Reactivos y Consumibles de Proceso 89

Tabla 48: Balance de Agua Diario Típico 90

Tabla 49: Matriz consolidada de parámetros físicos de diseño y de operación 93

Tabla 50: Criterios de ubicación y separación del edificio del Cuarto de Control Central 96

Tabla 51: Especificaciones civiles y de seguridad física del edificio 97

Tabla 52: Parámetros del sistema de aire acondicionado de precisión y de filtrado químico 98

Tabla 53: Arquitectura de red y hardware crítico alojado en el Cuarto de Control Central 99

Tabla 54: Especificaciones del sistema de energía ininterrumpible y autonomía de respaldo 100

Tabla 55: Matriz de riesgos y mecanismos de aislamiento por área de proceso 101

Tabla 56: Especificaciones de muros cortafuego y elementos de compartimentación 102

Tabla 57: Distancias mínimas de separación entre almacenes y áreas de riesgo 102

Tabla 58: Sistemas de contención secundaria por área de proceso 103

Tabla 59: Sistemas de captación, extracción y lavado de gases 104

Tabla 60: Antecedentes de accidentes e incidentes en territorio nacional 106

Tabla 61: Antecedentes de accidentes e incidentes en el ámbito internacional 108

Tabla 62: Metodologías de identificación de riesgos evaluadas y causa de selección o de descarte 113

Tabla 63: Palabras guía aplicadas y variables de proceso sobre las que se examinó cada una 114

Tabla 64: Índice de los Diagramas de Tubería e Instrumentación desarrollados 116

Tabla 65: Criterios de validación aplicados a los Diagramas de Tubería e Instrumentación 116

Tabla 66: Definición de los nodos de proceso identificados y sustancia listada asociada .. 123

Tabla 67: Evaluación de las sustancias manejadas frente al criterio de inclusión en el alcance de modelación 125

Tabla 68: Correspondencia entre los nodos de proceso y los nodos de modelación de consecuencias 127

Tabla 69: Parámetros de proceso que gobiernan el término fuente de cada nodo de modelación 127

Tabla 70: Datos de captura en el programa de modelación por escenario 129

Tabla 71: Escala de frecuencia de seis niveles adoptada para la evaluación del riesgo 130

Tabla 72: Escala de consecuencia de seis niveles por categoría de daño 131

Tabla 73: Matriz de categorización del riesgo por frecuencia y consecuencia 132

Tabla 74: Criterios de aceptación del riesgo y acción exigida por categoría 132

Tabla 75: Definición de los nodos de análisis y documentos base de las sesiones 133

Tabla 76: Registro de la sesión de análisis sobre el nodo 1 — Almacenamiento y preparación de cianuro de sodio y almacenamiento de ácido clorhídrico 134

Tabla 77: Evaluación del riesgo inherente y del riesgo operacional del nodo 1 — Almacenamiento y preparación de cianuro de sodio y almacenamiento de ácido clorhídrico 136

Tabla 78: Registro de la sesión de análisis sobre el nodo 2 — Ajuste de pH y tren de cianuración 138

Tabla 79: Evaluación del riesgo inherente y del riesgo operacional del nodo 2 — Ajuste de pH y tren de cianuración 140

Tabla 80: Registro de la sesión de análisis sobre el nodo 3 — Lavado ácido y desorción de carbón cargado 142

Tabla 81: Evaluación del riesgo inherente y del riesgo operacional del nodo 3 — Lavado ácido y desorción de carbón cargado 144

Tabla 82: Registro de la sesión de análisis sobre el nodo 4 — Destrucción de cianuro por proceso de aire y metabisulfito 145

Tabla 83: Evaluación del riesgo inherente y del riesgo operacional del nodo 4 — Destrucción de cianuro por proceso de aire y metabisulfito 147

Tabla 84: Distribución de las desviaciones sobre la matriz de categorización — riesgo inherente 149

Tabla 85: Distribución de las desviaciones sobre la matriz de categorización — riesgo operacional 149

Tabla 86: Resultado agregado de la evaluación del riesgo por categoría 149

Tabla 87: Desviaciones de categoría indeseable en riesgo inherente y barrera que sostiene su migración 150

Tabla 88: Iniciadores externos de origen natural y su correspondencia con las desviaciones registradas 152

Tabla 89: Recomendaciones técnico-operativas derivadas de las sesiones de análisis 153

Tabla 90: Aplicación del castigo mecánico a las líneas de conducción de sustancia listada 156

Tabla 91: Aplicación del castigo de liberación masiva a los equipos de proceso y a los tanques de almacenamiento 159

Tabla 92: Correspondencia entre el criterio de castigo mecánico aplicado y cada escenario identificado 160

Tabla 93: Caracterización de las sustancias del alcance conforme a los criterios CRETI de la NOM-052-SEMARNAT-2005 161

Tabla 94: Propiedades de peligrosidad y umbrales de exposición aguda de las sustancias del alcance 162

Tabla 95: Escenarios de riesgo identificados y términos fuente calculados 164

Tabla 96: Jerarquía de los escenarios por severidad relativa 165

Tabla 97: Asignación de barreras de prevención y de mitigación a los escenarios jerarquizados 166

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Vista en planta de la mina propuesta 13

Figura 2: Vista isométrica de la mina propuesta – Viendo hacia el noroeste 13

Figura 3: Rebaje transversal con barrenación larga 16

Figura 4: Rebaje longitudinal con barrenación larga 17

Figura 5: Arreglo conceptual de la trituradora y la banda transportadora subterráneas 19

Figura 6: Localización del sistema contra incendios. Plano de sitio del recinto minero 57

Figura 7: Localización del sistema contra incendios. Ampliación del área de planta 58

Figura 8: Localización regional del Proyecto. Fuente: Marco Geoestadístico Nacional 2025 59

Figura 9: Localización local del Proyecto y localidades del entorno. Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía 60

Figura 10: Peligro por presencia de ciclones tropicales. Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres 62

Figura 11: Peligro por caída de granizo. Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres 63

Figura 12: Peligro por presencia de heladas. Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres 64

Figura 13: Peligro por inundaciones. Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres 65

Figura 14: Peligro por presencia de sequías. Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres 66

Figura 15: Peligro por deslizamiento de laderas. Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres 67

Figura 16: Fallas y fracturas del entorno del Proyecto. Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres 69

Figura 17: Intensidad sísmica en la escala de Mercalli. Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres 70

Figura 18: Regionalización sísmica del emplazamiento. Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres 71

Figura 19: Zonas vulnerables: infraestructura del área de afectación. Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía 73

Figura 20: Zonas vulnerables: actividad económica del entorno regional. Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía 77

Figura 21: Zonas vulnerables: población dentro del área de afectación. Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía 78

Figura 22: Diagrama de flujo general de procesos (M3 Engineering, plano 0000-FS-000 Rev. P5, 18 de agosto de 2026) 81

Figura 23: Almacén segregado y línea troncal de cianuro de sodio (nodos N-11 y N-21; nodo de modelación NM-1) 119

Figura 24: Tanque de ajuste de pH y tren de cianuración CIL con votación dos de tres (nodo N-12; nodo de modelación NM-2) 120

Figura 25: Almacén de ácido clorhídrico y columna de lavado ácido del tren de elución (nodos N-21 y N-14; nodos de modelación NM-1 y NM-3) 121

Figura 26: Unidad de destrucción de cianuro por proceso de aire y metabisulfito (nodo N-16; nodo de modelación NM-4) 122

I.1. BASES DE DISEÑO

Parámetros del Diseño de Mina

Para determinar las formas minables (o unidades de minado), se utilizó el siguiente proceso de diseño:

- Analizar el modelo geológico de recursos para evaluar las propiedades geométricas, incluyendo el ancho, profundidad, longitud y continuidad de la zona mineralizada;
- Seleccionar los métodos de minado que mejor se adapten al depósito basándose en la geometría, los aspectos económicos y los parámetros geotécnicos;
- Determinar la ley de corte económica (COG) basada en la estimación de los costos operativos, la recuperación minera, la dilución y los supuestos de precios de los metales;
- Identificar los bloques dentro del modelo geológico que estén por encima de la ley de corte (incluyendo la dilución y recuperación minera) y generar formas de cámaras optimizadas; y
- Desarrollar un plan de minado en torno a las cámaras de producción económicamente viables y completar el análisis económico.

Estos pasos se analizan detalladamente en las secciones siguientes.

Parámetros de diseño de cámaras

Para generar las unidades de minado (formas minables) de las diferentes zonas, se utilizaron distintos parámetros de diseño y orientaciones de optimización para las cámaras de LHOS (longhole open stoping) transversales y longitudinales. Tras la generación de dichas formas, se realizó una evaluación preliminar (análisis de cámaras aisladas o "huérfanas") para excluir aquellas que no resultarían rentables debido a los excesivos requerimientos de desarrollo. Los parámetros de diseño de las cámaras, incluidos los factores de dilución y recuperación, se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1: Parámetros de dilución y recuperación minera.

Parametro		Unidades	Método de Minado LHOS (Longhole Open Stoping)			
			Longitudinal	Transversal – Primario	Transversal – Secundario	Transversal – Corona
Parametros de Diseño de Cámaras	Ley de Corte	g/t	2.50			
	Longitud (a lo largo del rumbo)	m	20	10		
	Altura (de sill a sill)	m	25			
	Ancho Minimo	m	4			
	Ancho Diluido Minimo	m	5			
	Ancho de Pilar Minimo	m	10			
	Rumbo (Min/Max/Cambio)	°	-10/10/5	-45/45/15		
	Buzamiento (Min/Max/Cambio)	°	60/120/20	55/125/20		
Dilución	HW ELOS	m	0.5			
	FW ELOS	m	0.5			
	Minado	%	5%	1%	6%	5%
Recuperación	Recuperación Minera	%	95%			90%

Ley de Corte

El material económico de las cámaras se identifica a partir del modelo de bloques en 3D utilizando el software Maptek Vulcan™ Stope Optimizer. La ley de corte de oro se determinó basándose en los parámetros incluidos en la Tabla 2.

Tabla 2: Parámetros de Ley de Corte

Criterio de Ley de Corte	Unidades	Costo
Ingresos, Fundición y Refinación	**Unidades**	**Valor**
Precio del Oro	US$/oz Au	2,200
Metal Pagable	%	99%
Costos Externos de Oro	US$/oz Au	2.50
Cargos de Tratamiento (TC/RC)	US$/oz Au	8.00
Regalia NSR del 1%	US$/oz Au	21.76
Regalia en EBITDA del 8.5%	US$/oz Au	111.12
Regalías Privadas del 2.0%	US$/oz Au	43.51
Valor neto de Oro por onza	US$/oz	2,110
Valor neto de Oro por gramo	US$/g	67.85
Valor neto de Au por gramo	US$/g	61.06
Costo Estimado de Operación	Units	Cost
Costo de Minado Subterráneo	$/t	72.00
Costo de Procesamiento	$/t	46.77
Costos Generales y Administrativos	$/t	8.60
Costo de Sostenimiento	$/t	10.23
Total	$/t	137.60
Perdidas de Minado y Dilución		
Recuperación Minera	%	95
Dilución Externa Minera	%	5
Recuperación de Planta de Proceso		
Recuperación de Flotación	%	95
Bio Oxidación	%	95
Ley de Corte Calculada		
Ley de Corte In situ, Incluyendo Dilución	g/t	2.5
Ley de Corte Incremental	g/t	1.1

Notas:

Los parámetros operativos pueden diferir de los utilizados en el modelo económico debido a trabajos de estimación posteriores más detallados. No se considera que estas diferencias tengan un impacto significativo (o material) en la Evaluación Económica Preliminar (PEA, por sus siglas en inglés).

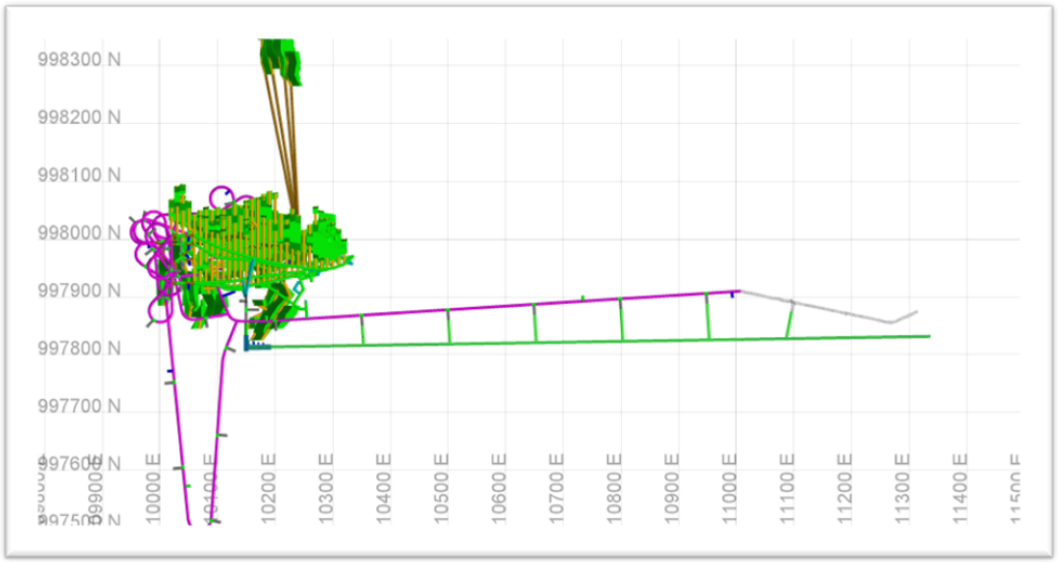
Diseño de Mina Subterránea

El yacimiento Ana Paula se extiende desde las cercanías de la superficie hasta una profundidad superior a 675 m. Aunque algunas porciones del cuerpo mineralizado se encuentran próximas a la superficie y serían susceptibles de explotación a cielo abierto, se seleccionó la explotación subterránea mediante rebajes abiertos con barrenación larga (Longhole Open Stoping, LHOS), empleando relleno en pasta en los rebajes longitudinales y transversales para maximizar la recuperación del material mineralizado. Se analizaron otros métodos de explotación; sin embargo, se determinó que la geometría y las características del yacimiento son favorables para la explotación por rebajes, con el objetivo de sostener una capacidad de procesamiento de 2,000 t/d.

La mina se concibe como una operación subterránea altamente mecanizada, con dos rampas de acceso (twin decline) que proporcionarán el acceso principal y la ventilación, trituración y transporte de mineral subterráneos, así como una combinación de infraestructura móvil y fija para apoyar la producción, el desarrollo y el relleno de los rebajes. En el sitio existe una rampa de acceso de 415 m de longitud, la cual se utilizará como punto de partida para el acceso a la mina.

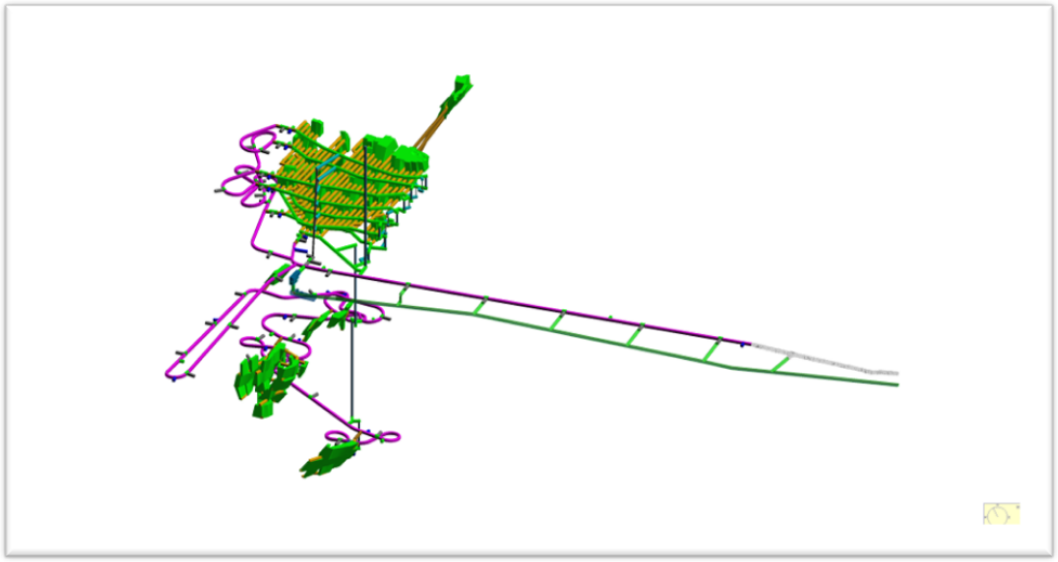
La Figura 1 y la Figura 2 presentan, respectivamente, la vista en planta y la vista isométrica de la mina propuesta.

Figura 1: Vista en planta de la mina propuesta



Fuente: GJW (2026)

Figura 2: Vista isométrica de la mina propuesta – Viendo hacia el noroeste



Fuente: GJW (2026)

Acceso

El acceso a la mina se realiza mediante dos declives desde superficie: el portal existente, que cuenta con 415 m de desarrollo, y el portal propuesto para el segundo declive. Ambos declives proporcionan accesos independientes y salidas alternas para el personal, los equipos, el manejo de materiales y la ventilación; las chimeneas y contrapozos de ventilación están equipados con escaleras y funcionan como salidas de emergencia complementarias.

La configuración de dos rampas (twin decline) mejorará la flexibilidad operativa y proporcionará vías independientes para la entrada y el retorno de aire. Una rampa podrá priorizar el tránsito de personal y el manejo de materiales, mientras que la segunda podrá priorizar el manejo de materiales de producción y los servicios.

Las rampas de acceso se diseñarán para permitir el tránsito del equipo minero y dar acceso a la rampa principal; los cruceros y las galerías de yacente (o de respaldos) conectarán la rampa principal con las zonas mineralizadas. El desarrollo de cada nivel se establecerá a elevaciones definidas con base en la geometría del cuerpo mineralizado, las dimensiones de los rebajes y la secuencia de explotación.

Los dos declives dan servicio a todas las áreas de minado para el transporte de materiales, el acceso de personal y equipo, y los servicios; el acarreo del material mineralizado a superficie se realiza mediante la banda transportadora principal. Las rampas subterráneas tienen 5.0 m de ancho y 5.0 m de alto, dimensiones elegidas para dar cabida a los conductos de ventilación, los servicios y el equipo móvil. Ambos declives se desarrollan con una pendiente del -15 % desde sus respectivos portales en superficie hasta los niveles de producción, conforme a la geometría del cuerpo mineralizado y a la secuencia de explotación del plan minero vigente.

Desarrollo

El desarrollo requerido para sostener la producción comprende las siguientes obras:

- Rampas principales de acceso
- Desarrollo de niveles a lo largo de los niveles inferiores de veta
- Galerías de mineral y galerías de base
- Cruceros de acceso a los rebajes
- Contrapozos de ventilación
- Contrapozos de mineral e infraestructura de trituración, cuando corresponda
- Infraestructura de distribución de relleno en pasta
- Estaciones de bombeo, cárcamos e infraestructura de servicios subterráneos

El programa de minado mantendrá frentes de producción activos en paralelo para brindar flexibilidad operativa y permitir sostener el volumen de producción ante eventuales retrasos en frentes individuales, problemas de control del terreno, ciclos de relleno o mantenimiento no programado del equipo.

Desarrollo Lateral

El desarrollo lateral comprende las rampas principales de acceso, el desarrollo de niveles a lo largo de los niveles inferiores de veta, las galerías de mineral y de base, y los cruceros de acceso a los rebajes. Los cruceros y las galerías de yacente (o de respaldos) conectan la rampa principal con las zonas mineralizadas, y el desarrollo de cada nivel se establece a elevaciones definidas con base en la geometría del cuerpo mineralizado, las dimensiones de los rebajes y la secuencia de explotación.

Por lo general, los rebajes se accederán desde los desarrollos del bloque del piso (footwall) y, ocasionalmente, desde el bloque del techo (hanging wall), según la geometría y las condiciones del terreno. Las cantidades y longitudes definitivas de desarrollo lateral se establecerán conforme al plan minero vigente.

Desarrollo Vertical

El desarrollo vertical se destina a la ventilación, al manejo de mineral y a la salida secundaria de la mina. Comprende contrapozos de ventilación, que conducen el aire de retorno hasta la obra de retorno principal, y contrapozos de mineral asociados a la infraestructura de trituración subterránea, cuando corresponda.

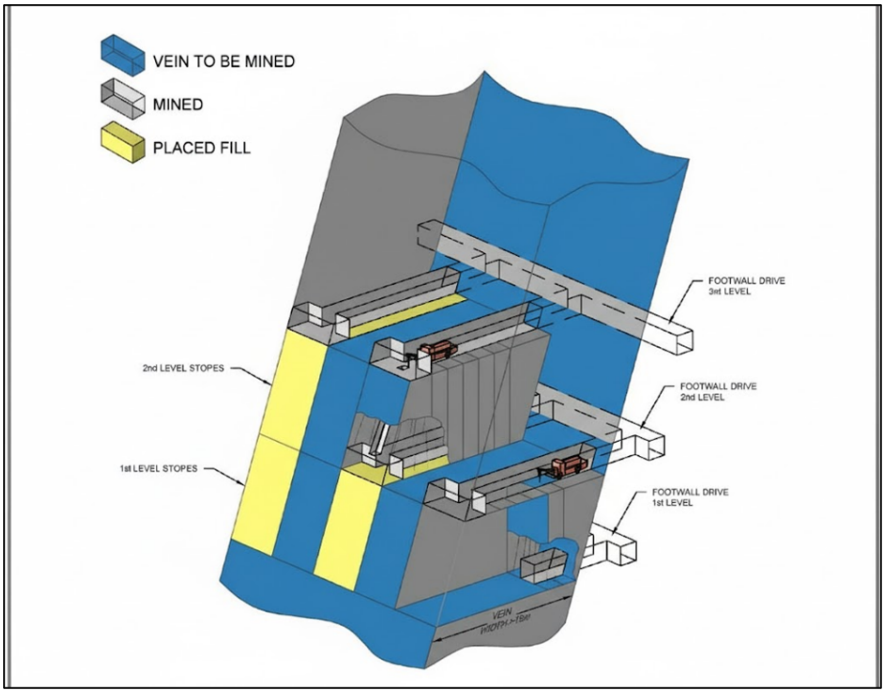
Los contrapozos de ventilación y de servicios se desarrollan conforme avanza la explotación de los niveles, de manera que cada frente activo quede conectado a la red principal de ventilación y cuente con una vía de salida alterna. Las cantidades y los metrajes definitivos se establecerán conforme al plan minero vigente.

Producción

Por lo general, los rebajes tendrán acceso desde los desarrollos del bloque del piso (footwall); sin embargo, ocasionalmente podrá accederse desde el bloque del techo (hanging wall), dependiendo de la geometría y de las condiciones del terreno. La producción se realizará mediante barrenación larga con martillo en cabeza (top hammer), con barrenos diseñados para reducir la dilución y proporcionar una fragmentación controlada que limite la generación de sobre tamaño. El rezagado y la extracción del mineral se realizarán mediante equipos LHD (Load-Haul-Dump) y el material volado se transportará al sistema subterráneo de manejo de mineral.

En el método de rebaje transversal con barrenación larga, mostrado en la Figura 3, se desarrolla una galería en el bloque inferior, paralela al rumbo de la mineralización, y se construyen cruceros espaciados regularmente en la parte superior e inferior de los rebajes, hasta alcanzar la extensión económicamente explotable del muro superior. Las cámaras primarias se perforan, se vuelan, se cargan y posteriormente se rellenan con pasta estructural; una vez explotadas las cámaras primarias del primer y segundo nivel, se procede con las cámaras secundarias del primer nivel siguiendo la misma secuencia de perforación, voladura, carga y relleno, empleando en éstas una pasta ligeramente cementada. Esta secuencia de extracción continuará desde el nivel más bajo de la mina hasta la parte superior de la mineralización. Los rebajes transversales en Ana Paula tienen 10 m de ancho y 25 m de altura de piso a piso; su longitud, medida perpendicularmente al rumbo, varía de 15 m a más de 100 m, y los bloques con longitudes superiores a 40 m se explotarán en tramos menores para mantener la estabilidad geotécnica y controlar la dilución.

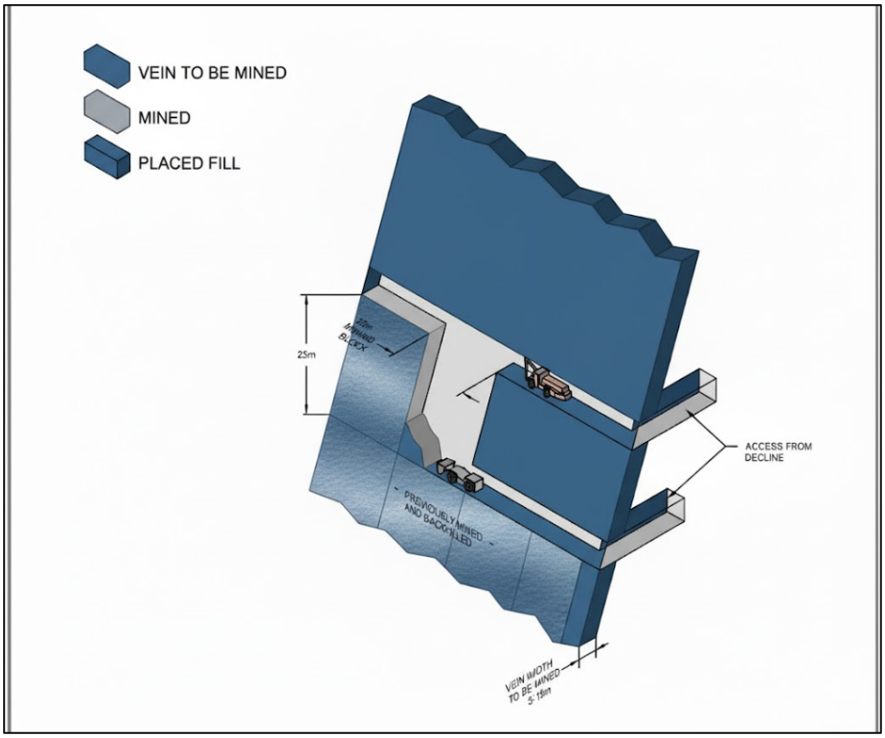
Figura 3: Rebaje transversal con barrenación larga



Fuente: GJW (2026)

El método longitudinal con barrenación larga (Figura 4) se aplica en cuerpos angostos con buzamiento pronunciado. Un desarrollo superior y uno inferior delimitan la extensión del rebaje, y los barrenos de producción se perforan entre ambos niveles mediante un equipo de barrenación larga. El rebaje se vuela y el material se extrae desde el desarrollo inferior mediante equipos LHD. Los rebajes se explotan en una secuencia de retirada, comenzando con los más alejados y retirándose progresivamente hacia el acceso del nivel; se rellenan con pasta cementada y el último rebaje de cada nivel se rellenará con pasta ligeramente cementada para reducir los costos de explotación.

Figura 4: Rebaje longitudinal con barrenación larga



Fuente: GJW (2026)

Servicios de Mina

La operación de la mina subterránea requerirá una red extensa de infraestructura de servicios y apoyo, que comprenderá:

- Distribución de energía eléctrica
- Agua de servicio
- Aire comprimido
- Relleno en pasta
- Desagüe de la mina
- Ventilación
- Comunicaciones, incluyendo red Wi-Fi subterránea
- Estabilización y soporte del terreno
- Almacenamiento de explosivos
- Combustible y lubricantes
- Mantenimiento y servicio de equipos

Ventilación de la Mina

La red de ventilación se diseña alrededor de la configuración de dos declives, con vías independientes de entrada y retorno de aire, apoyadas por contrapozos de ventilación, reguladores y ventiladores auxiliares. La primera prioridad durante el desarrollo inicial es establecer un circuito de flujo continuo entre ambos declives; los ventiladores principales de extracción se instalarán en el portal existente.

La demanda de ventilación se estima con base en la normativa mexicana aplicable, que exige un flujo mínimo de 2.13 m³/min por cada caballo de fuerza de potencia nominal del motor diésel de la

maquinaria subterránea y de 1.50 m³/min por cada trabajador subterráneo. El caudal de diseño se determinará con la flota y la plantilla del plan minero vigente.

El aire fresco será conducido hacia el interior de la mina a través de los declives de acceso, del sistema de rampas y de las galerías desarrolladas en el bloque inferior, mientras que el aire de retorno se conducirá por una serie de contrapozos hasta la obra de retorno de aire y de ahí a la superficie mediante el ventilador principal. Los equipos diésel y el personal presente en la mina constituyen los principales factores que determinan el caudal de ventilación requerido. El flujo de aire se controlará mediante reguladores, puertas de ventilación, tapones, mamparas y ventiladores auxiliares, con el fin de dirigir el aire hacia los frentes activos y aislar las áreas inactivas.

Desagüe de Minas

El desagüe de la mina se realiza mediante cárcamos de nivel y estaciones de bombeo instaladas a intervalos regulares a lo largo de los declives y de los desarrollos de nivel. El agua de las labores se colecta en los cárcamos y se bombea en etapas sucesivas hasta el cárcamo principal, desde donde se envía a superficie para su uso en la planta de procesamiento o se recircula a las labores subterráneas para barrenación y control de polvo.

Las bombas principales de desagüe forman parte de la infraestructura fija subterránea, y la red de bombeo se dimensionará conforme a las entradas de agua registradas y al plan minero vigente.

Suministro de Agua

Para controlar las entradas de agua, se instalarán alcantarillas y estaciones de bombeo a intervalos regulares en toda la mina.

El agua utilizada para las operaciones subterráneas se distribuirá mediante una combinación de tuberías de acero y poliuretano. En la medida de lo posible, se extraerá agua de las entradas recolectadas tras la sedimentación y filtración de sólidos. La recolección superficial podrá utilizarse para complementar las necesidades de agua si es necesario.

Distribución de Electricidad en Interior Mina

El consumo eléctrico de la mina se atribuye en gran medida a las siguientes fuentes:

- Ventiladores principales y auxiliares.
- Compresores de aire para mina.
- Perforación de materiales, carga de explosivos y equipos de apoyo en tierra.
- Bombas de desagüe, y
- Estaciones de refugio.

Cables de alta tensión entrarán en la mina desde la subestación principal en superficie a través de los dos portales de acceso y se distribuirán a subestaciones eléctricas cercanas a las zonas mineras activas. La potencia de alta tensión se suministraría a 4160 V y se reduciría a 480 V en subestaciones eléctricas. Cada nivel operativo incluirá una subestación primaria y un panel eléctrico cerca de la entrada de la rampa, donde la energía se reducirá y distribuirá al frente de trabajo.

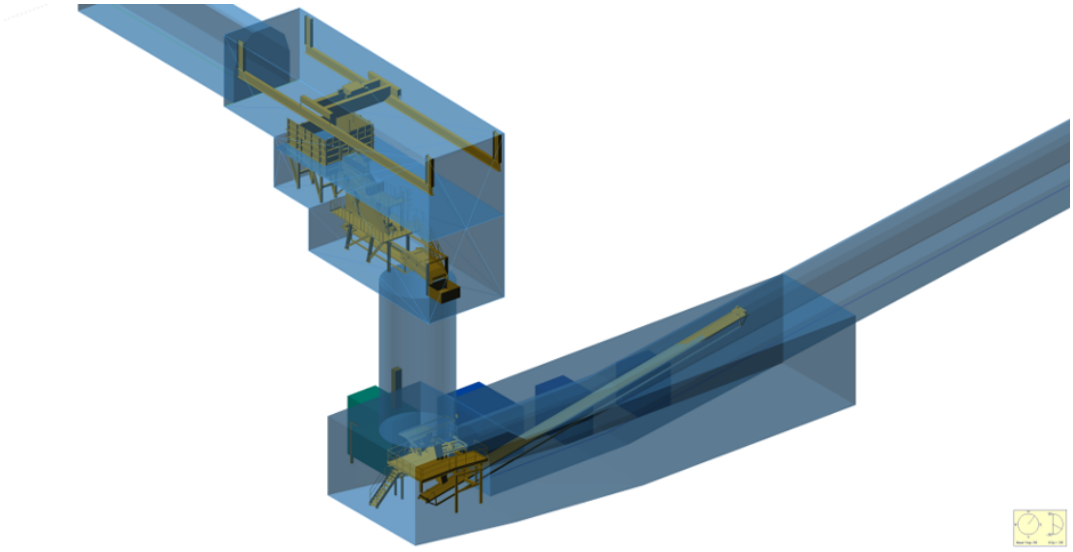
Manipulación de Materiales

Roca Mineralizada

El mineral volado será rezagado desde los rebajes mediante equipos LHD y transportado a bahías de remanejo (remuck), cargado directamente en camiones o vaciado en contrapozos de mineral. Los equipos LHD de control remoto se emplearán para el rezagado de los rebajes cuando exista un mayor riesgo asociado al control del terreno o cuando el acceso del operador sea limitado.

El manejo de mineral se basa en la transferencia del material rezagado a un sistema subterráneo de trituración y transporte por banda, el cual sustituye el acarreo de material mineralizado a superficie mediante camiones. La trituradora subterránea reducirá el mineral a una granulometría adecuada para su transporte por banda; el mineral triturado pasará por debajo de un imán instalado sobre la banda para retirar cualquier elemento de acero que pudiera dañar la banda transportadora principal. Una tolva de regulación entre la trituradora y la banda funcionará como amortiguador para mejorar la capacidad operativa. La banda transportadora principal se instalará en la parte posterior del desarrollo de acceso primario y se conectará finalmente con la instalación de procesamiento de mineral y el patio de almacenamiento en superficie. El arreglo conceptual de la trituradora y la banda transportadora subterráneas se presenta en la Figura 5.

Figura 5: Arreglo conceptual de la trituradora y la banda transportadora subterráneas



Fuente: GJW (2026)

Material de estéril

La roca estéril se rezagará mediante cargadores LHD y se transportará a superficie en camiones de 40 toneladas a través de los declives de acceso; la generación de estéril considera la operación simultánea de múltiples áreas de trabajo. Posteriormente, se transportará en camiones en la superficie para ser colocados en la presa de jales (TSF).

Relleno

Se utiliza relleno en pasta cementado para rellenar los rebajes explotados. La pasta se produce en superficie a partir de jales, agua y un aglomerante cementante, y se transporta mediante una red dedicada de distribución integrada por tuberías subterráneas, barrenos y válvulas. Se construyen

barricadas de relleno en los puntos de acceso a los rebajes para contener la pasta antes de su colocación.

Las cámaras primarias se rellenan con pasta estructural, de mayor contenido de aglomerante, mientras que las cámaras secundarias y el último rebaje de cada nivel se rellenan con pasta ligeramente cementada. Inicialmente podrá utilizarse una pasta de mayor resistencia y de curado más rápido para reducir la duración del ciclo de relleno. El sistema permite rellenar y curar los rebajes primarios antes de explotar los rebajes secundarios adyacentes.

El contenido de aglomerante se optimiza mediante pruebas de laboratorio y con base en los requerimientos geotécnicos, buscando un equilibrio entre la resistencia del relleno, la dilución, la estabilidad de los rebajes y el costo operativo. El relleno en pasta cementado permite una alta recuperación minera, contribuye al control de la dilución y reduce la cantidad de jales que deben manejarse en superficie.

Equipamiento para Minas

La flota subterránea será predominantemente accionada por diésel, con equipos seleccionados de acuerdo con las dimensiones de los declives, de las rampas, de los niveles y de las áreas de producción. Los equipos LHD de control remoto se emplean para el rezagado de los rebajes cuando existe un mayor riesgo asociado al control del terreno o cuando el acceso del operador es limitado. El equipo móvil principal incluye:

- Jumbos de barrenación para frentes de desarrollo
- Equipos empernadores
- Equipos de barrenación larga para producción
- Equipos LHD para desarrollo y producción
- Camiones de acarreo subterráneo
- Vehículos utilitarios y de servicio
- Rompe-rocas móvil
- Equipo para carga de explosivos
- Motoconformadoras
- Camiones subterráneos para combustible y lubricantes
- Transportadores de personal
- Equipo para manejo de materiales (plataformas, manipuladores telescópicos, plataformas de tijera, entre otros)
- Vehículos ligeros
- Equipo de rescate minero y respuesta a emergencias

La infraestructura subterránea fija principal comprende:

- Trituradora primaria subterránea
- Tolva para mineral triturado
- Sistema subterráneo de bandas transportadoras, incluyendo puntos de transferencia
- Bombas principales de desagüe de la mina
- Cárcamos de desagüe de los niveles
- Ventiladores principales
- Ventiladores secundarios y auxiliares
- Distribución eléctrica, incluyendo transformadores y subestaciones
- Red de distribución de aire comprimido

- Red subterránea de distribución de agua de servicio
- Red de distribución de relleno en pasta
- Red de comunicaciones
- Cámaras de refugio
- Bahías de servicio y mantenimiento

Las cantidades definitivas por tipo de equipo, así como los modelos y las condiciones de operación pico, se establecerán conforme a la ingeniería minera vigente.

Personal de Mina

La mina opera como una operación subterránea altamente mecanizada y con múltiples frentes activos, en régimen continuo de 24 horas los 365 días del año. La plantilla comprende personal de operación de equipo móvil de desarrollo y producción, servicios de mina, mantenimiento, control del terreno, ventilación, relleno en pasta, supervisión y personal de seguridad y rescate minero.

El número de trabajadores por turno y por categoría, así como el esquema de contratación, se establecerán conforme al plan minero vigente; la plantilla subterránea es uno de los factores que determinan el caudal de ventilación requerido.

Programa de Trabajo

El objetivo del programa minero es desarrollar la mina para sostener una alimentación a planta de 2,000 t/d de material mineralizado, con operación continua de 24 horas los 365 días del año. La secuencia de explotación es ascendente (bottom-up) en cada zona de rebajes y mantiene áreas de trabajo eficientes, de modo que los rebajes terminados se rellenen y curen antes de explotar los rebajes adyacentes.

El programa mantiene múltiples frentes de producción y desarrollo activos en paralelo, con el fin de brindar flexibilidad operativa y sostener el volumen de producción ante eventuales retrasos en frentes individuales, problemas de control del terreno, ciclos de relleno o mantenimiento no programado del equipo. Adicionalmente al material mineralizado, se genera roca estéril derivada de la operación simultánea de múltiples áreas de trabajo.

Sobre la base de 2,000 t/d y 365 días de operación anual, el programa considera una producción de 730,000 t/año de material mineralizado, con una vida operativa de 11 años y un total de 8.03 millones de toneladas. El calendario anual de desarrollo por año se incorporará a partir de la reemisión vigente del plan minero.

Infraestructura de Superficie

Las instalaciones de superficie incluirán la infraestructura necesaria para apoyar la operación minera subterránea, a saber:

- Dos rampas de acceso (uno de los portales ya existe y cuenta con 415 m de desarrollo)
- Ventiladores principales de extracción, a instalarse en el portal existente
- Planta de relleno en pasta
- Planta de filtrado de jales
- Almacenamiento de cemento y aglomerante
- Almacenamiento de agua fresca
- Subestación eléctrica de superficie

- Taller de mantenimiento de mina
- Almacenes y áreas de maniobras y almacenamiento de materiales
- Almacenamiento de combustible
- Oficinas administrativas
- Casa seca de mina
- Instalaciones de seguridad

Concepto General de Operación de la Mina

La mina operará como una operación subterránea altamente mecanizada y con múltiples frentes, capaz de sostener aproximadamente 2,000 t/d de material mineralizado mediante múltiples rebajes de producción y frentes de desarrollo; adicionalmente se generará material estéril por la operación simultánea de varias áreas de trabajo. Los rebajes estarán continuamente sujetos a ciclos de barrenación, voladura, rezagado, relleno y curado.

Las dos rampas proporcionarán acceso, capacidad de ventilación y redundancia operativa. Los métodos longitudinal y transversal con barrenación larga aportarán flexibilidad para adaptar el método de explotación a los cambios en el espesor, buzamiento y continuidad del cuerpo mineralizado, así como a las condiciones del terreno. El relleno en pasta cementado permitirá una alta recuperación minera, reducirá la cantidad de jales que deberán manejarse en superficie y contribuirá al control de la dilución y al mantenimiento de la estabilidad del terreno.

La energía eléctrica se distribuirá mediante subestaciones ubicadas estratégicamente para minimizar la caída de tensión y proporcionar un suministro confiable a las áreas de producción, desarrollo e infraestructura. En conjunto, la combinación de barrenación larga para producción, rezagado mediante equipos LHD convencionales y de control remoto, trituración subterránea, transporte por banda y relleno en pasta constituye un sistema minero orientado a lograr una producción consistente, minimizar las distancias de acarreo subterráneo y maximizar la recuperación de los rebajes.

I.1.1. Almacenamiento de reactivos y sustancias

La planta de beneficio del Proyecto, diseñada para una capacidad de tratamiento de 2,000 toneladas por día (t/d), aloja la totalidad de sus inventarios de sustancias químicas y de pulpa de proceso en recipientes de almacenamiento y de proceso caracterizados individualmente. El presente apartado consigna el inventario completo de dichos recipientes, sus criterios normativos de diseño, sus dimensiones y capacidades, los dispositivos de seguridad instalados en cada uno y los sistemas de contención secundaria que los confinan.

I.1.1.1. Criterios normativos de diseño mecánico

El diseño mecánico de los recipientes de la planta se rige por los criterios normativos que se enuncian a continuación.

- Recipientes sujetos a presión: American Society of Mechanical Engineers, Boiler and Pressure Vessel Code, Sección VIII, División 1 (ASME BPVC Sección VIII Div. 1), en conjunto con la NOM-020-STPS-2011, "Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas — Funcionamiento — Condiciones de seguridad".
- Tanques atmosféricos de almacenamiento y de proceso: American Petroleum Institute, Standard 650, "Welded Tanks for Oil Storage" (API 650), aplicado para el cálculo del espesor de placa de la virola mediante el Método de un Pie (One-Foot Method).

- Contención secundaria de derrames: Código Internacional para el Manejo del Cianuro (International Cyanide Management Code, ICMC), que establece una capacidad mínima de contención equivalente al 110 % del volumen del recipiente de mayor capacidad dentro de cada dique.

Los recipientes a presión de la planta cuentan con válvulas de seguridad (Pressure Safety Valve, PSV) taradas conforme a los criterios de ASME BPVC Sección VIII Div. 1, con una acumulación máxima admisible del 10 % sobre la presión máxima de trabajo permisible (MAWP) para configuraciones de una sola válvula. Los tanques atmosféricos cuentan con venteo libre a la atmósfera o, en el caso de sustancias con potencial de emisión de vapores ácidos o cianurados, con conexión a sistemas de lavado de gases (scrubbers).

La selección de materiales de construcción de cada recipiente responde a la naturaleza físico-química de la sustancia contenida: acero inoxidable dúplex para el circuito de bio-oxidación, que constituye un medio ácido oxidante; acero al carbono recubierto en epoxi para el circuito de cianuración; acero al carbono revestido en caucho para pulpas ácidas o cianuradas de menor severidad; y plástico reforzado con fibra de vidrio o acero inoxidable austenítico para reactivos de alta agresividad química como el ácido clorhídrico.

I.1.1.2. Convención de identificación de recipientes por área de proceso

Para efectos de identificación y control documental, cada recipiente contará con una clave de identificación (Tag) estructurada conforme a la convención [Área de Proceso]-[Tipo de Equipo]-[Número Consecutivo]. El tipo de equipo se identifica como TK para tanque, V para recipiente sujeto a presión y SL para silo. Las áreas de proceso de la instalación son las siguientes.

- Área 100: trituración y molienda.
- Área 200: flotación.
- Área 300: bio-oxidación, lavado en contracorriente y tratamiento biológico.
- Área 400: ajuste de pH, cianuración CIL y almacenamiento de cianuro de sodio y de cal.
- Área 500: elución, destoxificación, destrucción de cianuro y almacenamiento de ácido clorhídrico y sosa cáustica.
- Área 600: planta de pastas y depósito de jales filtrados.

Esta convención de áreas gobierna la totalidad de los apartados subsecuentes del presente Capítulo, incluida la localización de los recipientes dentro del arreglo general de la planta, la asignación de los sistemas de protección contra incendio y la definición de los nodos de proceso empleados en el análisis y evaluación de riesgos.

I.1.1.3. Inventario maestro de recipientes de almacenamiento y de proceso

El inventario maestro de los recipientes de almacenamiento y de proceso de la planta se presenta organizado por área de proceso, con su clave de identificación, descripción, cantidad, tipo constructivo, material de construcción y sustancia contenida.

Tabla 3: Inventario maestro de recipientes de almacenamiento y de proceso

Tag	Descripción	Cant.	Tipo	Material de construcción	Sustancia contenida

100-SL-001	Fine-Ore Bin (depósito de mineral fino)	1	Atmosférico	Acero al carbono A36	Mineral triturado (sólido)
200-TK-001	Tanque de acondicionamiento (flotación)	1	Atmosférico	Acero al carbono A36 revestido en caucho	Pulpa mineral y reactivos de flotación
200-TK-002	Espesador de concentrado	1	Atmosférico	Acero al carbono A36	Pulpa de concentrado sulfuroso
200-TK-003	Tanque de recuperación de solución	1	Atmosférico	Acero al carbono A36	Agua de proceso clarificada
300-TK-001	Tanque de compensación (Surge Tank)	1	Atmosférico	Acero inoxidable dúplex 2205	Pulpa de concentrado diluido
300-TK-002	Tanque primario de bio-oxidación (BIOX®)	4	Atmosférico	Acero inoxidable dúplex 2205	Pulpa ácida oxidante con consorcio bacteriano
300-TK-003	Tanque secundario de bio-oxidación (BIOX®)	4	Atmosférico	Acero inoxidable dúplex 2205	Pulpa ácida oxidante con consorcio bacteriano
300-TK-004	Espesador de lavado en contracorriente (CCD)	3	Atmosférico	Acero al carbono A36 revestido en caucho	Pulpa ácida y agua de lavado
300-TK-005	Tanque de neutralización	6	Atmosférico	Acero al carbono A36 revestido en caucho	Pulpa con carbonato de calcio y cal
300-TK-006	Tanque de acondicionamiento biológico (ASTER™)	1	Atmosférico	Acero al carbono A36 revestido en caucho	Pulpa con tiocianato y cianuro residual
300-TK-007	Reactor biológico aerobio (ASTER™)	1	Atmosférico	Acero al carbono A36 revestido en caucho	Pulpa con biomasa aerobia
300-TK-008	Clarificador biológico (ASTER™)	1	Atmosférico	Acero al carbono A36	Sobrenadante clarificado y lodo biológico
400-TK-001	Tanque de ajuste de pH	1	Atmosférico	Acero al carbono A36 revestido en caucho	Pulpa neutralizada y cal

400-TK-002	Tanque de cianuración CIL	5	Atmosférico	Acero al carbono A36 recubierto en epoxi	Pulpa cianurada alcalina y carbón activado
400-TK-003	Tanque de solución de cianuro de sodio (NaCN)	1	Atmosférico	Acero al carbono A36	Solución de NaCN al 25 % p/p
400-SL-001	Silo de cal viva (CaO)	1	Atmosférico	Acero al carbono A36	Cal viva a granel
500-V-001	Strip Vessel (recipiente de extracción de carbón)	1	Sujeto a presión	Acero al carbono SA-516-70 revestido interiormente	Carbón activado y solución de NaCN/NaOH caliente
500-TK-001	Tanque de destrucción de cianuro (INCO)	2	Atmosférico	Acero al carbono A36 revestido en caucho	Pulpa, metabisulfito de sodio y cal
500-TK-003	Acid Wash Vessel (recipiente de lavado ácido)	1	Atmosférico cerrado, con venteo a lavador de gases	Acero inoxidable 316L	Carbón activado y solución de HCl diluido
500-TK-004	Tanque de sosa cáustica (NaOH)	1	Atmosférico	Acero al carbono A36	Solución de NaOH al 50 % p/p
500-TK-005	Tanque de ácido clorhídrico (HCl)	1	Atmosférico	Plástico reforzado con fibra de vidrio (FRP)	Solución de HCl diluido
600-TK-001	Espesador de jales combinado	1	Atmosférico	Acero al carbono A36	Pulpa de jales destoxificada
600-SL-001	Silo de cemento (planta de pastas)	1	Atmosférico	Acero al carbono A36	Cemento a granel

I.1.1.4. Recipientes del circuito de oxidación biológica

Los tanques de bio-oxidación conforman un tren de ocho unidades, cuatro reactores primarios y cuatro secundarios, que sostienen en suspensión un consorcio de microorganismos aerobios responsable de la oxidación del concentrado sulfuroso previo a la cianuración.

Tabla 4: Características de diseño de los tanques de bio-oxidación (BIOX®)

Parámetro	**Especificación**
Tags	300-TK-002 (primarios) / 300-TK-003 (secundarios)
Cantidad total	8 (4 primarios y 4 secundarios)
Diámetro por altura	14.0 m x 15.2 m

Volumen geométrico unitario	2,340 m³
Material de construcción	Acero inoxidable dúplex 2205
Temperatura de diseño	60 °C
Presión de diseño	Atmosférica, con venteo libre continuo
Espesor de placa del curso inferior de la virola	9.5 mm de espesor comercial adoptado; el cálculo por el Método de un Pie de API 650 arroja 9.25 mm, con td = 4.9·D·(H-1)·G/(S·E) + CA, para D = 14.0 m, H-1 = 14.2 m, G = 1.15, S = 170 MPa, E = 0.85 y CA = 1.5 mm

Los dispositivos de seguridad instalados en estos recipientes son los siguientes.

- Sensores de nivel ultrasónico con alarma de alto nivel enclavados a las bombas de alimentación aguas arriba.
- Venteo atmosférico continuo integrado a la campana de captación de gases del área.
- Serpentín de enfriamiento con transmisor de temperatura y alarma de alta temperatura, interbloqueado a la dosificación de agua de enfriamiento.
- Regadera y lavaojos de emergencia en el área, por la naturaleza ácida de la pulpa contenida.

I.1.1.5. Recipientes del circuito de lixiviación y adsorción CIL

El tren de cianuración CIL estará conformado por cinco tanques en serie que sostienen simultáneamente la disolución de oro por cianuración y su adsorción sobre carbón activado.

Tabla 5: Características de diseño de los tanques de cianuración CIL

Parámetro	**Especificación**
Tag	400-TK-002
Cantidad	5 (en serie)
Diámetro por altura	7.2 m x 7.8 m
Volumen geométrico unitario	317.7 m³
Material de construcción	Acero al carbono A36 recubierto en epoxi
Temperatura de diseño	45 °C
Presión de diseño	Atmosférica, con venteo libre
Espesor de placa del curso inferior de la virola	5.0 mm, gobernado por el espesor mínimo de virola de API 650 para tanques de diámetro menor a 15 m. El valor calculado por el Método de un Pie, para D = 7.2 m, H-1 = 6.8 m, G = 1.70, S = 170 MPa y E = 0.85, resulta en 2.8 mm que, sumados a 1.5 mm de sobre-espesor por corrosión, quedan por debajo del mínimo normativo

Los dispositivos de seguridad instalados en estos recipientes son los siguientes.

- Sensores de nivel ultrasónico con alarma de alto nivel en cada tanque de la serie.
- Interbloqueo de pH bajo-bajo, con pH menor a 10.5, que produce el paro automático de la dosificación de cianuro de sodio conforme a la lógica de seguridad instrumentada del circuito de cianuración.
- Sistema de aireación bajo el agitador para mantenimiento del oxígeno disuelto.
- Regadera y lavaojos de emergencia en el área.

I.1.1.6. Recipientes del tren de elución y lavado de carbón

El tren de elución del carbón activado cargado opera mediante dos recipientes secuenciales: el recipiente de lavado ácido, que remueve incrustaciones inorgánicas del carbón, y el recipiente de extracción, que opera bajo el proceso Zadra a presión para desorber el oro adsorbido. El recipiente de extracción constituye el único recipiente sujeto a presión de la instalación y se rige por ASME BPVC Sección VIII División 1 y por la NOM-020-STPS-2011.

Tabla 6: Características de diseño del recipiente de extracción de carbón (Strip Vessel)

Parámetro	**Especificación**
Tag	500-V-001
Cantidad	1
Diámetro por altura	1.6 m x 4.7 m, con volumen aproximado de 9.5 m³
Capacidad de carbón por lote	3 toneladas
Material de construcción	Acero al carbono SA-516-70, revestido interiormente
Temperatura de diseño	150 °C
Presión de diseño (MAWP)	605 kPa manométricos
Espesor de placa calculado	8 mm de espesor comercial adoptado; el cálculo por ASME BPVC Sección VIII Div. 1, UG-27, arroja 6.5 mm, con t = P·R/(S·E - 0.6·P) + CA, para P = 0.605 MPa, R = 800 mm, S = 137 MPa, E = 1.0 y CA = 3 mm

Tabla 7: Características de diseño del recipiente de lavado ácido (Acid Wash Vessel)

Parámetro	**Especificación**
Tag	500-TK-003
Cantidad	1
Diámetro por altura	1.6 m x 4.0 m, con volumen aproximado de 8.0 m³
Capacidad de carbón por lote	3 toneladas
Material de construcción	Acero inoxidable 316L

Temperatura de diseño	50 °C
Presión de diseño	Atmosférica, con venteo hacia lavador de gases

Los dispositivos de seguridad instalados en estos recipientes son los siguientes.

- Válvula de seguridad del recipiente de extracción tarada en 605 kPa, con acumulación máxima admisible del 10 %, lo que sitúa la presión máxima de alivio en 665 kPa, en cumplimiento de la NOM-020-STPS-2011.
- La protección contra sobrepresión del recipiente de extracción se realizará exclusivamente mediante válvula de seguridad mecánica. No se instala disco de ruptura.
- Interbloqueo de temperatura con corte automático del sistema de calentamiento del recipiente de extracción.
- Manómetro local y transmisor de presión con alarma de alta presión en el recipiente de extracción.
- Venteo del recipiente de lavado ácido hacia lavador de gases dedicado, con sensor de nivel.

I.1.1.7. Tanques de preparación y almacenamiento de reactivos críticos

Los reactivos críticos del proceso, que son el cianuro de sodio, la sosa cáustica y el ácido clorhídrico, se almacenan y preparan en recipientes atmosféricos dedicados en recintos segregados entre sí: el cianuro de sodio en el almacén segregado del Área 400, y la sosa cáustica y el ácido clorhídrico en el Área 500. Se exceptúan el tanque de ajuste de pH y los tanques de destrucción de cianuro, ubicados en línea de proceso.

Tabla 8: Características de diseño de los tanques de reactivos críticos

Recipiente	Tag	Dimensiones y capacidad	Material de construcción	Condición de operación
Tanque de ajuste de pH	400-TK-001	2.3 m x 2.5 m	Acero al carbono A36 revestido en caucho	pH de consigna igual a 11, mediante dosificación continua de cal
Tanque de solución de cianuro de sodio	400-TK-003	3.9 m x 4.2 m, con volumen aproximado de 50 m³	Acero al carbono A36	Solución al 25 % p/p
Tanque de sosa cáustica	500-TK-004	2.9 m x 3.1 m, con volumen aproximado de 20 m³	Acero al carbono A36	Solución al 50 % p/p, con traceado térmico para prevenir cristalización
Tanque de ácido clorhídrico	500-TK-005	2.6 m x 2.8 m, con volumen aproximado de 15 m³	Plástico reforzado con fibra de vidrio (FRP)	Solución de HCl diluido
Tanques de destrucción de cianuro (INCO)	500-TK-001	2 unidades en serie de 4.3 m x 4.6 m, con	Acero al carbono A36 revestido en caucho	pH de 8.0 a 8.5, con catalizador de cobre a 5 ppm

		volumen aproximado de 66.8 m³ cada una		

Los dispositivos de seguridad instalados en estos recipientes son los siguientes.

- Interbloqueo de pH bajo-bajo en el tanque de ajuste de pH, con paro automático de la dosificación de cianuro de sodio a los tanques CIL.
- Doble contención y detector fijo de ácido cianhídrico en el área del tanque de solución de cianuro de sodio, con venteo hacia lavador de gases.
- Contención secundaria del tanque de ácido clorhídrico físicamente segregada de los tanques de cianuro de sodio y de sosa cáustica, con el fin de prevenir el contacto accidental entre ácido y cianuro en caso de derrame simultáneo, dado que dicha mezcla genera ácido cianhídrico en fase gaseosa.
- Interbloqueo de pH en los tanques de destrucción de cianuro, con ajuste automático de la dosificación de cal ante desviaciones fuera del rango de 8.0 a 8.5.
- Sensores de nivel ultrasónico con alarma de alto y bajo nivel en la totalidad de los tanques de reactivos.

I.1.1.8. Silos de almacenamiento de sólidos

Los sólidos a granel de mayor consumo en la planta, que son el mineral fino, la cal viva y el cemento, se almacenan en silos de acero al carbono equipados con sistemas de control de polvo y de nivel.

Tabla 9: Características de diseño de los silos de almacenamiento de sólidos

Silo	**Tag**	**Dimensiones**	**Capacidad**	**Material de construcción**
Fine-Ore Bin	100-SL-001	Estructura rectangular con tolva, de aproximadamente 14 m x 8 m x 12 m de altura	2,000 toneladas de capacidad viva	Acero al carbono A36
Silo de cal viva (CaO)	400-SL-001	4.0 m x 12.0 m	Volumen aproximado de 150.8 m³, equivalente a 143 toneladas con una densidad aparente de 0.95 t/m³	Acero al carbono A36
Silo de cemento	600-SL-001	4.0 m x 11.8 m	Volumen aproximado de 148 m³, equivalente a 207 toneladas con una densidad aparente de 1.40 t/m³	Acero al carbono A36

Los dispositivos de seguridad instalados en estos silos son los siguientes.

- Sensores de nivel alto y bajo en los tres silos, enclavados a los sistemas de alimentación.

- Filtros de mangas y válvulas de alivio de presión de polvo en los silos de cal viva y de cemento.
- Sistema anti-puente en el silo de cal viva.
- Sistema de supresión de polvo y paro de emergencia en los alimentadores del Fine-Ore Bin.

I.1.1.9. Sistemas de contención secundaria de los recipientes

La planta contará con sistemas de contención secundaria de concreto armado, dimensionados conforme al criterio del 110 % del volumen del recipiente de mayor capacidad de cada área, en cumplimiento del Código Internacional para el Manejo del Cianuro.

El dique de contención del tren de tanques de cianuración CIL tiene una capacidad de 349.5 m³, equivalente al 110 % del volumen del tanque de mayor capacidad del área, que es de 317.7 m³.

El dique de contención del tanque de solución de cianuro de sodio tendrá una capacidad de 55 m³, equivalente al 110 % del volumen de dicho tanque, que es de 50 m³. El tanque de ácido clorhídrico cuenta con un dique de contención independiente, con una capacidad de 16.5 m³, equivalente al 110 % de su volumen, que es de 15 m³.

Los diques de contención estarán construidos en concreto armado con recubrimiento interior químicamente resistente, cuentan con sumidero de recuperación de derrames y bombeo de retorno al proceso, y se mantienen físicamente segregados entre las áreas de reactivos ácidos y alcalinos. El diseño civil, los materiales, las dimensiones y las capacidades volumétricas de la totalidad de los diques de la instalación se desarrollan en el apartado I.3.2 del presente Capítulo.

I.1.2. Proyecto mecánico

El proyecto mecánico de la instalación comprende los equipos de proceso y auxiliares que materializan el circuito metalúrgico, sus características técnicas y de diseño, y la lógica de control y de enclavamiento que gobierna su operación. El presente apartado consigna, área por área, los equipos principales con sus dimensiones, potencias instaladas, materiales y condiciones de servicio, y desarrolla a continuación los modos de operación, las secuencias de arranque y paro, los lazos de regulación y la matriz de enclavamientos críticos de seguridad de la planta.

I.1.2.1. Bases del diseño mecánico del circuito

El mineral del Proyecto es un mineral aurífero refractario, cuyo oro se encuentra ocluido en una matriz sulfurosa que impide su disolución directa por cianuración. El 38 % del oro contenido se encuentra encapsulado en sulfuros de hierro, arsenopirita y pirita arsenical. En consecuencia, el circuito integrará cinco nodos metalúrgicos encadenados, cada uno con su propia dotación de equipos y su propia lógica de control: molienda, flotación de sulfuros, oxidación biológica, lixiviación por cianuración con adsorción en carbón y destrucción de cianuro. La interdependencia de estos nodos exigirá que el proyecto mecánico administre el balance de masa y las transiciones entre etapas, dado que la falla de un nodo aguas arriba se propagará aguas abajo.

El diseño de los equipos perseguirá tres objetivos jerárquicos, en estricto orden de prioridad: primero, la seguridad del personal y la protección ambiental; segundo, la integridad de los equipos; y tercero, la recuperación metalúrgica y la eficiencia operativa. Ante cualquier conflicto, la lógica de control resolverá siempre en favor del objetivo de mayor jerarquía.

La planta se diseñará para una capacidad nominal de tratamiento de 2,000 toneladas por día, con un plan de mina de 365 días de operación anual y una producción de hasta 730,000 toneladas por

año de material mineral a partir del segundo año. La densidad relativa del mineral es de 2.7. La disponibilidad general de diseño de la planta será del 92 %, y las disponibilidades de trituración primaria y secundaria serán del 75 % para ambas etapas. La recuperación global de oro de diseño será del 90 %, sobre una ley de cabeza promedio de diseño de 5.4 g Au/t, 2.59 % de azufre sulfuroso y 1.74 % de arsénico.

I.1.2.2. Equipos de conminución, clasificación y concentración gravimétrica

La trituración primaria se realizará en subsuelo mediante una trituradora de quijada Metso C106 o equivalente, con abertura de 1,067 x 711 mm y motor de 75 kW. La alimentación de diseño será F80 igual a 300 mm, el producto P80 igual a 80 mm, y el índice de trabajo de trituración Bond es de 13 kWh/t. El mineral triturado se transferirá a una tolva de regulación y de ahí a la banda transportadora principal subterránea, que se conectará con la instalación de procesamiento y con el patio de almacenamiento en superficie.

En superficie, el mineral alimentará el circuito de trituración secundaria mediante una criba secundaria. El sobretamaño fluirá hacia una trituradora de cono Metso HP200e o equivalente y el producto retornará a la criba para cerrar el circuito. El producto de diseño de la trituración secundaria será P80 igual a 13 mm. El fino de criba secundaria se transportará hacia el depósito de mineral fino, de 2,000 toneladas de capacidad viva. La supresión de polvo se realizará mediante rociado de agua en la tolva de descarga de la trituradora primaria, en la trituradora de quijada y en los puntos de descarga de los alimentadores.

La molienda se realizará en un molino de bolas en circuito cerrado con un conjunto de hidrociclones. El molino tendrá dimensiones de 5.0 m de diámetro por 7.9 m de longitud efectiva de molienda y será accionado por un motor de velocidad fija de 3,356 kW, equivalentes a 4,500 hp. El molino descargará por gravedad a un sumidero que alimentará, mediante una de dos bombas de pulpa de 75 kW, una en operación y una en espera, con variadores de frecuencia de media tensión, al conjunto de hidrociclones. El bajoflujo retornará por gravedad al molino y el rebose, que constituirá el producto final del circuito con P80 igual a 160 µm, alimentará el circuito de flotación. El índice de trabajo Bond de bolas en su percentil 80 es de 22.1 kWh/t, con un índice de abrasión promedio de 0.397 g.

Una fracción del bajoflujo del hidrociclón se derivará a concentración gravimétrica mediante concentradores centrífugos de dos etapas, con enriquecimiento final en mesa vibratoria en la refinería. El 40 % del oro contenido será recuperable por esta vía; el diseño tratará el 36 % de la carga circulante en la sección gravimétrica, lo que corresponderá al 20 % del oro total recuperado por este circuito. Los jales de la operación gravimétrica retornarán al chute de alimentación del molino de bolas junto con el bajoflujo del ciclón.

El circuito de remolienda del Área 100 recibirá el concentrado espesado de flotación y operará con un molino de 355 kW dotado de su propio clúster de ciclones, que reducirá el material hasta un P80 igual a 25 µm, tamaño requerido para la liberación de sulfuros antes de la oxidación biológica.

I.1.2.3. Equipos de flotación, espesamiento y filtración

La flotación rougher se realizará en un banco de 6 celdas de 70 m³ cada una, con un tiempo mínimo de residencia de diseño de 55 minutos sobre una pulpa de 30 % de sólidos y una retención de aire de diseño del 15 %. Cada celda será accionada por un motor de 75 kW mediante reductor de engranajes, y el aire de flotación se suministrará mediante un soplador de 150 kW. Previo a las celdas operará un tanque de acondicionamiento de 8 m³. Los sulfuros se flotarán a su pH natural, dosificando amil-xantato de potasio como colector, sulfato de cobre como activador, un espumante

y un promotor complementario para mejorar la recuperación de oro. La flotación considerará recuperaciones de diseño de 95 % de oro, 96 % de azufre sulfuroso y 97 % de arsénico.

El concentrado de flotación se deshidratará en un espesador de alta velocidad de 9 m de diámetro hasta 55 % de sólidos, con adición de floculante, y se transportará mediante dos bombas de bajoflujo de 7.5 kW con variador de frecuencia y caudal nominal máximo de 37 m³/h. El sobreflujo se bombeará al tanque de recuperación de solución mediante dos bombas centrífugas horizontales de 7.5 kW con caudal nominal de 35 m³/h. El área contará con contención de concreto, mediante losa sobre el terreno y muros, con sumidero de retorno al proceso.

Los jales de flotación no ingresarán al circuito de cianuración. Se dividirán en dos corrientes: una hacia un espesador de alta velocidad de 12 m de diámetro que alimentará la planta de pasta, y el remanente hacia un espesador de alta velocidad de 15 m de diámetro, combinado con los residuos de lixiviación CIL y de neutralización del licor de bio-oxidación, hasta alcanzar de 50 a 55 % de sólidos. Los bajoflujos de ambos espesadores se tratarán mediante tres filtros prensa de tamaño idéntico, con un filtro dedicado a cada corriente y un tercero de respaldo.

I.1.2.4. Equipos del circuito de oxidación biológica, lavado en contracorriente y neutralización

El bajoflujo del espesador de concentrado se bombeará a un tanque de compensación agitado de 11.5 m de diámetro por 12.1 m de altura, mediante una bomba de velocidad variable con unidad de respaldo. La dilución de la pulpa se ajustará automáticamente mediante inyección de agua de proceso, con medición de caudal másico por flujómetro magnético y densitómetro en línea.

La sección de bio-oxidación constará de 4 reactores primarios operando en paralelo, de 14 m de diámetro por 15.2 m de altura cada uno, que desbordarán hacia 4 reactores secundarios de igual dimensión operando en serie. Los reactores estarán construidos en acero inoxidable dúplex, por la naturaleza ácida y corrosiva de la pulpa de proceso, e incorporarán regaderas de emergencia a nivel de piso y sobre los reactores. La temperatura de la pulpa se controlará mediante serpentines de enfriamiento internos alimentados con agua de torre de enfriamiento. El aire soplado se suministrará a baja presión mediante anillos de burbujeo bajo las turbinas agitadoras, y se enfriará antes de su inyección. Un sistema de pulverización aplicará solución antiespumante diluida sobre la superficie de los reactores; su dosificación se regulará mediante la tasa de adición de la solución antiespumante concentrada y el caudal volumétrico de solución diluida enviado a cada reactor.

El producto oxidado del último reactor secundario fluirá por gravedad al primer tanque de mezcla entre etapas del circuito de decantación en contracorriente, compuesto por tres espesadores en serie con tanques de mezcla inter-etapa agitados, con adición de floculante en cámara de alimentación y en tanque de mezcla. El sobreflujo del primer espesador se bombeará, vía tanque de sobreflujo, hacia el circuito de neutralización; el bajoflujo avanzará en contracorriente con agua de lavado hasta el tercer espesador, de 12 m de diámetro, cuyo bajoflujo se bombeará al tanque de ajuste de pH.

La neutralización se realizará en un tren de 6 tanques en serie, agitados y aireados, de 6.5 m de diámetro por 7.1 m de altura, construidos en acero al carbono revestido en caucho. Dos bombas de reciclaje extraerán efluente de los tanques tercero o cuarto para recircularlo al primero. El área contará con regaderas de emergencia y un sumidero de derrames con retorno bombeado al circuito.

El sistema biológico complementario para el tratamiento de tiocianato y cianuro libre residual estará conformado por un tanque de acondicionamiento de 3.2 m de diámetro por 3.4 m de altura, un reactor biológico aerobio de 9.0 m de diámetro por 9.8 m de altura dotado de sopladores de aire y dosificación de nutrientes, y un clarificador de sedimentación de 7.6 m de diámetro con una

profundidad de pared lateral de 3.5 m y recirculación de lodos biológicos al reactor. El circuito tendrá capacidad de diseño para tratar corrientes con concentraciones de hasta 4 g/L de tiocianato y 50 mg/L de cianuro libre, y reducirá las concentraciones de cianuro y de tiocianato a niveles inferiores a 1 mg/L en operación continua.

I.1.2.5. Equipos del circuito de ajuste de pH y de cianuración

El tanque de ajuste de pH tendrá un diámetro de 2.3 m y una altura de 2.5 m, y estará construido en acero al carbono revestido en caucho. Sobre él actuará un lazo de control cerrado dedicado que sostendrá su salida en una consigna estricta de pH 11, la cual proveerá un margen de 0.5 unidades respecto del umbral crítico de 10.5 por debajo del cual se disparará el enclavamiento de corte de cianuro.

La lixiviación de cianuro se realizará en 5 tanques agitados en serie, de 7.2 m de diámetro por 7.8 m de altura cada uno, construidos en acero al carbono recubierto de epoxi, con un volumen instalado total de 1,588 m³. Cada tanque contará con dosificación individual de cianuro de sodio y de lechada de cal, y con aireación mediante tubería bajo un cono invertido situado directamente bajo cada agitador. El tiempo de residencia de diseño será de 24 horas, con un rango de sólidos de diseño de 40 a 45 %. Tras la lixiviación, el carbón activado cargado se separará mediante una criba de carbón cargado y se enviará a la planta de manejo de carbón.

I.1.2.6. Equipos de elución, refinería y destrucción de cianuro

El carbón cargado se lavará con una solución diluida de ácido clorhídrico en un recipiente de lavado ácido con capacidad de 3 toneladas de carbón por lote, se enjuagará y se bombeará al tanque de extracción, un recipiente sujeto a presión con capacidad de extracción de 3 toneladas de carbón por lote. El proceso seguirá el procedimiento Zadra a presión: una solución caliente de cianuro y cáustico, con 0.15 % de cianuro y 1.25 % de cáustico, se pondrá en contacto con el lecho de carbón a una tasa de 2 volúmenes de lecho por hora, introducida por el fondo del lecho y rebosando por la parte superior a través de mallas cilíndricas.

La solución cargada de oro se enviará a las celdas de electrodeposición mediante un intercambiador de calor. El oro se depositará electrolíticamente sobre cátodos de acero inoxidable, con una capacidad instalada de 2 celdas de 125 pies cúbicos cada una. Los cátodos cargados se lavarán a presión y el lodo resultante se filtrará en un filtro prensa de placas y marcos; el residuo filtrado se secará en retortas, con recuperación de mercurio, y se fundirá en horno basculante para obtener lingotes de doré.

El carbón agotado se deshidratará y se alimentará a un horno de reactivación térmica equipado con su propio lavador de gases. El carbón reactivado pasará por una criba de clasificación de tamaño y se distribuirá entre el tanque de finos de carbón, con filtro de finos dedicado, y los tanques de retención de carbón nuevo y de carbón agotado, además de un tanque de atrición de carbón. El horno de reactivación no operará por encima de 850 °C, límite que preservará la integridad estructural del carbón activado.

La totalidad de los puntos de generación de vapores ácidos o corrosivos del área, que son el lavado ácido, el tanque de extracción, el horno de reactivación de carbón y un lavador de gases adicional en la refinería previo a un extractor con filtro de mangas, contarán con sistemas de extracción y lavado de gases.

La destrucción de cianuro se realizará en dos tanques de destoxificación agitados operando en serie, de 4.3 m de diámetro por 4.6 m de altura cada uno, construidos en acero al carbono revestido en

caucho, con un tiempo de residencia total de diseño de 2 horas. Los jales de lixiviación ingresarán a una caja de alimentación donde se dosificarán sulfato de cobre y metabisulfito de sodio.

I.1.2.7. Equipos de la planta de pastas y del depósito de jales filtrados

La pulpa destoxificada rebosará a una caja de descarga y se bombeará al espesador de jales combinado, de 15 m de diámetro, donde se combinará con los jales de flotación no destinados a la planta de pasta y con los residuos de neutralización, hasta alcanzar de 50 a 55 % de sólidos. Del flujo total espesado, el 50 % se dirigirá a la planta de pasta, donde se mezclará con cemento para producir relleno de pasta estructural bombeado hacia las labores subterráneas, y el 50 % restante se filtrará y se transportará hacia la instalación superficial de almacenamiento de jales filtrados. Las áreas de neutralización y destoxificación contarán con losas de contención de concreto, muros y sumideros con bombeo de retorno al proceso.

I.1.2.8. Modos de operación de las secuencias del proceso

Cada secuencia y cada lazo de control de la planta operará bajo uno de tres modos seleccionables, que determinan el grado de automatización y el nivel de supervisión requerido. La selección del modo se realizará desde la estación de operación, con niveles de acceso diferenciados por credencial.

Tabla 10: Modos de operación de las secuencias del proceso

Modo	Descripción	Aplicación
Automático interlocutado	Secuencias autónomas gobernadas por lazos cerrados, con enclavamientos activos y con autoridad de disparo. Ninguna acción del operador puede anular un enclavamiento en este modo.	Producción normal continua.
Manual interlocutado	Comando directo de los elementos finales de control por el operador desde la estación de operación, con enclavamientos activos.	Puesta en servicio, pruebas funcionales de lazo y operación transitoria supervisada.
Local	Comando a pie de equipo bajo procedimiento de bloqueo y etiquetado, con el equipo aislado de las secuencias automáticas y con permisivos que impiden su arranque remoto.	Mantenimiento con el equipo fuera de proceso.

I.1.2.9. Secuencias de arranque, operación continua y paro

El arranque de la planta se ejecuta en sentido inverso al flujo del proceso, es decir, desde el nodo más aguas abajo hacia el más aguas arriba. Esta secuencia garantiza que cada nodo se encuentre listo para recibir material antes de que el nodo precedente comience a alimentarlo, lo que evita el embotellamiento de pulpa, el desborde de tanques y la acumulación de material sin tratar en etapas de riesgo ambiental. El circuito de destrucción de cianuro se arranca en primer lugar y de forma prioritaria, porque constituye la última barrera de protección ambiental: ningún nodo que genere o contenga cianuro puede alimentarse hasta que el sistema de destrucción esté confirmado en operación y con capacidad de tratar las colas.

Tabla 11: Secuencia lógica de arranque de la planta

Orden	Nodo o etapa	Permisivo para habilitar el nodo aguas arriba
1	Destrucción de cianuro (INCO)	Reactores INCO en nivel de operación, suministro de aire y de metabisulfito de sodio confirmado, pH en rango y espesador de jales disponible.
2	Cianuración CIL y ajuste de pH	Tanque de ajuste de pH estabilizado a pH 11, tren CIL en nivel, carbón en circuito y enclavamiento de pH bajo habilitado antes de dosificar cianuro de sodio.
3	Oxidación biológica y neutralización	Reactores de bio-oxidación en temperatura y pH de operación, sistema de enfriamiento disponible, y neutralización y lavado en contracorriente en servicio.
4	Flotación de sulfuros	Circuito de flotación en nivel, dosificación de reactivos disponible y espesador de concentrado en servicio.
5	Molienda	Molino listo, clasificación en operación y agua de proceso disponible. El arranque del molino habilita la alimentación de mineral fresco al circuito.

El paro programado se ejecuta en el sentido del flujo del proceso, desde aguas arriba hacia aguas abajo. Primero se detiene la alimentación de mineral fresco a la molienda y a continuación se apaga cada nodo conforme el material en tránsito lo va desalojando. Este orden asegura que todo el inventario de pulpa cianurada sea procesado por la destrucción de cianuro antes de detener la planta, de modo que no permanezca material con cianuro activo fuera de contención. El circuito de destrucción de cianuro es siempre el último nodo en detenerse. Los reactores de bio-oxidación mantienen su control térmico y su aireación durante el paro para preservar la viabilidad de los cultivos bacterianos.

El paro de emergencia es una acción instantánea e independiente de la secuencia de paro programado, que lleva la planta o el nodo afectado a un estado seguro ante una condición de riesgo inminente para el personal, el ambiente o los equipos. El sistema se estructura en niveles jerárquicos, de modo que la respuesta sea proporcional al alcance de la emergencia y se eviten paros totales innecesarios que induzcan derrames por transitorios. En todos los niveles, el sistema de destrucción de cianuro y los sistemas de contención permanecen energizados, y las válvulas de dosificación de cianuro de sodio fallan a posición cerrada. El rearranque exige el reconocimiento del evento, la verificación de la causa raíz y la reposición manual de los permisivos de seguridad; el sistema no admite rearranque automático.

Tabla 12: Niveles de paro por emergencia

Nivel	Denominación	Alcance de la acción automática	Rearranque
ESD-1	Paro de lazo o equipo	Detención del equipo o lazo afectado y desvío de su alimentación a contingencia. El resto de la planta continúa en operación.	Manual, tras reponer el permisivo del equipo.
ESD-2	Paro de nodo metalúrgico	Detención del nodo completo con aislamiento de su alimentación y de su descarga. Los nodos aguas abajo procesan el inventario en tránsito.	Manual, tras verificar la causa raíz del nodo.
ESD-3	Paro total de planta	Detención de todas las secuencias de proceso y cierre de la dosificación de reactivos peligrosos. La destrucción de cianuro y la contención permanecen activas.	Manual, con reposición completa de permisivos y autorización de sala de control.

I.1.2.10. Lazos de control de regulación por nodo metalúrgico

El control de la molienda se anclará en el tonelaje de mineral fresco medido por la báscula de banda de la alimentación. La lógica de control mantiene el porcentaje de sólidos de la descarga del molino mediante la adición proporcional de agua: el lazo de flujo de agua recibe su consigna del tonelaje instantáneo, de modo que toda variación en la alimentación de mineral se traduce de inmediato en un ajuste del agua, sosteniendo constante la densidad de pulpa hacia la clasificación. Un lazo de densidad en la alimentación a los hidrociclones corrige de forma fina el punto de operación y garantiza el corte granulométrico requerido por la flotación. En la flotación, la dosificación de reactivos se controla en proporción al flujo de pulpa de alimentación, manteniendo constante la relación reactivo-mineral definida por la metalurgia.

Tabla 13: Lazos de control de molienda y flotación

Lazo de control (variable controlada)	Elemento final de control	Consigna o acción
Tonelaje de mineral fresco	Alimentador de banda	Sostiene la capacidad nominal de la planta y genera la consigna de los lazos aguas abajo.
Flujo de agua a molienda	Válvula moduladora de agua	Consigna proporcional al tonelaje para sostener el porcentaje de sólidos.
Densidad de pulpa en la alimentación a ciclones	Válvula de agua de dilución	Corrige el punto de corte granulométrico.

Dosificación de colector	Bomba dosificadora de amil-xantato de potasio	Relación g/t constante en función del flujo de alimentación.
Dosificación de activador	Bomba dosificadora de sulfato de cobre	Relación g/t constante en función del flujo de alimentación.

La oxidación biológica de los sulfuros es una reacción fuertemente exotérmica. El consorcio de microorganismos que la sostiene opera dentro de una ventana térmica estrecha; por encima de ella la actividad bacteriana se degrada y el cultivo puede colapsar de forma irreversible. Por ello el control térmico de los reactores de bio-oxidación es el lazo más crítico del nodo y opera de forma continua sobre cada uno de los ocho reactores. Cada reactor cuenta con un lazo de control de temperatura que monitorea la temperatura de la pulpa y modula la válvula de paso del agua de enfriamiento hacia los serpentines internos. Los reactores primarios, donde la carga de sulfuros y por tanto la generación de calor es mayor, operan con mayor demanda de enfriamiento que los secundarios.

Tabla 14: Lazos de control de bio-oxidación

Lazo de control (variable controlada)	**Elemento final de control**	**Rango o acción de control**
Temperatura de pulpa en reactores primarios	Válvula de agua de enfriamiento del serpentín	Sostiene el rango térmico bacteriano y abre el enfriamiento al exceder el límite.
Temperatura de pulpa en reactores secundarios	Válvula de agua de enfriamiento del serpentín	Sostiene el rango térmico bacteriano y abre el enfriamiento al exceder el límite.
pH del circuito ácido de bio-oxidación	Adición dosificada de pulpa de piedra caliza	Sostiene la acidez de operación del consorcio.
Oxígeno disuelto	Soplador y válvula de aire	Sostiene el oxígeno disuelto que requiere la respiración bacteriana.

El tanque de ajuste de pH es el punto de control de seguridad que acondiciona la pulpa antes de su ingreso al circuito de cianuración. Su función es garantizar una alcalinidad estricta que impida la formación de ácido cianhídrico gaseoso al dosificar el cianuro de sodio en el tren CIL. El sensor de pH del tanque regula, mediante un controlador dedicado, la válvula moduladora de dosificación de lechada de cal. El lazo es de acción proporcional-integral y ajusta de forma continua la apertura de la válvula de cal ante cualquier caída de alcalinidad. Este lazo constituye la primera línea de defensa del control de pH; el enclavamiento de seguridad constituye la segunda línea, con autoridad para cortar la dosificación de cianuro si el pH desciende por debajo del umbral crítico. La consigna se mantiene con prioridad absoluta: ante una demanda de cal superior a la capacidad instantánea de la válvula, la lógica de control detiene el avance de la pulpa hacia la cianuración antes que permitir el ingreso de material con alcalinidad insuficiente.

El control del circuito de cianuración se articulará en dos lazos: la dosificación de cianuro y el control de nivel del tren de tanques. La dosificación de solución de cianuro de sodio se realiza en el primer tanque CIL, donde un lazo de flujo ajusta la bomba dosificadora para sostener la concentración de cianuro libre requerida por la cinética de disolución del oro. El control de nivel del tren previene el sobrellenado y el rebose de pulpa cianurada: cada tanque cuenta con un lazo de nivel que gobierna

el flujo de trasiego hacia el tanque siguiente por rebose gravitacional, y con enclavamientos de nivel alto-alto que detienen la alimentación aguas arriba antes de que el nivel alcance la cota de derrame.

El circuito de destrucción de cianuro es la barrera final de protección ambiental, y su control se basa en la lectura analítica del cianuro y en el balance con el flujo de colas. Un analizador de cianuro disociable en ácido débil mide la concentración residual y regula, en lazo cerrado, la dosificación de metabisulfito de sodio y el suministro de aire a los reactores. El control coordina la dosificación de metabisulfito con la de cal, para sostener el pH del circuito en el rango que optimiza la reacción de destrucción, y con el catalizador de cobre. El aire se administra en exceso controlado para garantizar la oxidación completa del cianuro. Ante una lectura de cianuro por encima del objetivo, el sistema retiene las colas y escala la dosificación antes de permitir la descarga.

Tabla 15: Lazos de control de ajuste de pH, cianuración y destrucción de cianuro

Nodo y variable controlada	Elemento final de control	Consigna o criterio
Ajuste de pH: pH de salida del tanque	Válvula moduladora de lechada de cal	Consigna estricta de pH 11.
Cianuración: dosificación de cianuro de sodio en el primer tanque	Bomba dosificadora de cianuro de sodio	Sostiene la concentración de cianuro libre de trabajo.
Cianuración: nivel de pulpa en los cinco tanques	Trasiego por rebose y alimentación aguas arriba	Nivel de operación estable que evita el sobrellenado.
Destrucción: cianuro disociable en ácido débil residual en colas	Consigna de dosificación de metabisulfito y de aire	Concentración por debajo del objetivo de descarga.
Destrucción: dosificación de metabisulfito de sodio	Bomba dosificadora de metabisulfito	Proporcional al flujo de colas y a la carga de cianuro.
Destrucción: suministro de aire a reactores	Válvula y soplador de aire	Exceso controlado para oxidación completa.

I.1.2.11. Lógica de enclavamientos de proceso

Los enclavamientos de proceso constituyen la capa de protección automática independiente de los lazos de control de regulación. Actúan de forma inmediata ante desviaciones críticas, llevando el equipo o el nodo afectado a un estado seguro sin intervención del operador y sin posibilidad de anulación en modo automático interlocutado. Los enclavamientos se diseñan bajo el principio de falla segura: ante pérdida de señal, de aire de instrumentos o de energía, los elementos finales adoptan la posición que protege al personal y al ambiente, y las válvulas de dosificación de cianuro fallan cerradas.

De los enclavamientos recogidos en la matriz, tres gobiernan las desviaciones de mayor consecuencia ambiental: el corte de cianuro por pH bajo en cianuración, el desvío de pulpa ácida ante falla de la neutralización, y el paro de bombas de alimentación por nivel alto-alto en los tanques. Los tiempos de retardo asignados a cada enclavamiento discriminan entre transitorios instrumentales y desviaciones reales, lo que evita disparos espurios sin comprometer la velocidad de respuesta.

Tabla 16: Matriz de enclavamientos críticos de seguridad

Variable o desviación	Condición de disparo	Retardo	Acción automática
pH en cianuración	pH menor a 10.5 en el tanque de ajuste o en el primer tanque CIL	30 s	Corte inmediato de las bombas dosificadoras de cianuro de sodio. La dosificación de cal permanece activa. Alarma crítica con reconocimiento obligatorio.
Neutralización fallida	pH de la pulpa neutralizada fuera del rango de seguridad	60 s	Desvío automático de la pulpa ácida a tanque de contingencia y bloqueo del avance hacia cianuración.
Nivel alto-alto en tanques	Nivel de pulpa superior al 90 % de la altura útil en cianuración, bio-oxidación, neutralización y destrucción	Inmediato	Paro de las bombas de alimentación aguas arriba del tanque afectado y apertura de desvío a contingencia.
Temperatura alta en bio-oxidación	Temperatura de pulpa sostenida por encima del límite bacteriano	300 s	Apertura total de enfriamiento y escalamiento a corte de alimentación del reactor.
Alta presión en el recipiente de extracción de carbón	Presión superior a 605 kPa manométricos	Inmediato	Apertura de válvula de seguridad y corte del sistema de calentamiento.
Cianuro alto en colas	Cianuro disociable en ácido débil por encima del objetivo de descarga	Condicional por analítica	Retención de colas, incremento de dosificación de metabisulfito y de aire, y bloqueo de la descarga al espesador.

I.1.3. Proyecto del sistema contra incendios

El sistema de protección contra incendio de la instalación se integra por cuatro capas complementarias: los extintores portátiles y móviles que constituyen la respuesta de primera intervención, la red de agua a presión con su reserva dedicada y su equipo de bombeo redundante, los sistemas fijos de detección y supresión asignados por recinto según su riesgo gobernante, y los sistemas auxiliares de alerta, alarma y telecomunicaciones de emergencia. El presente apartado desarrolla la memoria técnica descriptiva y justificativa de cada una de estas capas.

I.1.3.1. Escenario de incendio de diseño y bases del dimensionamiento

El dimensionamiento de la totalidad del sistema se ancla en un escenario de incendio único de consecuencia máxima creíble, sin concurrencia de eventos independientes. El área gobernante de la demanda es el Área 500 de elución, refinería y reactivación de carbón, por concentrar de forma simultánea fuentes de calor directo, combustible de hornos y equipo eléctrico de potencia.

Tabla 17: Bases de diseño hidráulico del sistema contra incendios

Parámetro de diseño	Valor adoptado	Función que gobierna
Escenario de incendio de diseño	Incendio único de consecuencia máxima creíble, sin concurrencia de eventos independientes	Base de todo el dimensionamiento
Área gobernante	Elución, refinería y reactivación de carbón (Área 500)	Ubicación de la demanda máxima
Demanda hidráulica total	1,500 gpm, equivalentes a 341 m³/h	Capacidad de bombas y del anillo
Aporte de monitores fijos	2 unidades de 500 gpm, para un total de 1,000 gpm	Ataque a distancia y refrigeración
Aporte de chorros de manguera	2 unidades de 250 gpm, para un total de 500 gpm	Ataque directo desde hidrantes
Duración de diseño	2 horas continuas	Volumen de la reserva dedicada
Presión estática de la red	125 psi, equivalentes a 8.6 bar	Presurización permanente del anillo
Presión dinámica mínima en el punto más desfavorable	65 psi (4.5 bar) a demanda plena; 100 psi (6.9 bar) en posiciones de monitor fijo	Desempeño de monitores y mangueras
Velocidad máxima de circulación en la troncal	3.0 m/s, equivalentes a 10 ft/s	Selección de diámetros
Redundancia de bombeo	100 % mediante accionamiento diésel independiente	Disponibilidad ante falla eléctrica

I.1.3.2. Cantidad y capacidad de extintores

La asignación de agentes extintores responde a la clase de fuego presente en cada emplazamiento de la instalación. La clase D no resulta aplicable al inventario del proyecto, por lo que no se asigna agente para metales combustibles.

Tabla 18: Clases de fuego, agentes extintores y aplicación en la instalación

Clase	Combustible característico	Agente asignado	Emplazamiento en la instalación
A	Sólidos ordinarios con formación de brasa: madera, papel, cartón, textiles y carbón activado	Polvo químico seco tipo ABC	Almacén general, oficinas, laboratorio, taller, galerías de bandas y manejo de carbón
B	Líquidos y gases inflamables y combustibles	Polvo químico seco tipo ABC y bióxido de carbono	Combustible de hornos, generadores diésel, estación de combustible, aceites hidráulicos y aceite dieléctrico

Clase	Combustible característico	Agente asignado	Emplazamiento en la instalación
C	Equipo eléctrico energizado	Bióxido de carbono y agente limpio halocarbonado	Salas eléctricas, Cuarto de Control Central, centros de control de motores, subestación y celdas de electrodeposición
K	Aceites y grasas de cocción	Agente húmedo de saponificación	Área de preparación de alimentos exclusivamente
D	No aplicable al inventario del proyecto	No se asigna	No aplica

El emplazamiento de las unidades se gobierna por la distancia máxima de recorrido efectivo desde cualquier punto ocupado hasta el extintor más próximo, medida sobre rutas reales de circulación y no en línea recta.

Tabla 19: Distancias máximas de recorrido por nivel de riesgo

Nivel de riesgo	Distancia máxima	Áreas de aplicación	Criterio determinante
Ligero	25 m	Oficinas administrativas, sala de juntas y áreas de servicio	Carga de fuego reducida y ocupación permanente
Ordinario	20 m	Áreas 100, 200, 300, 400 y 600, almacén general y laboratorio	Carga de fuego moderada de sólidos y equipo
Alto	15 m	Área 500, subestación, estación de combustible y taller	Presencia de líquidos combustibles y fuentes de calor
Líquidos inflamables	15 m	Almacenamiento y líneas de combustible de hornos y generadores	Rige sobre la clasificación general del área
Verificación	Recorrido efectivo en campo	Toda la instalación	Se mide sobre rutas reales, no en línea recta

El inventario consolidado de la instalación asciende a 153 unidades distribuidas por área de proceso y por tipo de agente.

Tabla 20: Inventario maestro consolidado de extintores por área

Área o instalación	PQS 9 kg	PQS 4.5 kg	CO_2 4.5 kg	Limpio 5 kg	Móvil PQS	Móvil CO_2	Clase K 6.0 L	Total
Área 100 — Trituración, molienda y gravimetría	12	4	4	—	—	—	—	20

Área o instalación	PQS 9 kg	PQS 4.5 kg	CO_2 4.5 kg	Limpio 5 kg	Móvil PQS	Móvil CO_2	Clase K 6.0 L	Total
Área 200 — Flotación y espesamiento	10	2	2	—	—	—	—	14
Área 300 — Bio-oxidación, CCD, neutralización y ASTER	14	2	2	—	—	—	—	18
Área 400 — Ajuste de pH, cianuración CIL y reactivos	12	4	3	—	—	—	—	19
Área 500 — Elución, refinería, hornos y Cuarto de Control Central	8	2	8	6	4	2	—	30
Área 600 — Planta de pastas y jales filtrados	8	2	2	—	—	—	—	12
Instalaciones auxiliares y servicios	20	8	6	2	2	—	2	40
Total general	84	24	27	8	6	2	2	153

Tabla 21: Especificación técnica de las unidades por tipo de agente

Tipo de unidad	Agente	Capacidad de carga	Potencial de extinción	Emplazamiento característico
Portátil de alta capacidad	Polvo químico seco ABC	9.0 kg	4A:80B:C	Áreas de proceso y almacén general
Portátil estándar	Polvo químico seco ABC	4.5 kg	2A:20B:C	Plataformas, escaleras y cuartos menores
Portátil dieléctrico	Bióxido de carbono	4.5 kg	10B:C	Salas eléctricas y tableros de campo

Tipo de unidad	Agente	Capacidad de carga	Potencial de extinción	Emplazamiento característico
Portátil de agente limpio	Halocarbonado sin residuo	5.0 kg	2A:10B:C	Cuarto de Control Central, sala de equipos y cuartos de control
Móvil sobre ruedas	Polvo químico seco ABC	50 kg	20A:160B:C	Hornos y almacenamiento de combustible
Móvil sobre ruedas	Bióxido de carbono	22.7 kg	20B:C	Refinería y celdas de electrodeposición
Portátil de cocina	Agente húmedo de Clase K	6.0 L	K	Área de preparación de alimentos

Tabla 22: Programa de inspección, mantenimiento y verificación de extintores

Actividad	Periodicidad	Alcance de la verificación	Registro y consecuencia
Revisión de disponibilidad	Mensual	Presencia, accesibilidad, presión, sello, integridad y señalización	Bitácora, con retiro y reposición inmediata ante no conformidad
Verificación reforzada de corrosión	Mensual	Unidades del Área 300, por agresividad del ambiente	Bitácora, con sustitución ante corrosión de recipiente o válvula
Mantenimiento anual	Anual	Verificación interna, válvula, manómetro y elementos de sello	Etiqueta de certificación por prestador acreditado
Recarga	Tras accionamiento o pérdida de presión	Recarga completa con independencia de la cantidad descargada	Sustitución del sello y actualización de etiqueta
Prueba hidrostática	Según tipo de recipiente y agente	Integridad del recipiente a presión	Marca indeleble, con destrucción del recipiente no conforme
Adiestramiento del personal de área	Anual	Uso efectivo con práctica sobre fuego controlado	Evaluación con verificación de las restricciones específicas
Adiestramiento de brigada	Semestral	Unidades móviles y coordinación con sistemas fijos	Registro de asistencia y evaluación práctica
Verificación de distancias de recorrido	Anual y ante toda modificación de arreglo	Recorrido efectivo desde los puntos más desfavorables	Incorporación de unidades adicionales ante exceso

I.1.3.3. Sistema de manejo de agua a presión

El almacenamiento de agua contra incendio se resuelve mediante un tanque compartido de agua fresca y agua contra incendio, con una reserva dedicada cuya disponibilidad se garantiza por disposición física de las boquillas de extracción y no por procedimiento operativo.

Tabla 23: Características del tanque de almacenamiento y de la reserva de incendio

Característica	Especificación	Criterio de diseño
Configuración del almacenamiento	Tanque compartido de agua fresca y agua contra incendios	Configuración adoptada por el proyecto
Capacidad total del tanque	2,300 m³	Almacenamiento operativo más reserva dedicada
Reserva dedicada a incendios	700 m³, equivalentes a 185,000 galones	Demanda de diseño durante la duración de diseño
Autonomía garantizada	2 horas a 1,500 gpm	Control del escenario de incendio de diseño
Extracción de agua fresca	Boquilla superior, a la elevación que delimita la reserva	Pérdida natural de aspiración al alcanzar la reserva
Extracción de agua contra incendios	Boquilla inferior, con acceso a la totalidad del volumen	Disponibilidad íntegra del inventario del tanque
Interconexión entre succiones	Inexistente, con tuberías independientes y sin válvulas de trasvase	Imposibilidad física de derivar la reserva
Válvulas de succión contra incendios	Aseguradas en posición abierta con supervisión de posición	Disponibilidad permanente del sistema
Indicación de nivel	Local y remota al Cuarto de Control Central, con alarma crítica	Detección de indisponibilidad del sistema
Respaldo del suministro de reposición	Generador diésel dedicado a las bombas de distribución	Continuidad de reposición ante corte de red

Tabla 24: Configuración del equipo de bombeo contra incendios

Equipo	Accionamiento	Caudal y presión nominales	Función
Bomba principal	Motor eléctrico con circuito dedicado exclusivo	1,500 gpm a 125 psi	Operación nominal ante demanda de incendio
Bomba de respaldo	Motor diésel independiente con doble banco de baterías	1,500 gpm a 125 psi	Respaldo íntegro ante falla eléctrica o de arranque
Bomba mantenedora de presión	Motor eléctrico	25 gpm a 125 psi	Reposición de fugas menores y presurización permanente

Equipo	Accionamiento	Caudal y presión nominales	Función
Autonomía de combustible del motor diésel	Tanque dedicado de uso exclusivo	8 horas a plena carga	Operación prolongada y fase de enfriamiento
Configuración de succión	Carga positiva desde el tanque, con líneas independientes	Sin cebado	Arranque inmediato garantizado
Paro de bombas principales	Exclusivamente manual	No aplica	Impide la interrupción automática durante el evento

Tabla 25: Ajustes de presión y secuencia de arranque automático

Orden de actuación	Equipo	Presión de arranque	Condición que la origina
1	Bomba mantenedora de presión	115 psi, con paro a 125 psi	Fuga menor, variación térmica o descarga de prueba
2	Bomba principal eléctrica	105 psi	Apertura de hidrante o monitor, o rotura de la red
3	Bomba de respaldo diésel	95 psi	Falla de arranque o de alimentación de la bomba eléctrica, o demanda superior a su capacidad
Presostatos	Independientes por equipo, con línea de sensado propia	No aplica	Supresión del punto único de falla en el arranque
Señalización	Alarma de prioridad crítica en el Cuarto de Control Central	No aplica	Arranque de cualquier bomba principal
Paro	Exclusivamente manual en el cuarto de bombas	No aplica	Confirmación del control del evento por el operador

Tabla 26: Materiales y diámetros nominales de la red de distribución

Elemento de la red	Material	Diámetro nominal	Condición de instalación
Troncal del anillo perimetral	Polietileno de alta densidad PE4710, DR 11	10 pulgadas (250 mm)	Enterrada, con unión por termofusión a tope
Ramales de derivación	Polietileno de alta densidad PE4710, DR 11	8 pulgadas (200 mm)	Enterrada
Tomas de hidrante y de monitor	Polietileno de alta densidad PE4710, DR 11	6 pulgadas (150 mm)	Enterrada hasta la transición

Elemento de la red	Material	Diámetro nominal	Condición de instalación
Columnas de ascenso y tramos expuestos	Acero al carbono o hierro dúctil con recubrimiento	6 pulgadas (150 mm)	Expuesta; el polietileno no se admite en esta condición
Cabezales del cuarto de bombas	Acero al carbono con recubrimiento	10 pulgadas (250 mm)	Expuesta

Tabla 27: Distribución de hidrantes y monitores por área

Área o instalación	Hidrantes	Monitores fijos	Criterio de cobertura
Área 100 — Trituración y molienda	Estaciones sobre el anillo perimetral	No requeridos	Ataque directo a unidades hidráulicas y galerías de banda
Área 200 — Flotación y espesamiento	Estaciones sobre el anillo perimetral	No requeridos	Carga de fuego limitada a motores y cableado
Área 300 — Bio-oxidación, CCD y neutralización	Estaciones sobre el anillo perimetral	No requeridos	Refrigeración de estructuras contiguas
Área 400 — Ajuste de pH y cianuración CIL	Estaciones sobre el anillo perimetral	No requeridos	Escorrentía dirigida a contención del área
Área 500 — Elución, refinería y reactivación	Estaciones perimetrales al edificio	2 monitores	Escenario de incendio de diseño; ataque a distancia y refrigeración
Almacén segregado de cianuro de sodio (Área 400)	Estaciones perimetrales, sin aplicación al interior	1 monitor	Refrigeración exterior exclusiva; queda prohibida la aplicación de agua sobre el producto
Almacenamiento de combustible de hornos	Estación dedicada	1 monitor	Refrigeración de recipientes expuestos
Subestación principal (Área 700)	Estación dedicada	1 monitor	Incendio de aceite dieléctrico, con aplicación condicionada al desenergizado del equipo y a distancia mínima de seguridad
Almacén general y patio de maniobras	Estaciones perimetrales	2 monitores	Escenario alterno de magnitud comparable
Cuarto de Control Central y salas eléctricas	Estaciones sobre el anillo perimetral	No requeridos	Protección interior por agente limpio; el agua se aplica únicamente en el exterior

La cobertura del Área 600 se materializa mediante extensiones dedicadas del anillo perimetral.

I.1.3.4. Sistemas fijos de detección y de supresión por recinto

La asignación de sistemas fijos responde al riesgo gobernante de cada recinto y no a un criterio uniforme de instalación. Los recintos con equipo eléctrico energizado sensible se protegen por agente limpio, los recintos techados con carga de fuego de sólidos por rociadores automáticos, las superficies con líquido combustible por espuma mecánica, y las áreas de proceso a la intemperie mediante hidrantes y monitores del anillo perimetral sin supresión fija.

Tabla 28: Asignación de sistemas de detección y supresión por área

Área o recinto	Detección	Supresión fija	Riesgo gobernante
Cuarto de Control Central, sala de equipos	Aspiración de altísima sensibilidad	Agente limpio de gas inerte	Fuego clase C con equipo energizado sensible
Salas eléctricas y cuartos de control local	Humo fotoeléctrico y aspiración	Agente limpio de gas inerte	Fuego clase C en tableros y cableado
Almacén general (recinto techado)	Humo fotoeléctrico	Rociadores húmedos automáticos	Carga de fuego de materiales diversos
Oficinas administrativas y laboratorio	Humo fotoeléctrico	Rociadores húmedos automáticos	Ocupación permanente de personal
Almacenamiento de combustible de hornos	Óptica de flama y térmica	Espuma mecánica libre de flúor para combustible líquido; sin espuma en la alternativa de gas licuado	Derrame de líquido combustible en ignición
Refinería y horno de reactivación (Área 500)	Óptica de flama multiespectral, y detección de ácido cianhídrico en lavado ácido y extracción	Diluvio de agua y ataque por monitores	Fuente de calor directo y combustible
Celdas de electrodeposición	Hidrógeno y humo fotoeléctrico	Sin supresión fija; dilución por ventilación	Atmósfera potencialmente explosiva
Subestación principal (Área 700)	Térmica y óptica de flama	Diluvio de agua con desenergizado previo	Incendio de aceite dieléctrico
Galerías de bandas transportadoras	Térmica lineal de cable	Acción previa de doble enclavamiento en tramos cerrados	Propagación longitudinal por la banda
Áreas 300 y 400 a la intemperie, incluido el almacén segregado de cianuro de sodio del Área 400	Ácido cianhídrico y nivel en cárcamos	Sin supresión fija; hidrantes y monitores	Fuga química, no incendio
Cuarto de bombas de incendio	Óptica de flama y humo fotoeléctrico	Sin supresión fija; extintores y ataque manual	Motor diésel y tanque de combustible asociado

Área o recinto	Detección	Supresión fija	Riesgo gobernante
Planta de pastas y depósito de jales filtrados (Área 600)	Térmica en accionamientos y humo en el silo de cemento	Sin supresión fija; hidrantes del anillo perimetral	Carga de fuego limitada, con escurrimiento con cianuro residual

Tabla 29: Dispositivos de iniciación de la red de detección de incendio

Área o recinto	Tecnología de detección	Umbral o sensibilidad	Criterio de selección
Sala de equipos del Cuarto de Control Central	Aspiración de altísima sensibilidad	0.005 a 0.02 % de obscurecimiento por metro	Detección de pirólisis previa al humo visible
Oficinas, laboratorio y salas eléctricas	Humo fotoeléctrico, con aspiración de muy alta sensibilidad en salas eléctricas	Sensibilidad normalizada	Incendio de desarrollo lento con humo visible
Taller, trituración y manejo de mineral	Térmica puntual de temperatura fija y de velocidad	57 a 68 °C	Presencia normal de polvo que activaría la detección de humo
Galerías de bandas y bandejas portacables	Térmica lineal por cable sensor	68 a 88 °C	Geometría lineal extensa sin cobertura puntual
Refinería y horno de fundición	Óptica de flama por infrarrojo múltiple	0.1 m² a 30 m en 5 s o menos	Discriminación frente a la llama de proceso
Horno de reactivación de carbón	Óptica de flama por infrarrojo múltiple	0.1 m² a 30 m en 5 s o menos	Radiación de fondo permanente del proceso
Almacenamiento de combustible	Óptica de flama y térmica puntual	0.1 m² a 30 m en 5 s o menos	Desarrollo muy rápido del incendio de líquido
Cuarto de bombas de incendio	Óptica de flama y humo fotoeléctrico	Sensibilidad normalizada	Presencia de motor diésel y de combustible
Panel de control	Direccionable con lazo cerrado supervisado	Supervisión continua de circuitos	Localización individual del dispositivo

Tabla 30: Criterios de diseño de rociadores automáticos y de diluvio

Recinto o instalación	Tipo de sistema	Densidad y área de operación	Rociador o boquilla
Almacén general (recinto techado)	Rociadores húmedos	8.1 mm/min sobre 140 m²	K 115, respuesta estándar, 68 °C
Oficinas administrativas	Rociadores húmedos	4.1 mm/min sobre 140 m²	K 80, respuesta rápida, 68 °C
Taller de mantenimiento y laboratorio	Rociadores húmedos	6.1 mm/min sobre 140 m²	K 115, con respuesta rápida a 68 °C en laboratorio y estándar a 79 °C en taller

Recinto o instalación	Tipo de sistema	Densidad y área de operación	Rociador o boquilla
Galerías cerradas de bandas transportadoras	Acción previa de doble enclavamiento	8.1 mm/min sobre 140 m²	K 115 cerrado; la detección térmica lineal arma la válvula
Almacenamiento de combustible de hornos	Diluvio de espuma	6.5 L/min·m²	Boquillas abiertas de aspiración de espuma
Transformadores de la subestación principal	Diluvio de agua	10.2 L/min·m²	Boquillas abiertas, con desenergizado previo y temporizador de respaldo
Zonas de exposición de la refinería	Diluvio de agua	10.2 L/min·m²	Boquillas abiertas de refrigeración
Tiempo de actuación de los sistemas de diluvio	No aplica	30 s o menos desde la detección confirmada	Lógica de detección cruzada

Tabla 31: Sistemas de extinción por agente limpio

Recinto protegido	Agente adoptado	Concentración y descarga	Cantidad de agente
Sala de equipos del Cuarto de Control Central	Mezcla de gases inertes	38.5 % en volumen como mínimo para clase A, con verificación del factor de clase C; 95 % de la descarga en 60 s o menos	58 m³ en cilindros de 80 L a 300 bar, con un mínimo de 3 cilindros
Salas eléctricas y cuartos de control local	Mezcla de gases inertes	38.5 % en volumen como mínimo para clase A, con verificación del factor de clase C; 95 % de la descarga en 60 s o menos	Determinada por el volumen neto individual de cada recinto
Alternativa técnica admitida	Fluorocetona halocarbonada	4.7 % en volumen, con descarga en 10 s o menos	83 kg para 120 m³
Tiempo de retención de la concentración	Ambos agentes	10 minutos como mínimo	Verificado por prueba de integridad del recinto
Retardo de descarga para evacuación	Ambos agentes	30 segundos	Con estación manual de aborto
Lógica de disparo	Ambos agentes	Detección cruzada de dos dispositivos independientes	Suprime la descarga indebida
Alivio de sobrepresión	Obligatorio	Superficies dimensionadas por cálculo del caudal de descarga	Descarga fuera de rutas de tránsito

Tabla 32: Sistema de espuma y protección del almacenamiento de combustible

Parámetro o instalación	Especificación adoptada	Fundamento	Actuación
Concentrado espumante	Formulación libre de flúor, certificada para el combustible almacenado	Exclusión de sustancias perfluoroalquiladas persistentes	No aplica
Tasa de aplicación	6.5 L/min·m²	Superficie del dique de contención	Detección cruzada
Duración de descarga	30 minutos como mínimo	Área de dique con descargadores fijos	Automática
Proporción de dosificación	3 % en volumen	Formulación del concentrado adoptado	Proporcionador balanceado
Reserva de concentrado	100 % adicional al volumen de diseño	Segundo ataque sin reabastecimiento externo	No aplica
Almacenamiento de gas licuado de petróleo	Sin sistema de espuma	La espuma carece de eficacia sobre gas licuado	No aplica
Protección del gas licuado, refrigeración	Agua pulverizada sobre la superficie de los recipientes	Impide el fallo del recipiente por radiación externa	Automática
Protección del gas licuado, aislamiento y dispersión	Válvulas de corte automático por detección de gas y de incendio, con cortinas de agua pulverizada sobre la nube	El control se logra por interrupción del suministro	Automática
Extinción de llama de gas licuado	Expresamente prohibida sin corte previo del suministro	Evita la acumulación de nube inflamable no quemada	Procedimiento

I.1.3.5. Red de detección de gases y de fugas en contenciones

La red de detección de gases vigila de forma permanente los recintos donde puede evolucionar ácido cianhídrico, hidrógeno o gas combustible, con umbrales escalonados que producen acciones automáticas diferenciadas por nivel.

Tabla 33: Red de detección de gases: ubicación, umbrales y acciones automáticas

Zona vigilada	Gas detectado	Umbral	Acción automática
Preparación y almacén de cianuro de sodio (Área 400, sector segregado)	Ácido cianhídrico	4.7 ppm	Alarma visual y sonora en campo, alarma de prioridad alta en el Cuarto de Control Central e incremento de ventilación
Preparación y almacén de cianuro de sodio (Área 400, sector segregado)	Ácido cianhídrico	10 ppm	Alarma crítica en el Cuarto de Control Central, ventilación de emergencia,

Zona vigilada	Gas detectado	Umbral	Acción automática
			evacuación local y cierre de válvulas de dosificación
Tanque de ajuste de pH y tren CIL (Área 400)	Ácido cianhídrico	4.7 y 10 ppm	Escalonamiento idéntico, con aislamiento de líneas de solución cianurada
Lavado ácido y extracción de carbón (Área 500)	Ácido cianhídrico	4.7 y 10 ppm	Escalonamiento idéntico, con extracción forzada del recinto
Destoxificación y cárcamos de contención cianurada	Ácido cianhídrico	4.7 y 10 ppm	Escalonamiento idéntico, con prohibición de acceso a espacio confinado
Todas las zonas cubiertas	Ácido cianhídrico	50 ppm	Referencia de emergencia mayor; el acceso procede únicamente con equipo autónomo
Sala de celdas de electrodeposición	Hidrógeno	10 % del límite inferior de explosividad	Alarma crítica en el Cuarto de Control Central e incremento de la extracción del recinto
Sala de celdas de electrodeposición	Hidrógeno	25 % del límite inferior de explosividad	Interrupción de la alimentación eléctrica de las celdas y evacuación local
Almacenamiento y líneas de gas licuado de petróleo	Gas combustible	10 y 25 % del límite inferior de explosividad	Corte automático de la alimentación de combustible y ventilación del recinto
Recintos de hornos de fundición y de reactivación	Gas combustible	10 y 25 % del límite inferior de explosividad	Corte de combustible, paro del horno y ventilación

Tabla 34: Detección de fugas en diques y cárcamos de bombeo

Contención vigilada	Instrumentación de nivel	Instrumentación analítica	Prioridad de alarma
Dique del tren de cianuración CIL	Nivel bajo, alto y alto-alto, con transmisión continua	pH y conductividad	Crítica ante desviación analítica
Bio-oxidación, CCD y neutralización	Nivel bajo, alto y alto-alto, con transmisión continua	pH	Crítica ante desviación analítica
Circuito de destoxificación (INCO)	Nivel bajo, alto y alto-alto	pH	Crítica; verifica el control de pH
Almacén de cianuro de sodio	Nivel bajo, alto y alto-alto	pH y conductividad	Crítica

Contención vigilada	Instrumentación de nivel	Instrumentación analítica	Prioridad de alarma
Almacén de ácido clorhídrico	Nivel bajo, alto y alto-alto	pH	Crítica; contención sin comunicación con el cianuro
Almacén de sosa cáustica	Nivel bajo, alto y alto-alto	pH	Alta
Flotación y espesamiento	Nivel bajo y alto	No requerida	Alta
Foso colector de la subestación principal	Nivel alto con detección de hidrocarburo	Detección de capa de aceite	Crítica

I.1.3.6. Sistemas auxiliares de alerta, alarma y telecomunicaciones de emergencia

La notificación de emergencia se sustenta en tres principios de aplicación estricta. El primero establece que la notificación debe alcanzar a la totalidad del personal expuesto con independencia de su ubicación, de la actividad que desarrolle y del equipo de protección personal que porte. El segundo establece que la señal recibida debe identificar de forma inequívoca la naturaleza del evento, dado que la acción de protección difiere de forma sustancial entre un incendio y una liberación de gas tóxico: ante un incendio el personal evacúa hacia los puntos de reunión por la ruta más corta, mientras que ante una liberación de ácido cianhídrico o de cloruro de hidrógeno el personal se desplaza a barlovento, ruta que no coincide necesariamente con la de evacuación por incendio y que puede ser opuesta a ella. El tercero establece que ningún medio de notificación constituye por sí solo una cobertura suficiente, por lo que la instalación despliega medios audibles, visuales y de voz de forma redundante y complementaria.

Tabla 35: Asignación de medios de notificación por área de proceso

Área	Ruido de operación	Medio primario	Medios complementarios
Área 100 — Trituración y molienda	98 dBA	Visual estroboscópico	Megafonía y radio de brigada
Área 200 — Flotación y espesamiento	88 dBA	Audible y visual combinados	Megafonía y radio de brigada
Área 300 — Bio-oxidación, CCD y neutralización	82 dBA	Audible perimetral	Visual, megafonía y estaciones de jale
Área 400 — Ajuste de pH y cianuración CIL	80 dBA	Audible perimetral	Visual, megafonía y estaciones de jale
Área 500 — Elución, refinería y reactivación	85 dBA	Megafonía antiexplosión	Audible, visual y radio de brigada
Área 600 — Planta de pastas y depósito de jales filtrados	85 dBA	Audible y megafonía	Visual y detección de gas
Cuarto de Control Central y salas eléctricas	60 dBA	Megafonía y consola de operación	Visual y telefonía interna

Área	Ruido de operación	Medio primario	Medios complementarios
Vialidades internas y áreas abiertas	70 dBA	Sirena omnidireccional	Visual en cruces y accesos
Almacén general, oficinas y laboratorio	65 dBA	Megafonía y audible	Visual en recintos cerrados

La señal audible de emergencia se establece con un nivel de presión sonora no inferior a 15 dBA por encima del nivel de ruido ambiental promedio del área, o bien 5 dBA por encima del nivel máximo sostenido durante 60 segundos, el que resulte mayor de ambos, con un nivel mínimo absoluto de 75 dBA en cualquier punto ocupado. El nivel de la señal no excede en ningún punto 110 dBA, límite por encima del cual la propia señal constituye un riesgo auditivo; en las áreas cuyo ruido de operación sitúa el nivel requerido por encima de dicho límite, la notificación visual gobierna la cobertura del área.

Tabla 36: Memoria de cálculo de cobertura acústica por área

Área	Ruido ambiental	Nivel objetivo	Radio de cobertura	Resultado del cálculo
Área 100 — Molienda	98 dBA	113 dBA	5 m	Excede 110 dBA: gobierna la notificación visual
Área 200 — Flotación	88 dBA	103 dBA	16 m	Audible viable con espaciamiento cerrado
Área 300 — Bio-oxidación	82 dBA	97 dBA	32 m	Audible viable
Área 400 — Cianuración CIL	80 dBA	95 dBA	40 m	Audible viable
Área 500 — Refinería y elución	85 dBA	100 dBA	22 m	Audible viable, con unidades certificadas
Área 600 — Pastas y jales filtrados	85 dBA	100 dBA	22 m	Audible viable
Vialidades y áreas abiertas	70 dBA	85 dBA	126 m	Cobertura amplia por unidad
Espaciamiento adoptado en áreas abiertas	No aplica	No aplica	150 m entre unidades	Nivel resultante en el punto medio, a 75 m, de 89.5 dBA, por encima del objetivo

Tabla 37: Lógica de tonos y señales de notificación

Evento	Patrón tonal	Señal visual	Acción requerida del personal
Evacuación general por incendio	Tres pulsos de 0.5 s con pausa de 1.5 s, patrón normalizado de uso exclusivo	Estroboscópico continuo	Evacuación al punto de reunión por la ruta más corta
Alerta química por ácido cianhídrico o cloruro de hidrógeno	Tono continuo de barrido ascendente y descendente, con ciclo de 4 s	Estroboscópico continuo	Desplazamiento a barlovento; no se sigue la ruta de incendio
Preaviso o alerta de área	Tono intermitente lento, de 1 s de emisión y 3 s de silencio	Estroboscópico intermitente	Atención y preparación, sin evacuación
Fin de emergencia	Tono largo único de 10 s con mensaje de voz	Cese de la señal visual	Retorno bajo instrucción del Cuarto de Control Central
Prueba programada del sistema	Patrón del evento ensayado, precedido de mensaje de voz	Según el evento	Ninguna; la prueba se anuncia de forma previa

Tabla 38: Configuración del sistema de megafonía y alarma general

Elemento	Especificación	Ubicación	Función
Unidad central de proceso	Encaminamiento por zonas, mensajes pregrabados y generación de tonos	Cuarto de Control Central	Núcleo del sistema
Amplificadores de potencia	Configuración redundante N+1 por grupo de zonas	Cuarto de Control Central	Conmutación automática ante falla
Red de distribución	Línea de tensión constante, con circuito independiente por zona	Toda la instalación	Recorridos extensos con sección reducida
Supervisión de líneas	Detección de interrupción, cortocircuito y pérdida de impedancia	Todos los circuitos	Descubre la falla antes de la emergencia
Altavoz de bocina exponencial	30 W, con radio de 50 m y espaciamiento máximo de 80 m	Áreas abiertas y vialidades	Cobertura de campo
Altavoz de cono con pantalla	6 W	Recintos cerrados de baja ocupación	Cobertura interior
Altavoz antiexplosión	Certificado para la clasificación del emplazamiento	Área 500	Atmósfera potencialmente explosiva

Elemento	Especificación	Ubicación	Función
Estación de anuncio principal	Selección individual, por grupos y difusión general	Cuarto de Control Central	Toma de control en vivo
Estación de anuncio de respaldo	Misma capacidad de toma de control	Caseta de vigilancia del acceso	Indisponibilidad del Cuarto de Control Central
Alimentación	Sistema de energía ininterrumpida de la instalación	Cuarto de bombas y Cuarto de Control Central	Continuidad ante falla de red

Tabla 39: Plan de canales de radiocomunicación

Canal	Denominación	Usuarios asignados	Función y régimen de uso
1	Operaciones de planta	Operadores de área, supervisión de turno y Cuarto de Control Central	Tráfico ordinario de operación; se suspende ante emergencia declarada
2	Seguridad y brigada de emergencia	Brigada, jefatura de seguridad, vigilancia y Cuarto de Control Central	Coordinación exclusiva de la respuesta, con prioridad sobre el canal 1
3	Servicios médicos	Servicio médico, ambulancia y jefatura de seguridad	Atención de lesionados y coordinación de traslado
4	Mina subterránea	Personal de mina y control de acceso a labores	Cobertura por cable radiante en la rampa
5	Mantenimiento y servicios	Mantenimiento mecánico, eléctrico e instrumentación	Tráfico técnico; se suspende ante emergencia declarada
Emergencia	Apertura por botón de emergencia	Todos los equipos	Prioridad absoluta; transmite identificación y posición
Directo	Comunicación entre unidades sin repetidora	Todos los equipos	Respaldo ante pérdida total de infraestructura

Tabla 40: Distribución de estaciones de activación manual

Área o circuito	Cantidad	Criterio de distribución	Señal generada
Área 300 — Bio-oxidación, CCD y neutralización	12 estaciones	Una por cada dos reactores, más escaleras y circuitos asociados	Alerta química con identificación individual
Área 400 — Ajuste de pH y cianuración CIL	8 estaciones	Una por tanque, más tanque de ajuste, dique y salida	Alerta química con identificación individual

Área o circuito	Cantidad	Criterio de distribución	Señal generada
Área 600 — Planta de pastas y depósito de jales filtrados	6 estaciones	Accesos, sala de filtros, bombeo de pasta y perímetro del depósito	Alerta química con identificación individual
Área 500 — Elución, refinería y reactivación	6 estaciones	Recintos de hornos, extracción de carbón y lavado ácido	Alarma de incendio y alerta química diferenciadas
Áreas 100 y 200 — Conminución y flotación	8 estaciones	Salidas de edificio, galerías y plataformas	Alarma de incendio
Distancia máxima de recorrido	No aplica	30 m en áreas con sustancias peligrosas	Criterio de emplazamiento
Diferenciación	No aplica	Color, forma y rotulación distintos de los de la alarma de incendio	Impide la confusión de acciones de protección

Tabla 41: Enlaces de comunicación externa de emergencia

Trayectoria	Tecnología e independencia	Ubicación de terminales	Destinatarios principales
Telefonía satelital	Sin dependencia de infraestructura terrestre	Cuarto de Control Central y caseta de vigilancia	Protección Civil, autoridades y corporativo
Telefonía IP	Sobre el enlace de datos del proyecto	Cuarto de Control Central, vigilancia, servicio médico y seguridad	Servicios de emergencia y hospitales
Enlace de radio dedicado	Frecuencia y protocolo de la autoridad civil	Cuarto de Control Central, con respaldo en vigilancia	Protección Civil y bomberos en desplazamiento
Equipos portátiles compatibles	Red de las autoridades civiles	Reserva en el Cuarto de Control Central	Mandos de la respuesta externa en sitio
Directorio de emergencia	Marcación abreviada y soporte físico impreso	Posiciones críticas	Todas las entidades del protocolo
Alimentación de terminales	Sistema de energía ininterrumpida y batería propia	Todas las posiciones	Continuidad ante falla de red
Verificación	Prueba de comunicación efectiva bajo programa documentado	Todas las trayectorias	Acredita la disponibilidad real

I.1.3.7. Plano de localización del sistema contra incendios

La localización del sistema contra incendios se representa en las dos figuras siguientes, trazadas como sobreposición vectorial sobre el plano de sitio del proyecto sin alteración de su trazo base. La primera presenta el conjunto del recinto con el anillo perimetral, sus ramales de derivación hacia las instalaciones exteriores al bloque de proceso, las estaciones de hidrante, los monitores fijos, las

válvulas de seccionamiento y la fuente constituida por el tanque y la casa de bombas. La segunda amplía el área de planta e identifica cada estación con su designación.

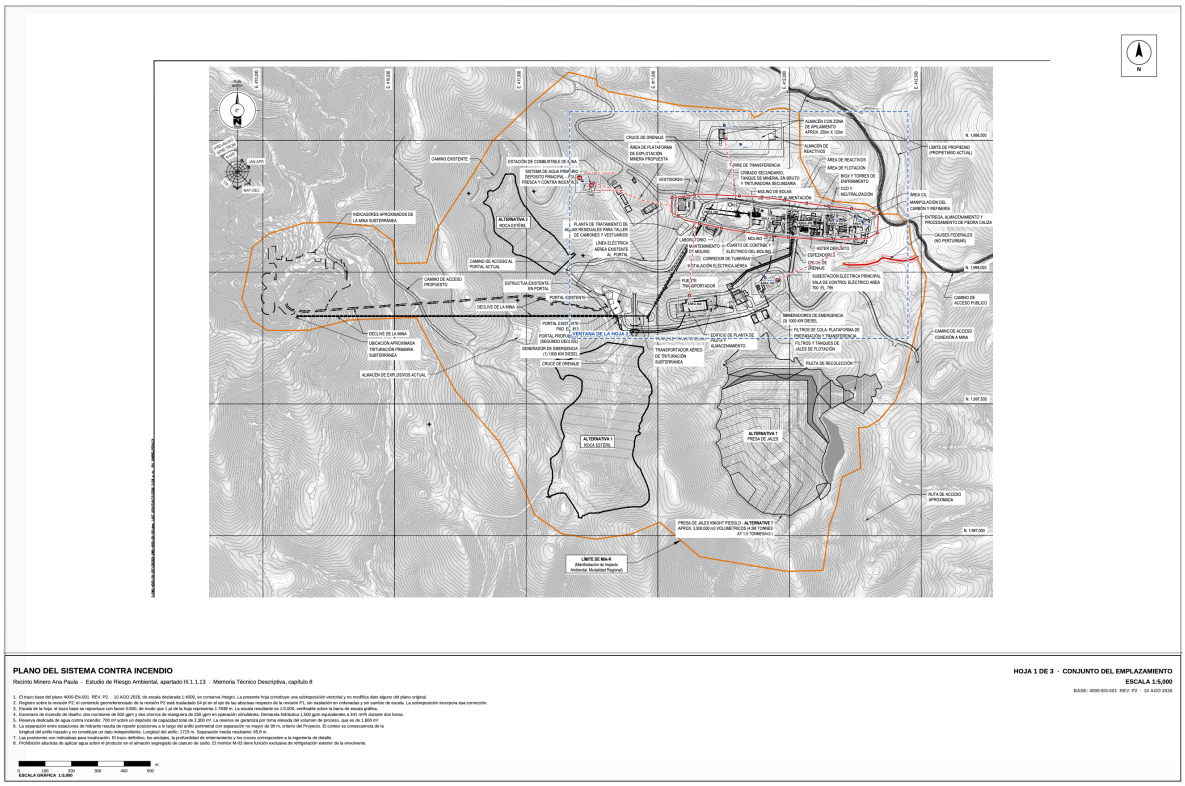


Figura 6: Localización del sistema contra incendios. Plano de sitio del recinto minero

Las posiciones de las estaciones de hidrante resultan de repartir la longitud del anillo perimetral, de mil seiscientos diecinueve metros, en tramos iguales que no excedan la separación máxima de noventa metros que el proyecto establece. El reparto arroja dieciocho estaciones sobre el anillo con una separación resultante de noventa metros exactos, a las que se añaden cuatro estaciones dedicadas en las instalaciones servidas por ramal, con lo que el total asciende a veintidós estaciones. La asignación de los siete monitores fijos por instalación procede sin modificación de la tabla de distribución de hidrantes y monitores de este capítulo.

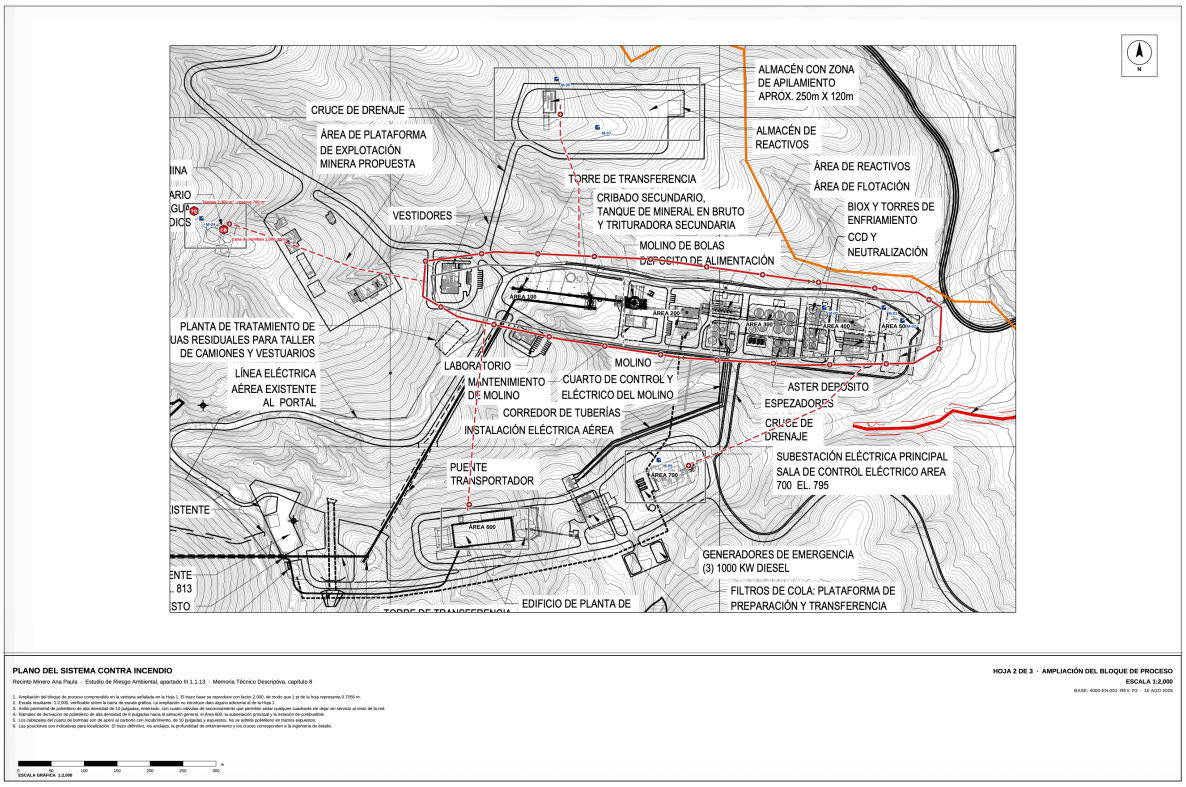


Figura 7: Localización del sistema contra incendios. Ampliación del área de planta

I.1.4. Ubicación del proyecto

El Proyecto se ubica en el estado de Guerrero, México, aproximadamente a 170 kilómetros al suroeste de la Ciudad de México, a una distancia aproximadamente equidistante entre la Ciudad de México y el puerto de Acapulco. El emplazamiento minero se encuentra aproximadamente a 30 kilómetros al oeste de la autopista 95, desde la cual se accede al sitio mediante un tramo de caminos de terracería.

La carretera de acceso a la mina se desprende de la carretera principal que comunica las localidades de Nuevo Balsas y Tomixtlahuacán, y tiene una longitud aproximada de 3 kilómetros desde dicha carretera principal hasta el recinto de la planta. El proyecto contempla la construcción de una nueva carretera de acceso de aproximadamente 2 kilómetros desde Tomixtlahuacán hasta el sitio minero, con el doble propósito de permitir el acceso de camiones de carga y de minimizar el tráfico a través de la localidad de Tomixtlahuacán.

La mina y las instalaciones de procesamiento se ubican al este del portal de la mina subterránea y al norte del depósito de jales, a mayor altitud que ambos. Una estación trituradora y una banda transportadora se instalan junto al punto de apoyo inferior, más cerca del portal de la mina, y transportan la roca triturada hacia el molino para su procesamiento posterior.

La sede del Proyecto y las oficinas de campo se localizan en Cuetzala del Progreso. Los suministros básicos se encuentran disponibles en las localidades de Nuevo Balsas, Cuetzala del Progreso e Iguala. La totalidad de los principales suministros y servicios está disponible desde las ciudades de Iguala, Cuernavaca, a dos horas y media por carretera, y Chilpancingo, capital del estado, a tres horas por carretera desde el Proyecto. Iguala es la ciudad importante más cercana y cuenta con vuelos directos desde diversas ciudades del país, así como con una pista pavimentada de 1,685

metros de longitud adecuada para aeronaves pequeñas. El aeropuerto internacional disponible más cercano se localiza en Cuernavaca, con una pista de 45 por 2,772 metros adecuada para aeronaves de gran porte. Cerca de Apetlaca, a veinte minutos de Cuetzala del Progreso, existe una pista de terracería para aeronaves pequeñas.

La zona cuenta con una infraestructura consolidada, con una buena red vial y con mano de obra disponible, tanto calificada como no calificada. El río Balsas constituye una fuente de energía hidroeléctrica regional, y líneas de alta tensión de 115 kV y de 230 kV atraviesan el sitio del Proyecto; las líneas de 115 kV se sitúan aproximadamente a 2.5 kilómetros al sur del sitio de la planta. Existe un arroyo a unos 500 metros al este del campamento, con un punto de acceso para camiones cisterna. El agua potable del campamento es suministrada por el municipio de Cuetzala del Progreso.

La localización regional y local del Proyecto se representa en las dos figuras siguientes. La primera sitúa el área del proyecto dentro del municipio de Cuetzala del Progreso y del Estado de Guerrero, y la segunda detalla su relación con las localidades y con la red de caminos del entorno inmediato.

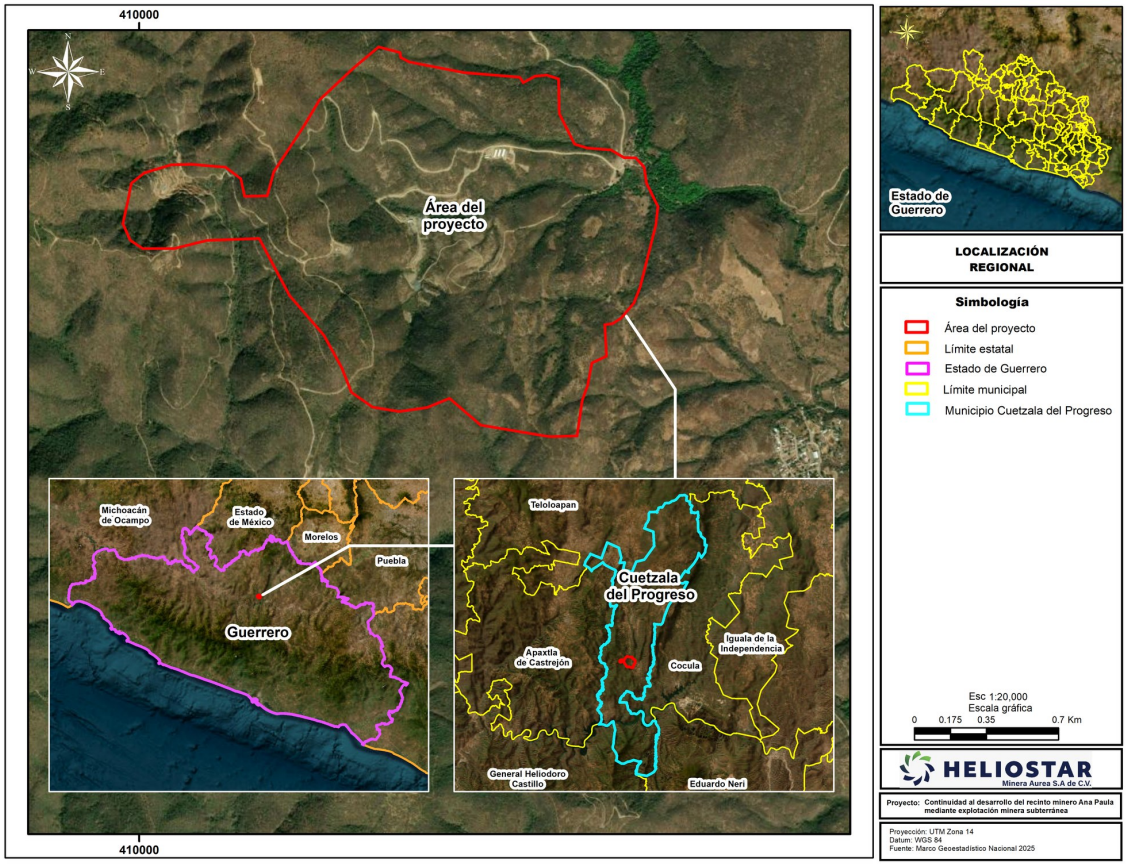


Figura 8: Localización regional del Proyecto. Fuente: Marco Geoestadístico Nacional 2025

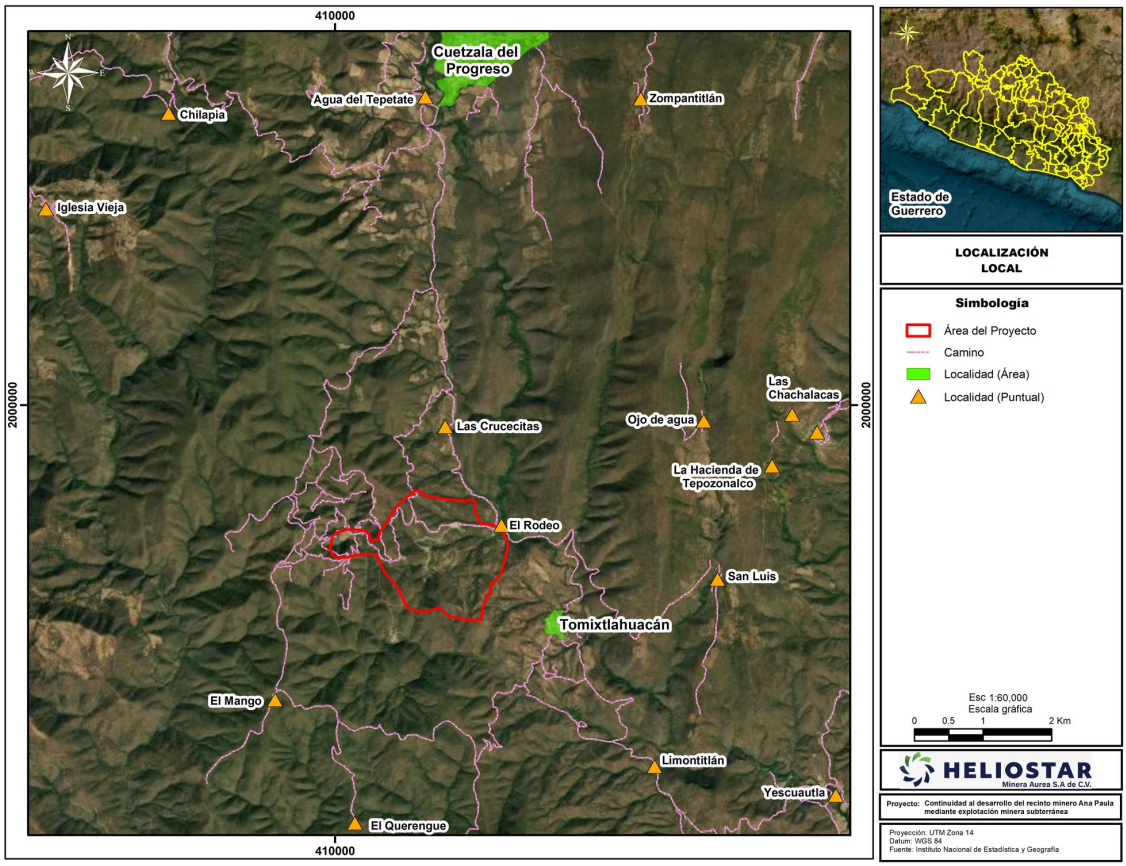


Figura 9: Localización local del Proyecto y localidades del entorno. Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía

I.1.5. Análisis de vulnerabilidad por fenómenos naturales

El presente apartado analiza la susceptibilidad del emplazamiento del Proyecto a los fenómenos naturales y a los efectos meteorológicos adversos que pueden interactuar con la instalación, agrupados en peligros hidrometeorológicos y peligros geológicos. El análisis se sustenta en la caracterización climática e hidrológica específica del sitio, en los estudios geotécnicos ejecutados sobre el emplazamiento y en la clasificación sísmica normativa aplicable al yacimiento.

Las unidades geológicas subyacentes al Proyecto son principalmente rocas sedimentarias, compuestas por una unidad intercalada de piedra caliza y esquisto y una unidad de piedra caliza carbonosa, intruidas por sills, diques y stocks intermedios. El clima de la región es cálido y húmedo, con temperaturas que oscilan entre 4 y 42 grados Celsius y una precipitación promedio de 874.3 milímetros al año, concentrada principalmente entre junio y octubre durante la temporada de monzones. Los inviernos son secos, con lluvias ligeras ocasionales en febrero.

El análisis de cada peligro se desarrolla sobre dos polígonos de referencia que las figuras de este apartado representan de manera uniforme. El primero es el área del proyecto, que delimita la superficie ocupada por las obras e instalaciones. El segundo es el área de afectación, definida como la envolvente situada a mil metros medidos a partir del borde del área del proyecto, cuya función es acotar la superficie dentro de la cual se identifican los elementos susceptibles de resultar afectados por un evento originado en la instalación o de interactuar con ella. La totalidad de la cartografía de

peligro procede del Centro Nacional de Prevención de Desastres y se presenta en proyección Universal Transversa de Mercator, zona 14, con datum WGS 84.

I.1.5.1. Riesgo hidrometeorológico

El régimen hidrometeorológico del emplazamiento está gobernado por una temporada de lluvias concentrada de junio a octubre, que aporta la práctica totalidad de la precipitación anual, y por una temporada seca invernal. La caracterización climática e hidrológica específica del sitio fue desarrollada mediante análisis que generaron eventos de tormentas y registros mensuales de largo plazo de precipitación, evaporación y escorrentía. Estos datos sustentan el balance hídrico a nivel de sitio y el diseño de las estructuras de gestión hídrica de la instalación, incluido el diseño del límite de inundación.

I.1.5.1.1. Peligro por ciclones

La temporada de monzones que concentra la precipitación del emplazamiento, comprendida entre junio y octubre, se encuentra influenciada por huracanes procedentes tanto del océano Atlántico como del océano Pacífico. Esta doble exposición ciclónica constituye el fenómeno hidrometeorológico de mayor consecuencia potencial sobre la instalación, dado que determina los eventos de precipitación extrema que gobiernan el dimensionamiento de las obras de desvío, de conducción y de contención de aguas superficiales.

La consecuencia de un evento ciclónico sobre la instalación no se manifiesta como daño estructural directo por viento sobre los recipientes de proceso, que son estructuras de baja esbeltez ancladas a cimentación de concreto, sino como aporte extraordinario de agua sobre superficies con inventario de sustancias peligrosas. Los mecanismos de consecuencia relevantes para el riesgo ambiental son el rebase de los diques de contención secundaria por acumulación pluvial, la movilización de escorrentía en contacto con jales y con pulpa cianurada, y la pérdida de suministro eléctrico por afectación de las líneas de alta tensión que atraviesan el sitio.

El control de estos mecanismos se materializa mediante el diseño del límite de inundación de las instalaciones, el plan de gestión de aguas superficiales de la instalación de almacenamiento de jales filtrados, y la disposición de contenciones con drenaje segregado y retorno al proceso, descritas en el apartado I.3.2 del presente Capítulo.

La cartografía de peligro por presencia de ciclones tropicales asigna al área del proyecto y a la totalidad del área de afectación el grado muy bajo, que es el menor de los cinco de la escala. Esta calificación no suprime el mecanismo que el párrafo precedente describe, dado que el peligro relevante para la instalación no es la incidencia directa del ciclón sino el aporte extraordinario de precipitación que su circulación produce sobre la cuenca.

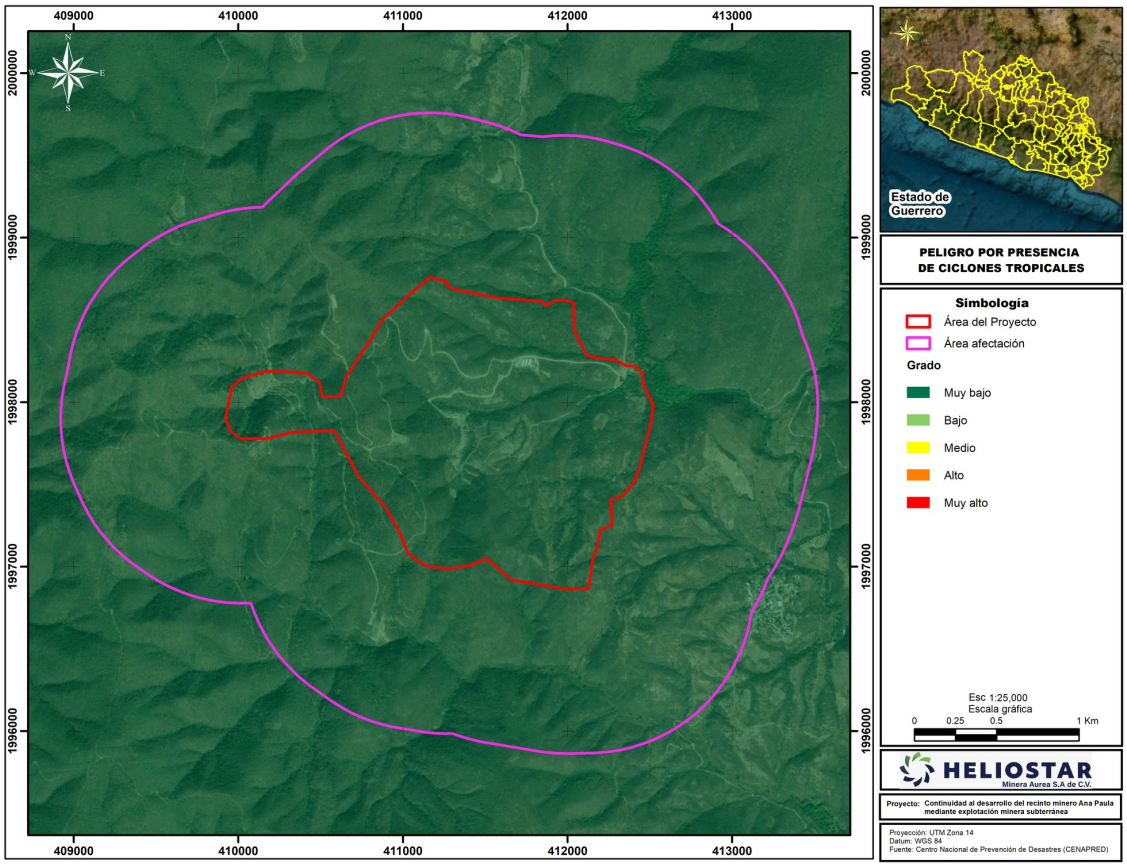


Figura 10: Peligro por presencia de ciclones tropicales. Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres

I.1.5.1.2. Peligro por granizo

La caracterización climática del emplazamiento corresponde a un régimen cálido y húmedo, con un rango térmico comprendido entre 4 y 42 grados Celsius y con precipitación concentrada en la temporada de monzones. Este régimen térmico y esta clasificación climática sitúan al emplazamiento fuera de la banda altitudinal y térmica en la que la precipitación en fase sólida constituye un fenómeno recurrente, y la caracterización climatológica específica del sitio no reporta el granizo entre los fenómenos que gobiernan el diseño de las estructuras de gestión hídrica.

La consecuencia potencial de un evento de granizo sobre la instalación se circunscribe al daño mecánico sobre cubiertas ligeras, sobre instrumentación expuesta a la intemperie y sobre dispositivos de notificación visual y de detección de gases emplazados en áreas abiertas. Ninguno de estos elementos aloja inventario de sustancia peligrosa, por lo que el fenómeno no constituye un iniciador creíble de liberación. La afectación de la instrumentación de detección se gestiona mediante la supervisión continua de circuitos descrita en el apartado I.1.3.6, que descubre la pérdida de un dispositivo antes de que ésta se traduzca en pérdida de cobertura.

La cartografía de peligro por caída de granizo asigna al área del proyecto y al área de afectación el grado bajo, coherente con el régimen térmico cálido del emplazamiento.

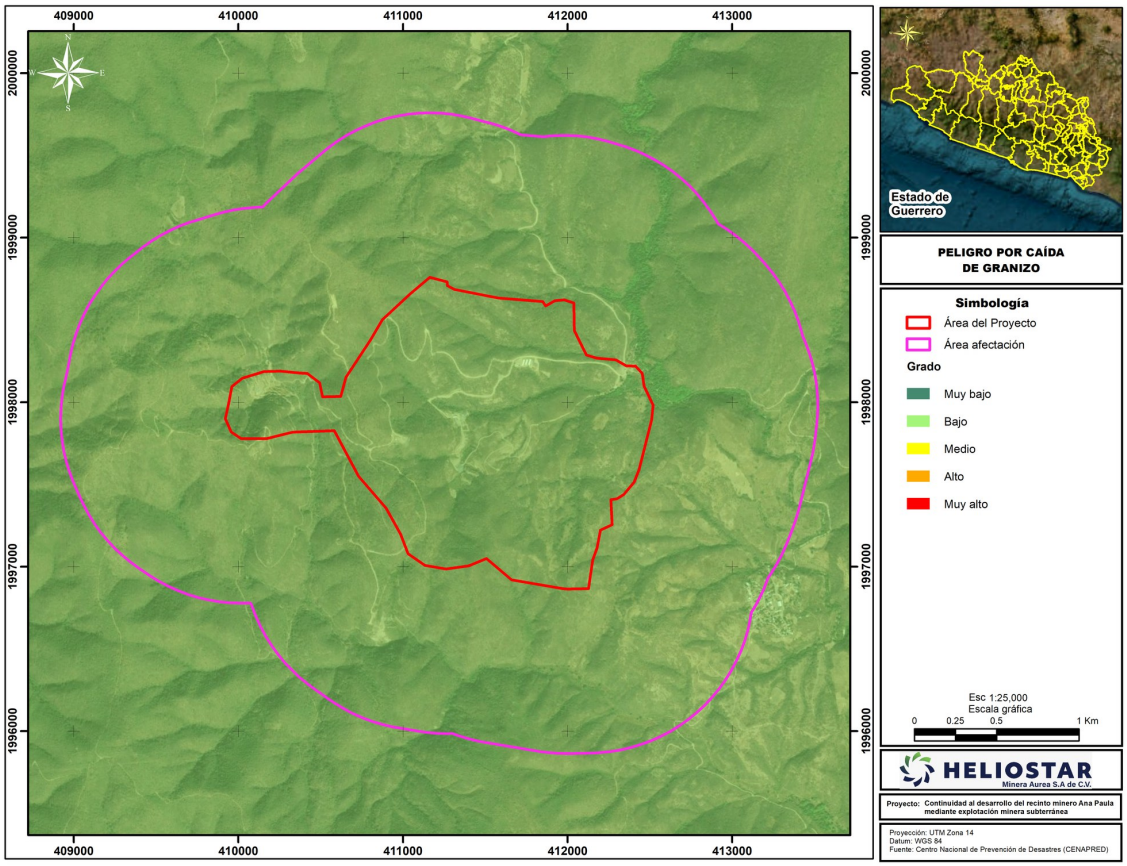


Figura 11: Peligro por caída de granizo. Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres

I.1.5.1.3. Peligro por heladas

El registro térmico del emplazamiento sitúa la temperatura mínima en 4 grados Celsius, valor superior al punto de congelación del agua. En consecuencia, la formación de hielo no constituye un fenómeno esperable en el sitio y el peligro por heladas no gobierna el diseño de las instalaciones de proceso ni de las redes de servicio.

Esta condición tiene una consecuencia directa y favorable sobre el sistema de protección contra incendio: la red de agua a presión descrita en el apartado I.1.3.3 opera bajo configuración de tubería húmeda permanentemente presurizada, sin necesidad de sistemas de tubería seca ni de traceado térmico de las líneas enterradas del anillo perimetral. La única aplicación de traceado térmico de la instalación corresponde al tanque de sosa cáustica, cuya justificación es la prevención de la cristalización de la solución al 50 % en peso y no la protección contra la congelación.

La cartografía de peligro por presencia de heladas asigna al área del proyecto y al área de afectación el grado muy bajo, resultado consistente con la temperatura mínima registrada de cuatro grados Celsius y que confirma la ausencia de riesgo de congelación en la red de agua contra incendio.

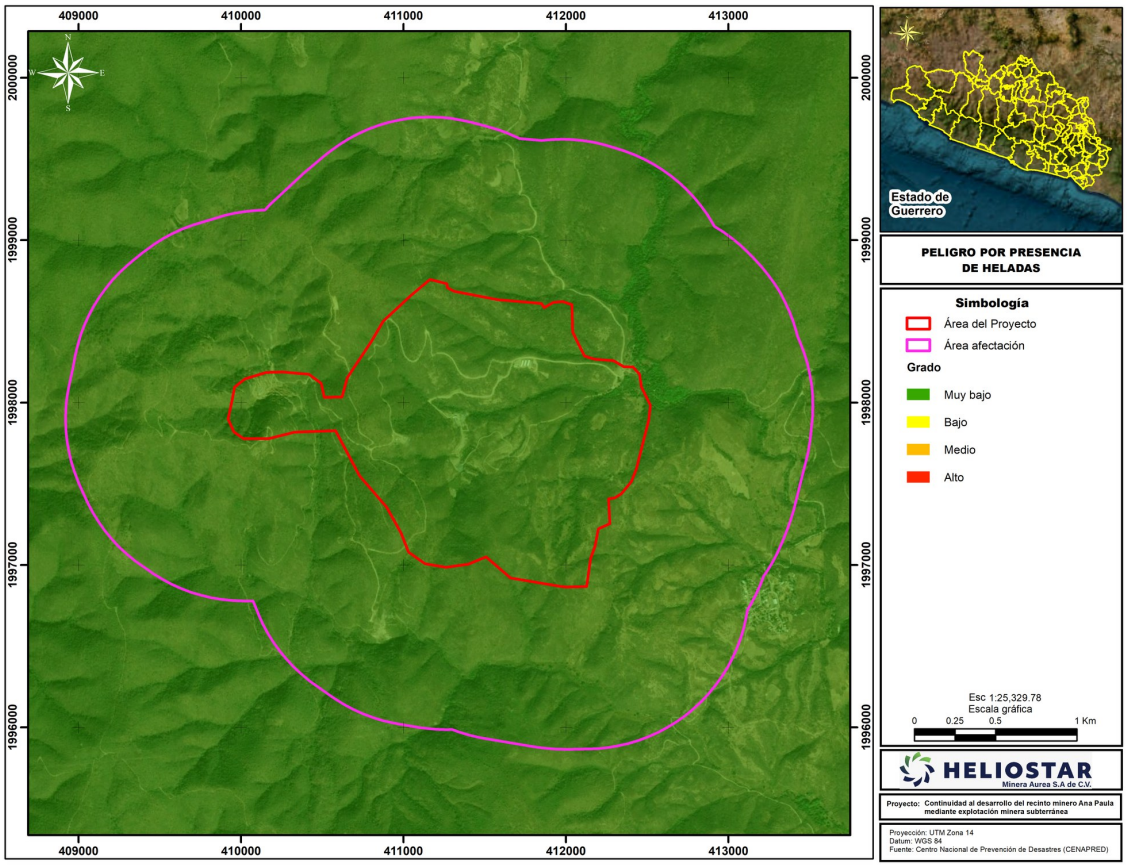


Figura 12: Peligro por presencia de heladas. Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres

I.1.5.1.4. Peligro por inundaciones

El peligro por inundación deriva de la concentración de la precipitación anual de 874.3 milímetros en el periodo comprendido entre junio y octubre, y de la exposición del emplazamiento a eventos ciclónicos de ambos océanos. La instalación se encuentra emplazada al este del portal de la mina subterránea y al norte del depósito de jales, a mayor altitud que ambos, condición topográfica que sustrae al recinto de proceso de las trayectorias naturales de acumulación de escorrentía.

El tratamiento del peligro se apoya en tres elementos. El primero es el diseño del límite de inundación de las instalaciones, desarrollado a partir de los registros de eventos de tormenta y de los registros mensuales de largo plazo de precipitación, evaporación y escorrentía específicos del sitio. El segundo es el plan de gestión de aguas superficiales asociado a la instalación de almacenamiento de jales filtrados, que conduce el agua de contacto y la de no contacto por trayectorias segregadas. El tercero es el balance hídrico a nivel de sitio, que integra los aportes y las pérdidas del conjunto de la instalación y dimensiona su capacidad de gestión de excedentes.

La consecuencia ambiental relevante de un evento de inundación no es la afectación de las estructuras, sino la potencial movilización de agua en contacto con jales y con pulpa cianurada hacia cuerpos receptores. Este mecanismo se controla mediante la prohibición absoluta de comunicación entre las contenciones de proceso y el sistema pluvial, y mediante la recolección íntegra del drenaje y del agua de contacto con retorno al proceso, criterios desarrollados en el apartado I.3.2.

La cartografía de peligro por inundaciones asigna al área del proyecto y al área de afectación el grado medio. Esta calificación corresponde a la escala regional del análisis del Centro Nacional de Prevención de Desastres y no sustituye al estudio hidrológico de detalle que fija el límite de inundación de las instalaciones.

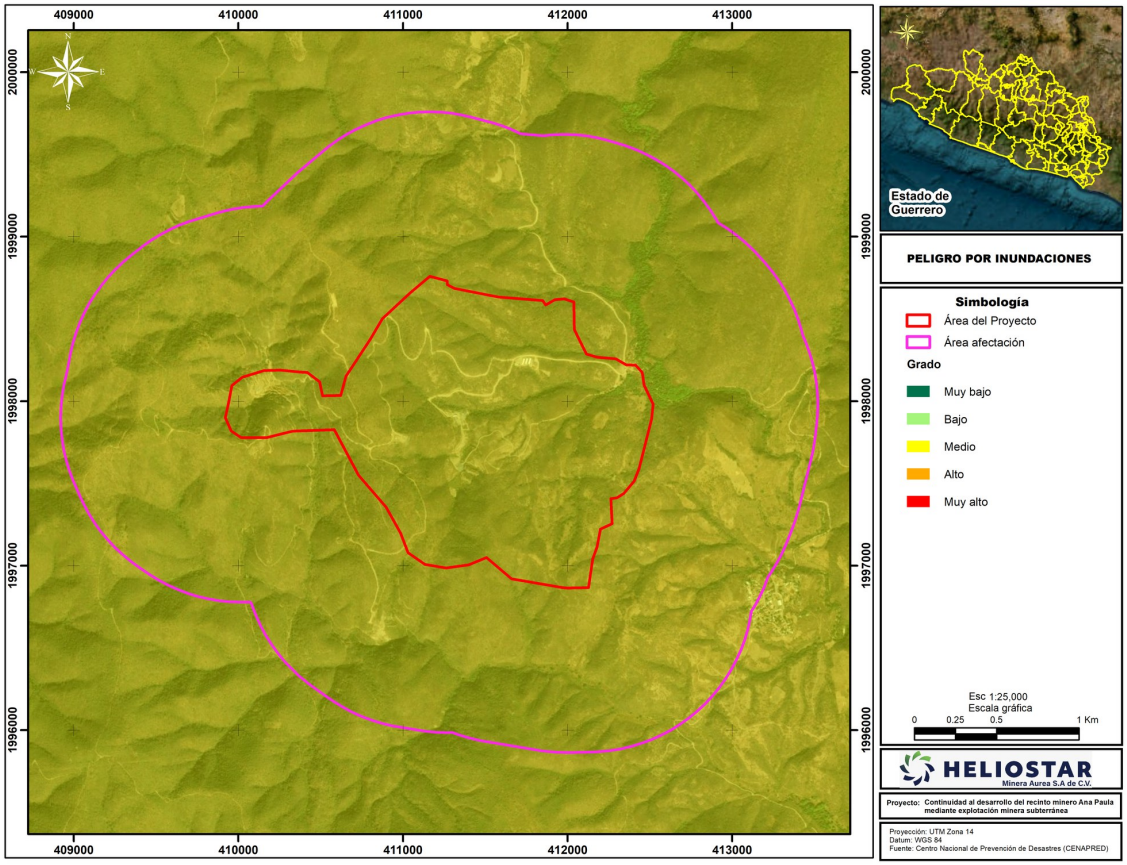


Figura 13: Peligro por inundaciones. Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres

I.1.5.1.5. Peligro por sequía

El régimen climático del emplazamiento presenta inviernos secos, con lluvias ligeras ocasionales en el mes de febrero, y concentra la totalidad del aporte pluvial en la temporada de monzones. Esta estacionalidad marcada define un periodo prolongado de estiaje anual que constituye la condición ordinaria de operación durante más de la mitad del año.

La consecuencia de un déficit hídrico prolongado sobre la instalación es la reducción de la disponibilidad de agua fresca de reposición del circuito de proceso y, de forma crítica para la seguridad, la afectación potencial de la reserva de agua contra incendio. El diseño resuelve esta condición mediante la configuración del tanque de almacenamiento descrita en el apartado I.1.3.3, en la que la reserva dedicada de 700 metros cúbicos queda protegida por disposición física de las boquillas de extracción: la boquilla de agua fresca se sitúa a la elevación que delimita la reserva, de modo que la extracción operativa pierde aspiración de forma natural al alcanzar dicho nivel, sin que exista interconexión ni válvula de trasvase que permita derivar el inventario de incendio hacia el consumo de proceso.

La reposición del tanque contará con alimentación desde la red eléctrica y con un generador diésel de respaldo dedicado a las bombas de distribución y a las bombas del campo de pozos, disposición que asegura la continuidad de la reposición con independencia del estado del suministro eléctrico.

La cartografía de peligro por presencia de sequías asigna al área del proyecto y al área de afectación el grado medio, condición que fundamenta el dimensionamiento de la reserva de agua fresca y del sistema de reposición que este apartado establece.

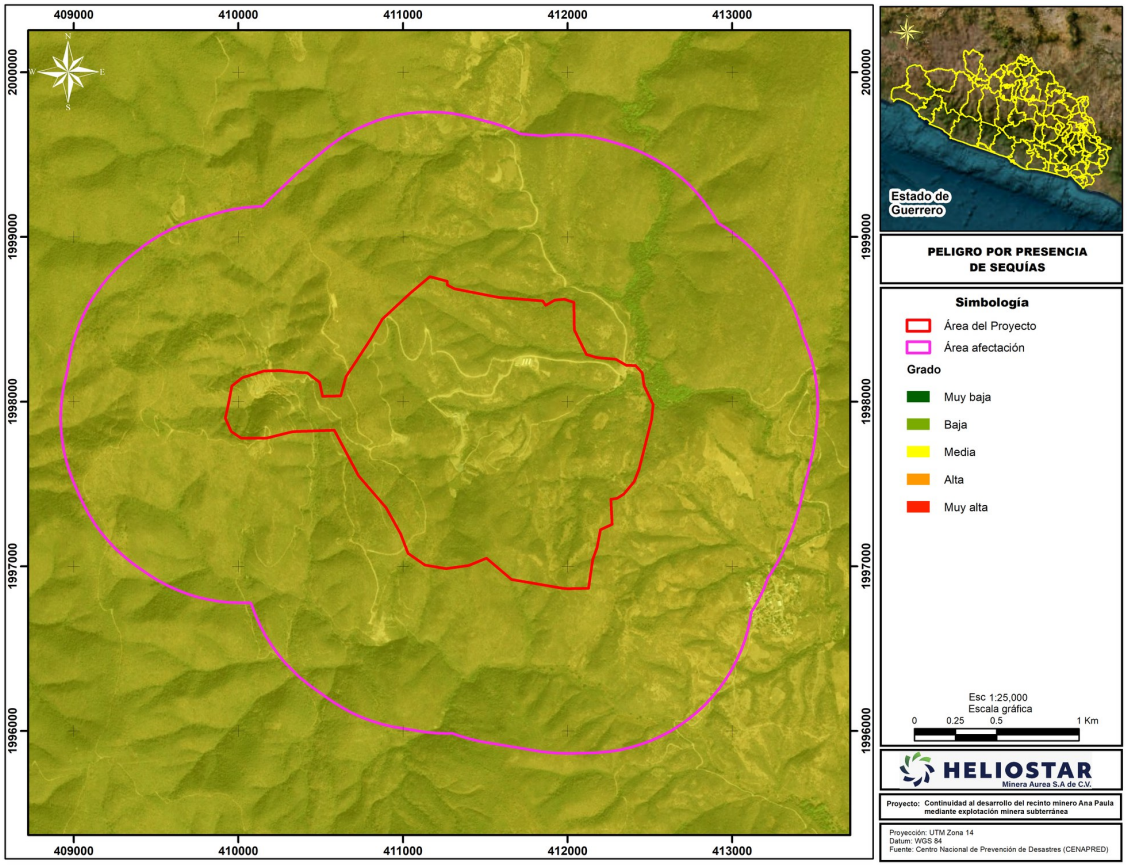


Figura 14: Peligro por presencia de sequías. Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres

I.1.5.2. Riesgo geológico

El emplazamiento se asienta sobre rocas sedimentarias compuestas por una unidad intercalada de piedra caliza y esquisto y una unidad de piedra caliza carbonosa, intruidas por sills, diques y stocks intermedios. La caracterización geotécnica del sitio se desarrolló mediante campañas de perforación específicas que incluyeron perforación de condenación en las áreas de la planta de procesamiento, de las tepetateras y del depósito de jales, así como perforación geotécnica dirigida en sectores del emplazamiento y programas de barrenos gemelos para la obtención de muestras de prueba.

I.1.5.2.1. Peligro por deslizamientos

La configuración topográfica del emplazamiento sitúa la planta de proceso a mayor altitud que el portal de la mina subterránea y que el depósito de jales, condición que impone la evaluación de la estabilidad de los taludes naturales y conformados que vinculan estas instalaciones. La caracterización geotécnica del sitio incluyó perforación de condenación en las áreas de la planta de procesamiento, de las tepetateras y del depósito de jales, y perforación geotécnica dirigida en seis

sectores del emplazamiento, con la finalidad de establecer las propiedades del macizo rocoso y de los materiales de cobertura que gobiernan dicha estabilidad.

La instalación de almacenamiento de jales filtrados fue objeto de un análisis geotécnico específico, complementado por un estudio de ubicación y por una evaluación geoquímica de los materiales a depositar, que distingue entre jales no generadores de acidez y jales potencialmente generadores de acidez. El depósito se conforma con revestimiento impermeable, y su plan de gestión de aguas superficiales controla las trayectorias de escorrentía que inciden sobre los taludes conformados.

La consecuencia ambiental de un deslizamiento no reside en el recinto de proceso, cuyos recipientes se apoyan sobre cimentación de concreto en plataforma nivelada, sino en la eventual afectación de la geometría de los taludes del depósito de jales filtrados y de las tepetateras. El control de este mecanismo corresponde al diseño geotécnico de dichas estructuras y a su instrumentación de vigilancia.

La cartografía de peligro por deslizamiento de laderas es la única de las analizadas que presenta variación interna apreciable dentro del área del proyecto. El grado alto ocupa la mayor parte de la superficie, sobre las laderas de pendiente pronunciada, mientras que los grados medio y muy bajo se distribuyen en los fondos de cañada y en las superficies de menor inclinación. Esta heterogeneidad confirma que el tratamiento del peligro debe resolverse por emplazamiento específico y no por una calificación única del predio.

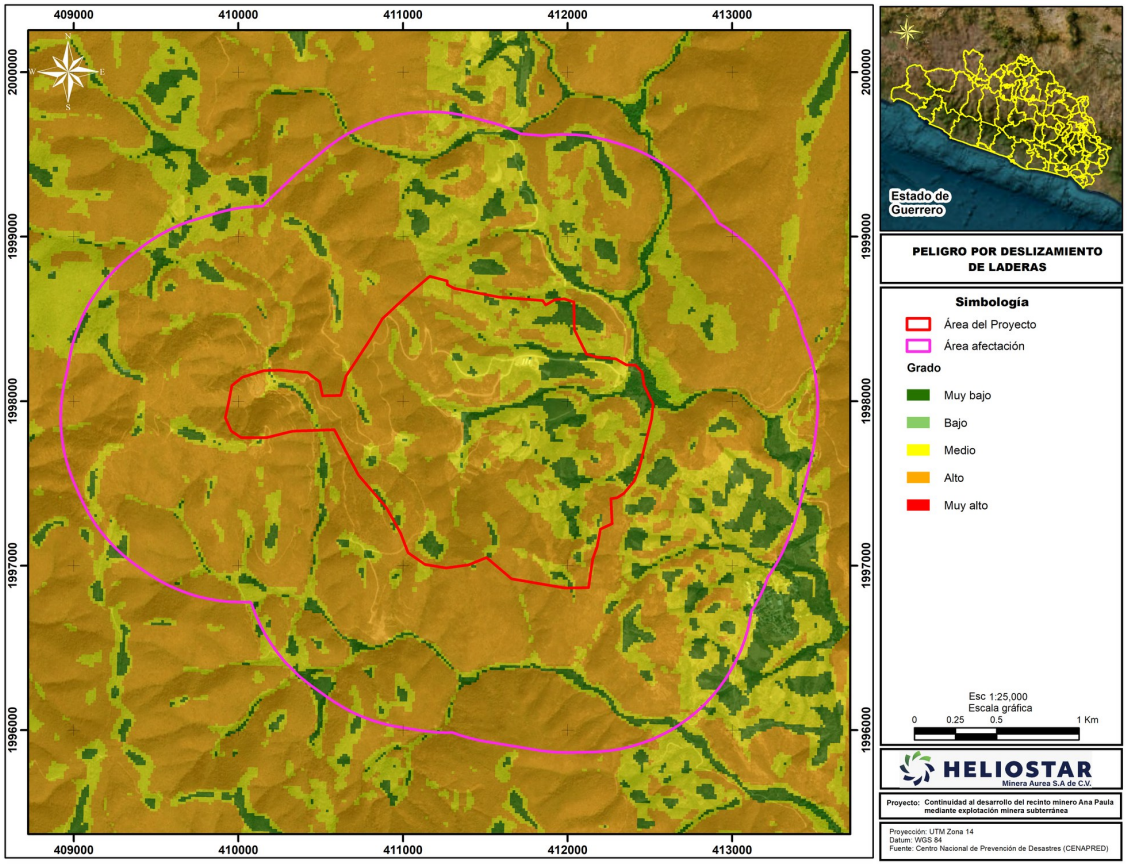


Figura 15: Peligro por deslizamiento de laderas. Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres

I.1.5.2.2. Peligro por fallas y fracturas

El yacimiento del Proyecto no se sitúa cerca de una falla importante. Esta condición, establecida en la caracterización sismotectónica del sitio, excluye el mecanismo de ruptura superficial por desplazamiento de falla activa bajo las instalaciones, que constituye el modo de afectación de mayor severidad sobre estructuras de contención y sobre trayectorias de tubería enterrada.

El marco estructural del emplazamiento corresponde a un conjunto sedimentario de piedra caliza y esquisto intruido por cuerpos ígneos en forma de sills, diques y stocks, cuya distribución fue caracterizada mediante cartografía regional y de detalle, geofísica aérea y terrestre, programas de muestreo geoquímico y perforación. El modelo geológico del yacimiento comprende seis dominios principales, y se generó un modelo de deformación que incorpora los dominios estructurales identificados.

La consecuencia de la presencia de fracturamiento en el macizo rocoso para el riesgo ambiental de la instalación se manifiesta en la trayectoria de migración potencial de infiltraciones bajo las estructuras de contención, mecanismo que se controla mediante el revestimiento impermeable del depósito de jales filtrados y mediante el recubrimiento químicamente resistente de los diques de contención secundaria de la planta.

La cartografía estructural no identifica falla alguna dentro del área del proyecto. La estructura más próxima es una falla de orientación noroeste a sureste situada al suroeste del emplazamiento, que intersecta el borde meridional del área de afectación y que no alcanza en ningún punto el área del proyecto. Esta condición confirma lo establecido en la caracterización del yacimiento respecto de la ausencia de fallas importantes en la proximidad.

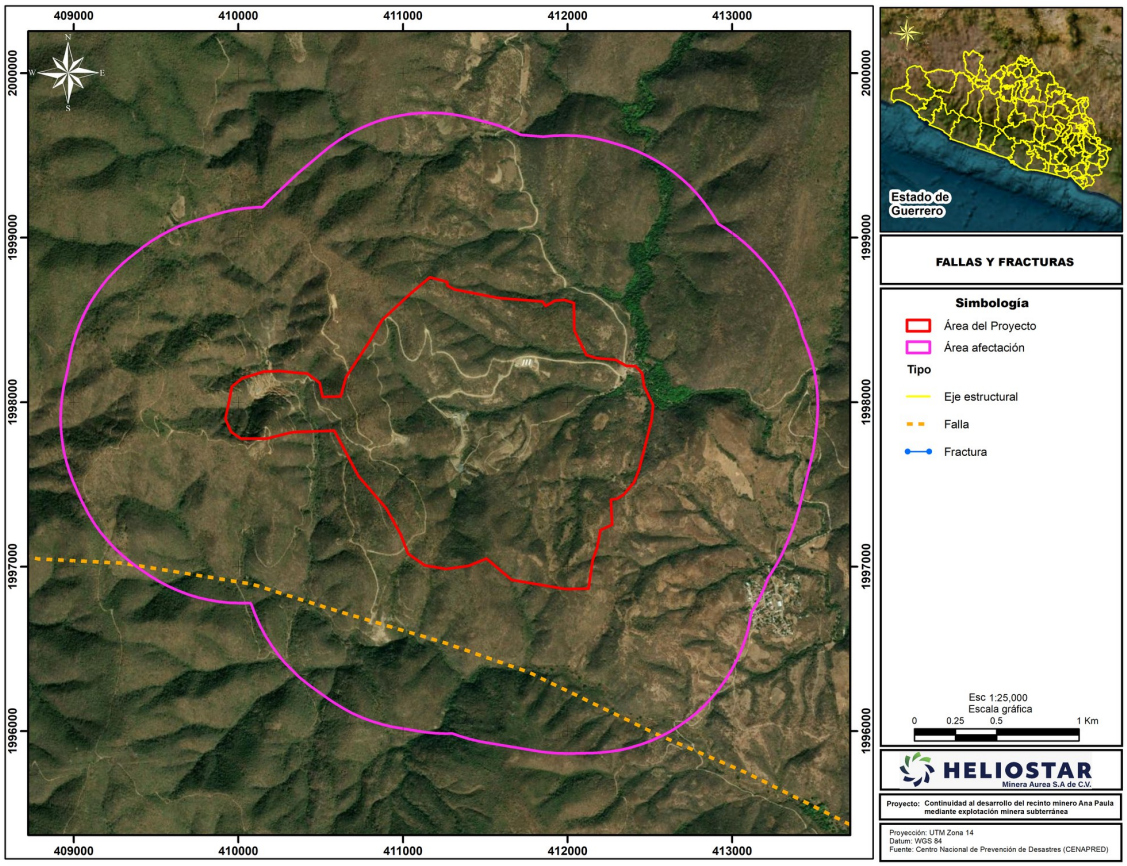


Figura 16: Fallas y fracturas del entorno del Proyecto. Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres

I.1.5.2.3. Peligro por intensidad sísmica

La intensidad del movimiento del terreno esperable en el emplazamiento fue determinada mediante un análisis probabilístico de riesgo sísmico ejecutado de forma específica para el yacimiento. Dicho análisis consideró los terremotos generados en las fuentes sísmicas activas comprendidas dentro de un radio de 200 kilómetros del sitio, e incorporó de forma expresa los tres regímenes sismogénicos que gobiernan la sismicidad de la región: la interfaz de subducción, las fuentes interplaca profundas y las fuentes corticales de poca profundidad.

Los resultados del análisis se emplearon para calcular los espectros horizontales de peligro uniforme correspondientes al sitio, que constituyen la solicitación sísmica de diseño de las estructuras del proyecto. La consideración simultánea de los tres regímenes sismogénicos es determinante para el emplazamiento, dado que la interfaz de subducción del Pacífico gobierna los eventos de gran magnitud y larga duración con contenido de periodo largo, mientras que las fuentes corticales someras gobiernan los movimientos de alta frecuencia y corta duración en el campo cercano.

Para efectos del análisis de riesgo ambiental, la solicitación sísmica constituye un iniciador de eventos de pérdida de contención de aplicación simultánea sobre la totalidad de las áreas de la instalación, condición que la distingue de los iniciadores de proceso, cuyo alcance es local. Los mecanismos de consecuencia asociados son la pérdida de integridad de recipientes atmosféricos por oleaje inducido y por falla de anclaje, la ruptura de líneas de conducción en sus puntos de

transición entre tramo enterrado y tramo expuesto, y el agrietamiento de las estructuras de contención secundaria que reciben el inventario liberado.

La cartografía de intensidad sísmica sitúa la totalidad del área del proyecto y prácticamente la totalidad del área de afectación en el grado VII de la escala de Mercalli modificada. El grado VIII aparece al occidente, en una franja que se aproxima al límite occidental del área de afectación sin penetrarla de manera significativa.

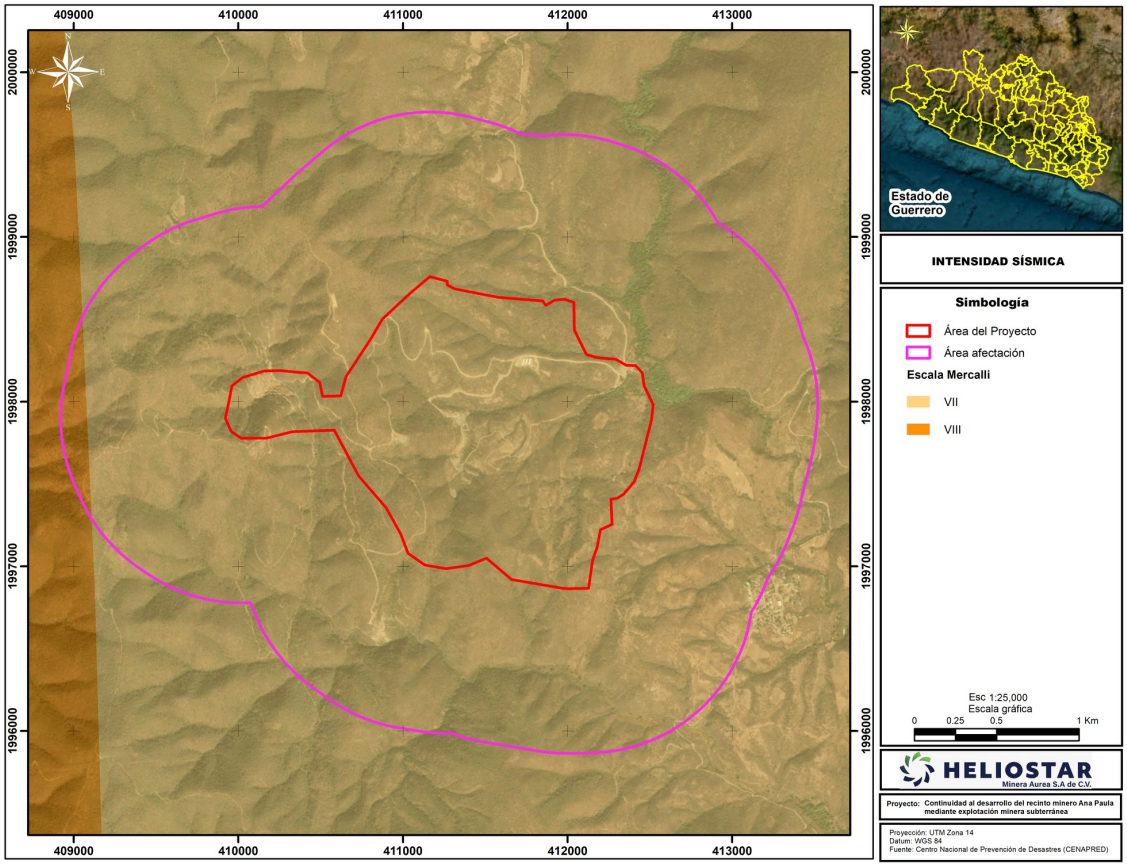


Figura 17: Intensidad sísmica en la escala de Mercalli. Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres

I.1.5.2.4. Peligro por zona sísmica

Conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-141-SEMARNAT-2003, el yacimiento del Proyecto se encuentra clasificado en la región sísmica D, en la cual los eventos sísmicos son comunes e incluyen terremotos históricos de magnitud importante. Esta clasificación corresponde a la categoría de mayor sismicidad de la zonificación sísmica nacional aplicable, y constituye el criterio normativo de partida para el diseño de las estructuras del proyecto.

La clasificación en región sísmica D determina que la totalidad de las estructuras de contención, los recipientes de almacenamiento y de proceso, y las obras de depósito de jales, se diseñen bajo solicitación sísmica y no bajo solicitación exclusivamente gravitacional y de servicio. La zonificación normativa se complementa con el análisis probabilístico específico del sitio descrito en el apartado precedente, cuyos espectros de peligro uniforme sustituyen a los valores genéricos de la zonificación para el diseño de las estructuras críticas.

La cartografía de regionalización sísmica sitúa el área del proyecto y el área de afectación de manera íntegra dentro de una sola región, que corresponde a la clasificación que el párrafo precedente establece y que constituye el criterio normativo de partida para el diseño de las estructuras.

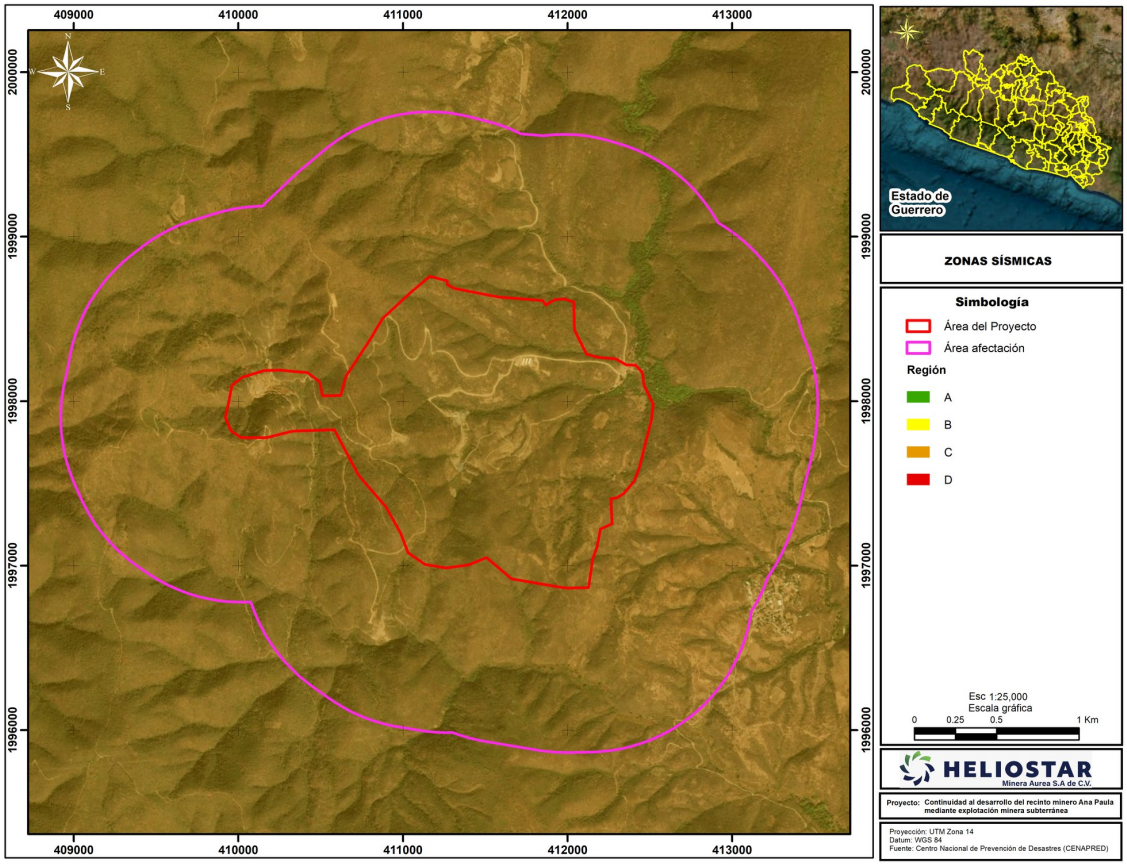


Figura 18: Regionalización sísmica del emplazamiento. Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres

I.1.5.3. Zonas vulnerables

Los apartados precedentes analizan la susceptibilidad del emplazamiento a los fenómenos naturales. El presente apartado invierte la dirección del análisis e identifica los elementos del entorno que resultan susceptibles de verse afectados por un evento originado en la instalación, o de interactuar con ella durante la operación. Su objeto es acotar el conjunto de receptores que el análisis de riesgo del capítulo I.4 debe considerar.

El criterio de delimitación es el área de afectación que el apartado I.1.5 establece, definida como la envolvente situada a mil metros medidos a partir del borde del área del proyecto. Todo elemento situado dentro de esa envolvente se considera receptor potencial y se caracteriza por su naturaleza, por su distancia al borde del área del proyecto y por su orientación respecto de ella. La distancia nula indica que el elemento se localiza dentro del área del proyecto.

El análisis se desarrolla sobre dos conjuntos de receptores de naturaleza distinta. El primero es la infraestructura física, que comprende las edificaciones, los caminos, las calles, las líneas de transmisión eléctrica y las localidades. El segundo es la población, caracterizada a través de las

unidades económicas que el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas registra, cuya distribución constituye el indicador de la concentración de personas en el entorno.

I.1.5.3.1. Infraestructura

La identificación de la infraestructura del entorno arroja cuarenta y tres elementos dentro del área de afectación, distribuidos en seis categorías. La tabla siguiente resume su distribución, y la tabla posterior consigna el detalle de cada elemento con su distancia y su orientación.

Tabla 42: Resumen de la incidencia de infraestructura dentro del área de afectación

Categoría	Elementos	Dentro del área del proyecto	Distancia mínima (m)	Distancia máxima (m)	Orientaciones
Edificación	8	4	0	929.20	E, N, NE, O, SE, SO
Calle	7	0	859.48	995.48	SE
Línea de transmisión	3	0	320.65	851.84	E, N, NE, S, SE
Camino	23	9	0	982.28	N, NE, NO, O, SO
Localidad de tipo área	1	0	829.47	829.47	SE
Localidad puntual	1	0	33.12	33.12	NE
Total	43	13	0	995.48	Todas

La lectura de la tabla precedente establece cuatro resultados. El primero es que trece de los cuarenta y tres elementos identificados se localizan dentro del área del proyecto: cuatro edificaciones y nueve tramos de camino de tipo brecha. Su presencia no constituye una incidencia externa sino la infraestructura propia del emplazamiento y de los accesos existentes.

El segundo resultado es que el elemento poblado más próximo es la localidad puntual de El Rodeo, de carácter rural, situada a treinta y tres punto doce metros del borde del área del proyecto en dirección noreste. Esta distancia sitúa a la localidad de manera inequívoca dentro del área de afectación y la constituye en el receptor de mayor sensibilidad del entorno inmediato.

El tercer resultado es que la localidad de Tomixtlahuacán, de carácter rural y delimitada como área, se sitúa a ochocientos veintinueve punto cuarenta y siete metros en dirección sureste, asimismo dentro del área de afectación. Las siete calles identificadas, seis de tercer orden y una de cuarto orden, pertenecen a esa localidad y se sitúan entre ochocientos cincuenta y nueve y novecientos noventa y cinco metros, todas en dirección sureste.

El cuarto resultado corresponde a las líneas de transmisión eléctrica. Se identifican tres elementos: dos líneas sobre torre de acero a setecientos treinta y seis metros en dirección sureste a sur, y dos líneas de postería doble en configuración H, una de ellas a trescientos veinte punto sesenta y cinco metros con desarrollo desde el norte hasta el sureste, y la otra a ochocientos cincuenta y un metros en dirección sureste. La primera de ellas constituye el elemento de infraestructura no propia más próximo al área del proyecto después de la localidad de El Rodeo.

La memoria establece la consecuencia de estos resultados sobre el análisis de riesgo. El área de afectación contiene dos asentamientos humanos y tres trazas de infraestructura eléctrica, y en consecuencia los escenarios de riesgo cuyo alcance calculado exceda los treinta y tres metros alcanzan a la localidad de El Rodeo, y aquellos cuyo alcance exceda los trescientos veinte metros alcanzan a la primera línea de transmisión. El capítulo I.4 desarrolla el contraste entre los alcances calculados de cada escenario y estas distancias.

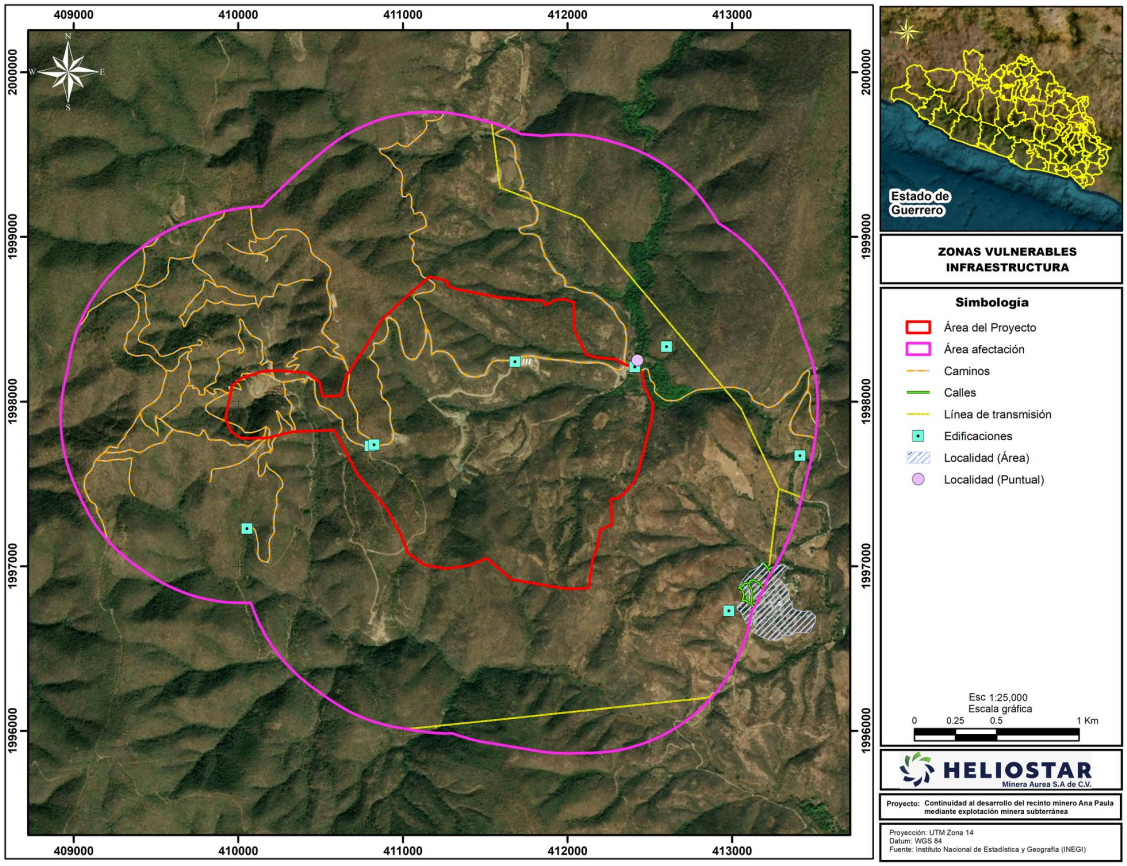


Figura 19: Zonas vulnerables: infraestructura del área de afectación. Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía

La tabla siguiente consigna el detalle de la totalidad de los elementos identificados, con su tipo, su distancia al borde del área del proyecto y su orientación.

Tabla 43: Detalle de la incidencia de infraestructura, distancia y orientación

Categoría	Tipo	Distancia (m)	Orientación
Edificación	No aplica	863.97	SE
Edificación	No aplica	549.02	SO
Edificación	No aplica	929.20	E
Edificación	No aplica	0.00	O

Categoría	Tipo	Distancia (m)	Orientación
Edificación	No aplica	0.00	O
Edificación	No aplica	0.00	NE
Edificación	No aplica	0.00	N
Edificación	No aplica	217.99	NE
Calle	Calle de tercer orden	995.48	SE
Calle	Calle de cuarto orden	925.09	SE
Calle	Calle de tercer orden	927.32	SE
Calle	Calle de tercer orden	976.39	SE
Calle	Calle de tercer orden	903.83	SE
Calle	Calle de tercer orden	974.76	SE
Calle	Calle de tercer orden	859.48	SE
Línea de transmisión	Dos líneas en torre de acero	736.04	SE-S
Línea de transmisión	Una línea de postería doble (H)	320.65	N-NE-E-SE
Línea de transmisión	Una línea de postería doble (H)	851.84	SE
Camino	Brecha	0.00	N-NE
Camino	Brecha	0.00	SO-O-NO
Camino	Brecha	0.00	SO-O-NO
Camino	Brecha	0.00	SO-O-NO
Camino	Brecha	0.00	SO-O-NO
Camino	Brecha	0.00	SO-O-NO
Camino	Brecha	0.00	SO-O-NO
Camino	Brecha	0.00	SO-O-NO
Camino	Brecha	0.00	SO-O-NO
Camino	Brecha	1.26	N-NE
Camino	Brecha	256.50	SO-O-NO
Camino	Brecha	313.15	SO-O-NO

Categoría	Tipo	Distancia (m)	Orientación
Camino	Brecha	323.25	SO-O-NO
Camino	Brecha	352.85	SO-O-NO
Camino	Brecha	390.48	SO-O-NO
Camino	Brecha	403.54	SO-O-NO
Camino	Brecha	414.04	SO-O-NO
Camino	Brecha	615.93	SO-O-NO
Camino	Brecha	664.47	SO-O-NO
Camino	Brecha	713.61	SO-O-NO
Camino	Brecha	845.52	SO-O-NO
Camino	Brecha	943.35	N-NE
Camino	Brecha	982.28	N-NE
Localidad de tipo área	Tipo: Rural; Nombre: Tomixtlahuacán	829.47	SE
Localidad puntual	Tipo: Rural; Nombre: El Rodeo	33.12	NE

I.1.5.3.2. Población

La caracterización de la población del entorno se desarrolla sobre el registro de unidades económicas, cuyo emplazamiento constituye el indicador espacial de la concentración de personas y cuya clasificación por actividad permite distinguir los usos de mayor sensibilidad, entre ellos las escuelas y los establecimientos de atención médica.

La identificación arroja ciento ochenta y una unidades económicas en el entorno del Proyecto, distribuidas en doce categorías de actividad. La tabla siguiente resume esa distribución con el intervalo de distancias de cada categoría.

Tabla 44: Unidades económicas del entorno por actividad, distancia y ocupación

Actividad económica	Unidades	Distancia mínima (m)	Distancia máxima (m)	Ocupación predominante
Comercio al por menor	115	5419.9	6935.7	0 a 5 personas
Restaurantes	15	6305.8	6933.0	0 a 5 personas
Asociaciones y organizaciones religiosas	13	6040.5	6915.9	0 a 5 personas
Administración pública	11	6076.5	7062.1	0 a 5 personas

Actividad económica	Unidades	Distancia mínima (m)	Distancia máxima (m)	Ocupación predominante
Escuela	7	6368.3	7052.2	11 a 30 personas
Servicios estéticos	6	6510.8	6929.4	0 a 5 personas
Consultorio médico	4	6266.9	6633.5	0 a 5 personas
Fábrica	3	6407.9	6594.4	0 a 5 personas
Asociaciones y organizaciones civiles	2	6416.9	6526.4	0 a 5 personas
Comercio al por mayor	2	6513.5	6952.5	0 a 5 personas
Servicios tecnológico	2	6620.7	6750.7	0 a 5 personas
Servicios públicos	1	6669.1	6669.1	0 a 5 personas
Total	181	5419.9	7062.1	0 a 5 personas

La memoria establece el resultado de mayor consecuencia de este apartado. Ninguna de las ciento ochenta y una unidades económicas identificadas se localiza dentro del área de afectación. La más próxima se sitúa a cinco mil cuatrocientos diecinueve punto nueve metros del borde del área del proyecto, valor que excede en cinco punto cuatro veces al radio de mil metros que define la envolvente. La distancia media del conjunto es de seis mil quinientos cincuenta y seis punto cuatro metros y la máxima de siete mil sesenta y dos punto uno metros.

La distribución espacial es asimismo concluyente en cuanto a su orientación. Ciento ochenta de las ciento ochenta y una unidades se localizan en dirección noreste, y corresponden a la cabecera municipal de Cuetzala del Progreso. Una sola unidad, de comercio al por menor, se sitúa en dirección sureste. El entorno inmediato del Proyecto carece en consecuencia de concentración de actividad económica, y la población del área de afectación se limita a los dos asentamientos rurales que el apartado precedente identifica.

La estructura de ocupación de las unidades identificadas confirma el carácter disperso de la actividad. Ciento setenta y una de las ciento ochenta y una unidades, equivalentes al noventa y cuatro punto cinco por ciento, declaran una ocupación de cero a cinco personas. Cinco unidades declaran de seis a diez personas, cuatro de once a treinta, y una sola unidad, de administración pública, declara de cincuenta y una a cien personas.

La memoria consigna de manera expresa la presencia de los usos de mayor sensibilidad y su distancia. Se identifican siete escuelas, situadas entre seis mil trescientos sesenta y ocho punto tres y siete mil cincuenta y dos punto dos metros, y cuatro consultorios médicos, situados entre seis mil doscientos sesenta y seis punto nueve y seis mil seiscientos treinta y tres punto cinco metros. La totalidad de ambos conjuntos se localiza en la cabecera municipal, a más de seis kilómetros del área del proyecto.

La memoria establece la consecuencia de estos resultados sobre el análisis de riesgo del capítulo I.4. La ausencia de unidades económicas dentro del área de afectación determina que ningún

escenario de riesgo cuyo alcance se sitúe dentro de la envolvente de mil metros alcance a población concentrada. Los receptores de población dentro del área de afectación son exclusivamente los dos asentamientos rurales, y el receptor determinante es la localidad de El Rodeo por su proximidad de treinta y tres punto doce metros.

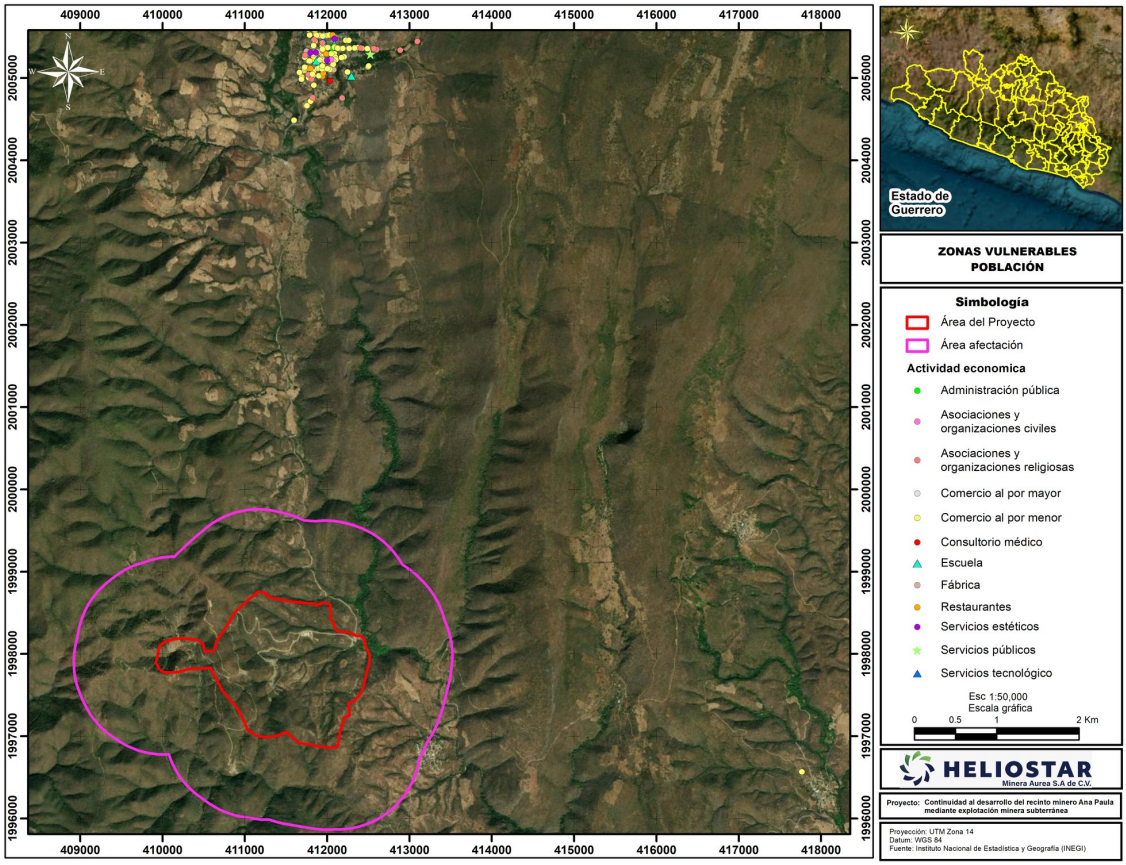


Figura 20: Zonas vulnerables: actividad económica del entorno regional. Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía

La figura siguiente presenta el mismo análisis a la escala del área de afectación y acredita de manera gráfica la ausencia de unidades económicas dentro de la envolvente de mil metros.

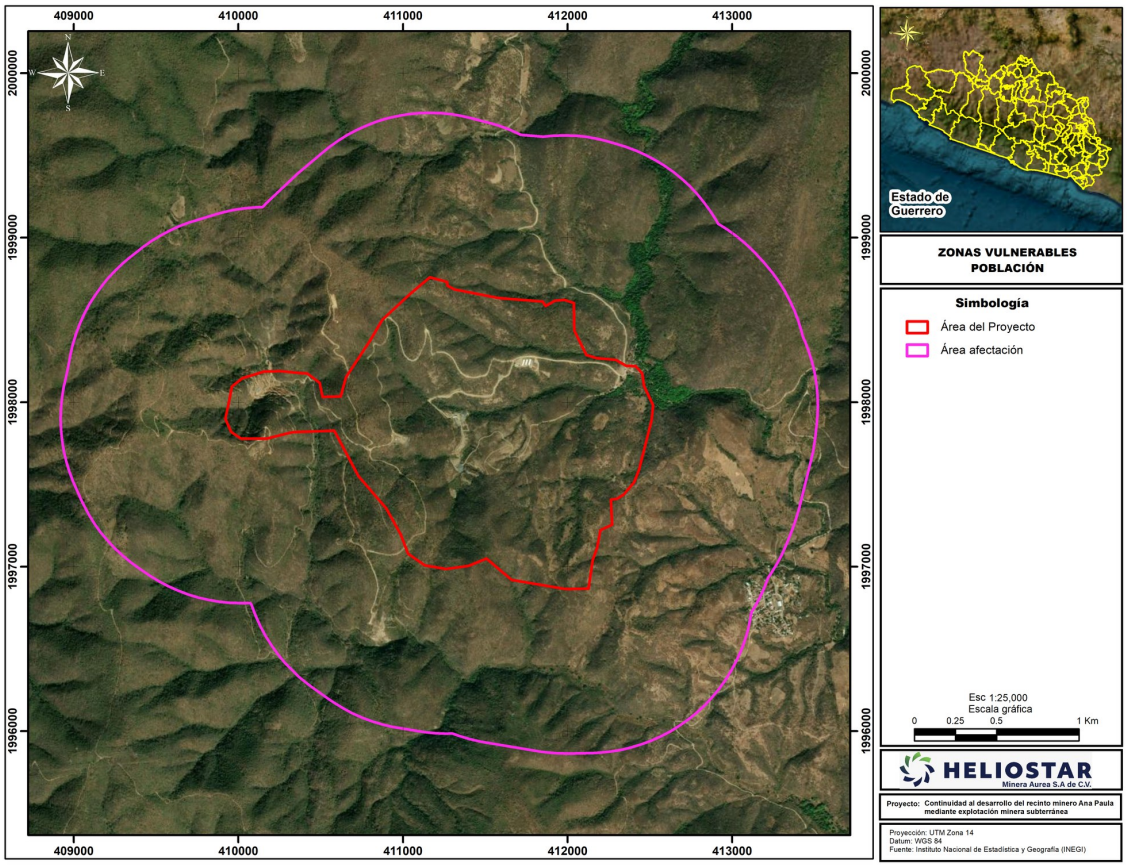


Figura 21: Zonas vulnerables: población dentro del área de afectación. Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía

I.2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO

Descripción del Proceso

Se han realizado pruebas metalúrgicas y análisis mineralógicos sobre dos muestras compositos del yacimiento mineral de Ana Paula. Los resultados muestran un material de dureza media. Aproximadamente el 38% del contenido de oro es refractario debido a la encapsulación en sulfuros de hierro, principalmente en arsenopirita y pirita arsenical. El resto del oro puede liberarse moliéndolo y recuperarse mediante concentración gravimétrica o cianuración directa.

Se ha desarrollado un diagrama de flujo del proceso adecuado para la mineralogía del mineral de Ana Paula y su respuesta al tratamiento metalúrgico. La roca mineralizada directo de mina pasa a trituración y molienda hasta un 80 % por debajo de 160 micras, se procesa mediante flotación por espuma para recuperar sulfuros y oro, concentración gravimétrica para recuperar oro libre en el circuito de molienda, oxidación biológica (BIOX®) del concentrado de sulfuros y lixiviación con cianuro de la pulpa de concentrado oxidado.

La Figura 22 muestra un esquema simplificado del proceso general de la planta. Esto provee la base para la descripción del proceso que se presenta a continuación.

Criterios de Diseño de Procesos

La planta de procesamiento diseñada para el Proyecto tendrá una capacidad nominal de 2,000 t/d. El plan de mina actual, desarrollado para el Proyecto, se basa en una producción anual de 365 días, con un total de 8.03 millones de toneladas de material mineral durante 11 años. La producción aumentará gradualmente hasta 730,000 toneladas de material mineral al año para el segundo año, y continúa a ese ritmo hasta el undécimo año.

Para el diseño, se utilizará una disponibilidad general del molino del 92 %, excepto para la trituradora primaria y secundaria, cuyas disponibilidades son del 75 %. Estas disponibilidades de diseño son comunes para proyectos actuales y recientes, y se ajustan a las especificaciones generales de los proveedores. Para simplificar, la «disponibilidad» se define como el tiempo de funcionamiento real estimado del equipo. La nomenclatura y los parámetros de seguimiento pueden variar de una operación a otra.

La planta de procesamiento se diseñó con base en la ley de oro, el contenido de sulfuro-azufre, el contenido de arsénico y la extracción de masa, como se muestra en la Tabla 45. Según el programa de la mina, la recuperación másica promedio por flotación sería del 12.7 %. Se espera que la recuperación másica promedio anual más alta se produzca en el tercer año, con un 15.5 %. Estas cifras no estaban disponibles durante el diseño de la planta, por lo que la recuperación másica de diseño se fijó en un 20 %, que fue el promedio de los dos compuestos analizados para este estudio. Sin embargo, es posible que las extracciones de masa instantáneas o incluso diarias superen el 15.5 %, por lo que la planta debería ser capaz de absorber estos aumentos repentinos.

Tabla 45: Leyes de cabeza promedio de la vida de la mina y recuperaciones

Parámetro	Cabeza	Recuperación por Flotación, %	Recuperación general, %
Oro, g/t	5.4	95	90
Azufre Sulfurado, %	2.59	96	—
Arsénico, %	1.74	97	—
Recuperación Másica Promedio, %	—	12.7	—

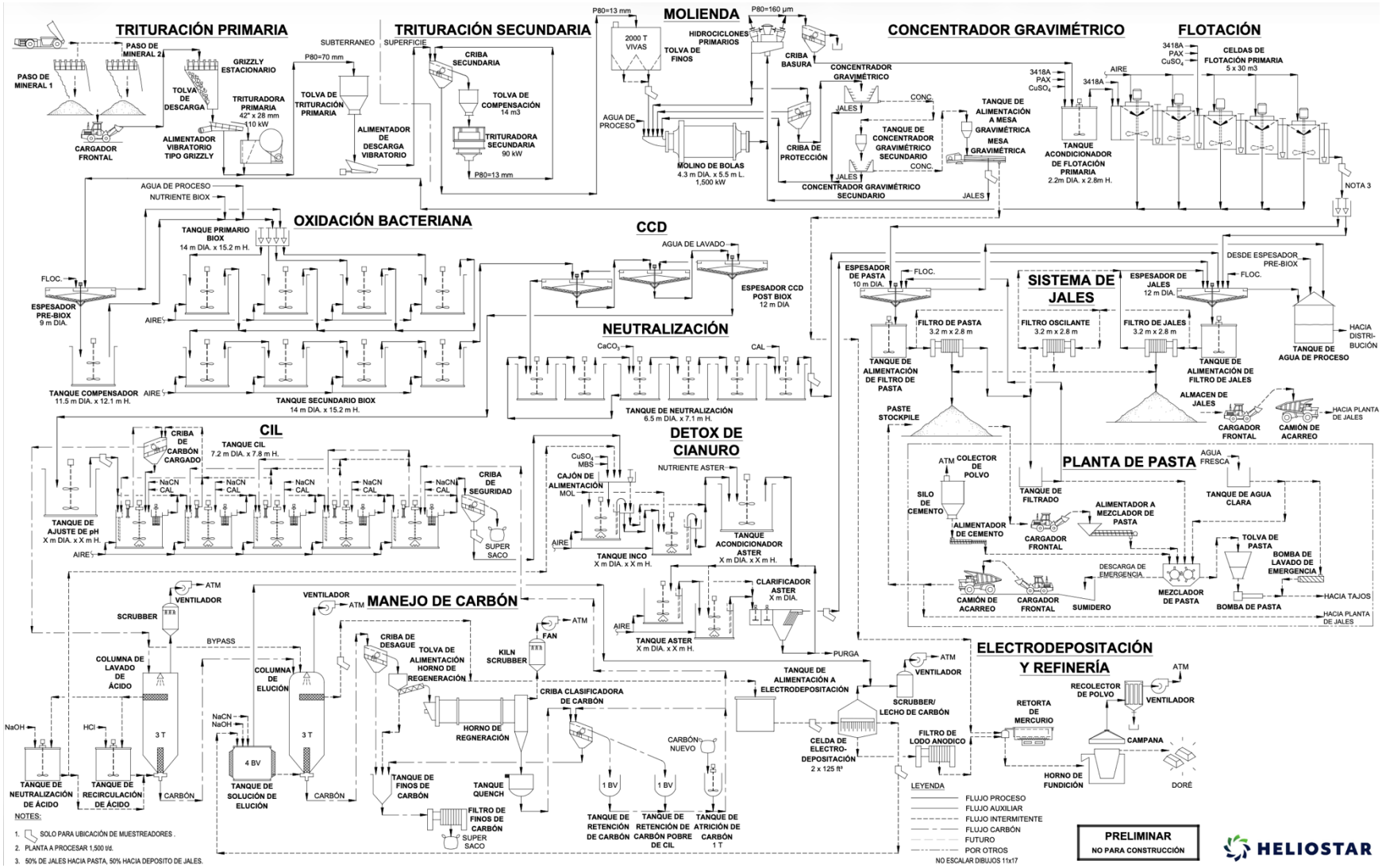
La Tabla 46 es un resumen de los principales componentes de los criterios de diseño de procesos utilizados para el estudio. Se ha preparado un documento detallado de criterios de diseño de procesos que forma parte de las referencias del Proyecto.

Tabla 46: Criterios destacados de los criterios de diseño de procesos

Descripción	Diseño
Capacidad	
Toneladas por día, nominal	2,000
Toneladas por año	730,000
Mineral SG	2.7
Disponibilidad	
General	92%
Trituración primaria	75%
Trituración secundaria	75%
Trituración primaria	
Alimentación F80, mm	300
Producto P80, mm	80
Índice de trabajo por trituración Bond, kWh/t	13

Descripción	Diseño
Trituración secundaria	
Alimentación F80, mm	68
Producto P80, mm	13
Índice de trabajo de trituración por impacto Bond, kWh/t, promedio (percentil 80)	15.0 (17.3)
Molienda con molino de bolas	
Alimentación F80, mm	13
Producto P80, micras	160
Índice de trabajo de molienda Bond, kWh/t, percentil 80	22.1
Índice de abrasión de enlaces, g, promedio	0.397
Flotación	
Tiempo mínimo de flotación de laboratorio, min	22
Factor de retención de aire	1.15
Factor de escalamiento	2.5
Tiempo mínimo de flotación de la planta, min	55
Extracción másica de diseño	20%
Oxidación biológica (BIOX®)	
Densidad de la pulpa, % de sólidos	15
Temperatura, mínima, $^{\circ}C$ ($^{\circ}F$)	42 (107.6)
Tiempo de oxidación, d	6 - 8
Oxidación sulfuro-azufre, %	≥ 90
Cianuración (Carbon-en-lixiviación)	
Tiempo de Lixiviación, h	24
% de sólidos	40 - 45

Figura 22: Diagrama de flujo general de procesos (M3 Engineering, plano 0000-FS-000 Rev. P5, 18 de agosto de 2026)



Comunicación

La trituración primaria y secundaria se diseñó utilizando el simulador Bruno® de Metso. El molino de bolas se dimensionó usando el formato clásico de cálculos de Bond a el percentil 80 del índice de trabajo de molino de bolas Bond.

Trituración Primaria y Secundaria

El mineral extraído de la mina se tritura en la estación de trituración primaria subterránea, mediante una trituradora de quijada Metso C106 o equivalente, con una abertura de 1,067 mm por 711 mm y accionada por un motor de 75 kW. La alimentación de diseño es F80 igual a 300 mm y el producto P80 igual a 80 mm. El mineral triturado se transfiere a una tolva de regulación, que funciona como amortiguador entre la trituradora y la banda transportadora principal, y pasa por debajo de un imán instalado sobre la banda para retirar cualquier elemento de acero que pudiera dañarla. La banda transportadora principal, instalada en la parte posterior del desarrollo de acceso primario, conduce el mineral a superficie hasta la instalación de procesamiento y el patio de almacenamiento. El almacén de mineral triturado en superficie tendrá una capacidad viva de 2,000 toneladas, equivalente a un día de alimentación del molino a capacidad nominal.

En superficie, el mineral triturado se reclamará desde el almacén de mineral triturado mediante dos alimentadores hacia la banda transportadora de alimentación de trituración secundaria, que luego alimentará el material a una criba secundaria. El sobre tamaño de las cribas secundarias fluirá por gravedad hacia una tolva, que alimentará la trituradora secundaria – una trituradora de cono Metso HP200e o equivalente. El producto de la trituradora secundaria volverá a la criba secundaria y completará el circuito. El fino de la criba secundaria se trasportará mediante bandas a un depósito de materiales finos (capacidad de 2,000 toneladas en vivo).

La supresión del polvo se realizará mediante rociado de agua en la estación de trituración primaria subterránea, en los puntos de transferencia de la banda transportadora principal y en los puntos de descarga de los alimentadores en superficie. Una báscula de banda se incluirá en la banda transportadora de alimentación del molino de bolas tras los alimentadores.

Molienda

El circuito de molienda del Proyecto consistirá en un molino de bolas en circuito cerrado con un conjunto de hidrociclones. El material triturado se alimentará desde la tolva de finos mediante una banda transportadora hasta el molino de bolas; las dimensiones del molino de bolas serán de 5.0 metros de diámetro por 7.9 metros de longitud efectiva de molienda (EGL), accionado por un motor de velocidad fija de 3,356 kW (4,500 hp). El molino de bolas también recibirá el bajoflujo del hidrociclón, que proporcionará la mayor parte, si no toda, del agua necesaria para la molienda.

El molino de bolas descargará por gravedad a un sumidero, que funcionará como la caja de la bomba de alimentación a ciclones. La pulpa se bombeará desde el sumidero a un conjunto de tres hidrociclones de 20 pulgadas (2 funcionando y 1 en espera) mediante una de dos bombas de pulpa de 75 kW (100 hp) (1 en funcionamiento, 1 en espera). Ambos motores serán controlados por variadores de frecuencia variable de media tensión.

El bajo flujo del grupo de ciclones fluirá por gravedad al molino de bolas. El rebose del ciclón constituye el producto final del circuito de molienda y se alimentará al circuito de flotación. El tamaño objetivo de distribución es un 80 % pasando 160 micrómetros.

Concentración gravimétrica

Una fracción del bajo flujo del hidrociclón se procesará para recuperar oro mediante concentradores centrífugos gravimétricos de dos etapas. El concentrado gravimétrico se enriquecerá aún más en la refinería mediante una mesa vibratoria. El concentrado de gravimétrico final se mezclará con los lodos de electrodeposición antes de la fundición.

Según los resultados de las pruebas, aproximadamente el 40 % del oro será recuperable por concentración gravimétrica. En el diseño actual, el 36 % de la carga circulante se tratará en la sección de concentración gravimétrica de la planta. Esto corresponde a aproximadamente el 20 % del oro recuperado por el circuito de gravimétrico.

Los concentradores gravimétricos serán concentradores gravimétricos centrífugos, alimentados desde el bajo flujo de una criba vibratoria. La máquina funcionará en modo semicontinuo, en un ciclo establecido, para concentrar y luego descargar los materiales pesados a la siguiente etapa de tratamiento. Los jales de la operación de gravimétrica se devolverán al chute de alimentación del molino de bolas con el bajo flujo del ciclón.

Flotación

Los sulfuros presentes en el material extraído se flotarán a su pH natural utilizando amil-xantato de potasio (PAX) como colector, sulfato de cobre como activador y F131A o similar como espumante. El AERO 3418A podría utilizarse en el futuro como promotor si se demuestra que mejora la recuperación de oro.

El tiempo promedio de flotación rougher en laboratorio, determinado durante varias pruebas a escala de laboratorio, será de 22 minutos. Con un factor de escalamiento de 2.5, una retención de aire del 15 % y un 30 % de sólidos, esto requerirá 55 minutos de tiempo de residencia en planta. Esto requerirá de 6 celdas de flotación de 70 m³.

La flotación de sulfuros se realizará en una sola etapa de flotación rougher. El rebose del ciclón se enviará primero a un tanque de acondicionamiento de 8 m³ y luego a un banco de seis celdas tanque de flotación de 70 m³. Cada mecanismo de celda de flotación será accionado por un motor de 75 kW (100 hp) mediante un reductor de engranajes. El aire de flotación será suministrado por un soplador de 150 kW (200 hp).

El concentrado de flotación se bombeará al espesador de concentrado en preparación para la biooxidación.

Espesamiento y Filtración de jales

La pulpa de jales de flotación se dividirá en dos flujos, y se bombeará a dos espesadores separados. Un espesador más pequeño (espesador de alta velocidad de 12 m de diámetro) espesará 38 t/h de jales de flotación que alimentarán la planta de pasta, mientras que un espesador más grande (espesador de alta velocidad de 15 m de diámetro) espesará el resto de los jales de flotación combinado con los residuos de lixiviación y los residuos de neutralización de licor BIOX hasta obtener aproximadamente entre un 50 y 55% de sólidos.

Los bajo flujos de los dos espesadores serán tratados mediante filtros prensa de cavidad reprimida. Tres filtros prensa de tamaño idéntico conformarán la planta de filtración, con un filtro prensa dedicado para cada flujo espesado y una tercera filtro prensa en el centro que actúa como repuesto para cualquiera de las dos.

Los jales de flotación filtrados se transferirán al stock de alimentación de la planta de pasta. Los residuos combinados de flotación filtrada y BIOX se enviarán a la instalación de almacenamiento de jales filtrados para su depósito final.

Espesamiento de Concentrado

El concentrado del circuito de flotación rougher se deshidratará en el espesador de alta velocidad de 9 m de diámetro hasta alcanzar una densidad de pulpa del 55 % de sólidos. Se añadirá floculante a la alimentación del espesador para facilitar la sedimentación. La velocidad de extracción de sólidos sedimentados se controlará mediante una de las dos bombas de bajo flujo (una en funcionamiento y otra en espera) para mantener la densidad del bajo flujo del espesador o la carga de sólidos. Cada bomba estará accionada por un motor de 7,5 kW (10 hp) con un controlador de frecuencia variable para suministrar pulpa a un caudal máximo nominal de 37 m³/h.

El sobre flujo del espesador de concentrado se bombeará al tanque de recuperación de la solución mediante dos bombas centrífugas horizontales de velocidad fija, una en funcionamiento y otra en espera, cada una accionada por un motor de 7,5 kW (10 hp) con una capacidad nominal de 35 m³/h.

El espesador de concentrado de alta velocidad estará montado sobre estructura de acero sobre cimientos. Un área de contención de hormigón con losa sobre el terreno y muros de concreto contendrán los escurrimientos pluviales y los derrames del proceso. El piso tendrá una pendiente que conducirá a sumideros que bombearán los líquidos y sólidos contenidos de vuelta al proceso.

Diagrama de Flujo de Oxidación Biológica (BIOX®)

Aproximadamente el 38% del oro en el material es refractario, estando encapsulado en pirita, arsenopirita y pirita arsenical. Sin oxidación, solo alrededor del 62% se recuperará por cianuración directa, incluso tras moler finamente hasta obtener un material 80% pasando 10 micrómetros. Existen algunas alternativas para liberar oro encapsulado, incluyendo la tostación, oxidación ácida a presión, oxidación atmosférica y oxidación biológica. La planta actual utilizará oxidación biológica (biooxidación), empleando la tecnología patentada BIOX® de Metso.

La principal consideración para desarrollar el diagrama de flujo de la sección Ana Paula BIOX para tratar el concentrado de sulfuro refractario fue lograr consistentemente altos niveles de oxidación de sulfuro y azufre. Otro objetivo era obtener agua de proceso de buena calidad a partir de la neutralización del licor ácido BIOX para fortalecer el balance hídrico.

El trabajo de pruebas de biooxidación por lotes mostró que ambos requisitos, es decir, lograr una alta oxidación de sulfuros, y producir un agua de proceso de buena calidad, eran alcanzables y, para ello, un diseño de circuito BIOX de Ana Paula se basó principalmente en la filosofía estándar de diseño BIOX de Metso.

El circuito de biooxidación tendría un total de ocho reactores BIOX configurados como 4 reactores primarios en paralelo, con el producto oxidado combinado que se desbordaría en 4 reactores secundarios que operarán en serie.

El circuito de neutralización tendría un total de 6 reactores operando en serie. Este circuito tendría el control de pH configurado a un pH de 5 en el Tanque 3 con un ajuste final a un pH de 7 en los Tanques 5 y 6.

Las pulpas de proceso que emanan del proceso BIOX son ácidas y corrosivas, por lo que la elección del material correcto para la construcción es una consideración importante en el diseño del circuito. Además, las piezas de proceso relacionadas y equipo de apoyo, como bombas, tuberías, válvulas y

componentes de instrumentación, deben considerarse cuidadosamente. Para la filosofía de diseño de proceso del circuito BIOX de Ana Paula, se seleccionó un acero inoxidable dúplex. A continuación, se presenta una visión general de la descripción del proceso del circuito BIOX.

Sección de Alimentación BIOX

El bajo flujo del espesador de concentrado de flotación se bombeará al tanque de compensación BIOX. Una criba de basura, instalada antes del circuito de flotación, eliminará todas las astillas de madera y los restos presentes en la pulpa de alimentación de flotación. El tanque de compensación estará equipado con un agitador y tendrá un tiempo de retención total de 60 horas a la tasa de alimentación de concentrado de diseño de 340 t/d. Esto también permite mantener una alimentación constante al circuito en caso de una parada aguas arriba, así como suavizar las variaciones de ley del concentrado antes de la alimentación.

El concentrado se alimentará a los reactores primarios de BIOX mediante una bomba de alimentación de velocidad variable. Se instalará una bomba de alimentación de reserva. El concentrado se diluirá automáticamente hasta alcanzar una densidad fija de pulpa inyectando agua de proceso en la línea de succión de la bomba a través de una válvula de control de agua. El caudal másico hacia los reactores primarios se basará en mediciones registradas con un flujómetro magnético en combinación con un densitómetro situado en la línea de alimentación. El caudal másico se controlará hasta un punto establecido variando la velocidad de la bomba de alimentación BIOX. Se instalará una bomba de derrame de la alimentación BIOX con derrames desde la zona de concentrado que reporta de vuelta al tanque de sobretensión BIOX.

Sección del Reactor BIOX

La sección de biooxidación de la planta consistirá en cuatro reactores principales que operan en paralelo y cuatro secundarios en serie. La pulpa concentrada diluida será bombeada por la bomba de alimentación BIOX a un muestreador de flujo de pulpa donde se tomará una muestra representativa para fines contables. Las colas del muestreador gravitarán hacia el divisor de alimentación, que estará diseñado para dividir el flujo con precisión en cuatro flujos, con la posibilidad de un quinto flujo que reporte al primer reactor secundario. La solución nutritiva también se introducirá al divisor de alimento desde el tanque dosificador mediante la bomba dosificadora.

La pulpa combinada fluirá entonces a los cuatro reactores primarios que operan en paralelo. Los reactores primarios se desbordarán a través de tuberías ascendentes hacia canaletas que transportarán el concentrado semioxidado al primer reactor secundario. La pulpa fluirá por gravedad desde el primer reactor secundario hasta el segundo, tercer y cuarto (final) reactor secundarios. Canaletas de derivación permitirán desconectar cualquiera de los reactores para su mantenimiento. La canaleta primaria combinada estará equipada con válvulas de compuerta neumáticas para dirigir el flujo de la pulpa entre el primer y el segundo reactor secundario.

El cultivo de BIOX se mantendrá activo en los reactores controlando las condiciones de la pulpa dentro de rangos específicos. Los reactores estarán equipados con un serpentín de refrigeración a través de los cuales circulará el agua de refrigeración. La temperatura de la pulpa se controlará automáticamente a 42 °C (107.6 °F) mediante válvulas de control de temperatura en los colectores de entrada a los serpentines de refrigeración de cada reactor. Las reacciones de oxidación son altamente exotérmicas, por lo que será necesario enfriar la pulpa.

El oxígeno necesario para la oxidación de sulfuros se suministrará mediante aire, y se inyectará aire soplado de baja presión en los reactores mediante anillos de burbujeo instalados debajo de las

turbinas agitadoras. Los agitadores del reactor BIOX son agitadores especializados, diseñados para la dispersión eficiente del aire y así lograr altas tasas de transferencia de masa de oxígeno.

El pH de la pulpa se controlará entre 1.1 y 1.7 mediante adiciones temporizadas de pulpa de piedra caliza desde un anillo principal de piedra caliza. El producto BIOX oxidado del reactor secundario final se depositará por gravedad en el primer tanque de mezcla entre etapas del circuito espesador de decantación a contracorriente (CCD). La naturaleza corrosiva de la pulpa BIOX requiere la instalación de regaderas de emergencia en el área de biooxidación. Estas regaderas deben estar ubicadas tanto sobre el reactor como a nivel del suelo.

Se instalará un sistema de pulverización de antiespumante para pulverizar reactivos antiespumantes diluidos sobre la superficie de los reactores BIOX. La velocidad de alimentación de la solución antiespumante diluida al sistema se controlará ajustando la tasa de adición de la solución antiespumante concentrada, así como el caudal volumétrico de la solución antiespumante diluida a cada reactor.

Sección de Decantación de Contracorriente (CCD)

Durante la biooxidación de concentrados de flotación, se solubilizan hierro, azufre y arsénico. Estas sustancias se lavarán del producto BIOX en una serie de tres espesadores CCD. El producto BIOX fluirá por gravedad hacia el primer tanque de mezcla entre etapas y se mezclará con el sobre flujo del segundo espesador CCD. Los tanques de mezcla entre etapas están equipados con agitadores para ayudar en el lavado concentrado. La solución de floculante también se introducirá a la cámara de alimentación del espesador y/o al tanque de mezcla entre etapas de espesadores CCD. La solución de sobre flujo del primer espesador fluirá hacia un tanque de sobre flujo y luego será bombeada al primer tanque de neutralización por las bombas de solución ácida. El bajo flujo del primer espesador será bombeado por las bombas de bajo flujo del espesador al tanque de mezcla entre etapas antes del segundo espesador CCD.

El agua de lavado se bombeará al tanque de mezcla entre etapas antes del tercer espesador CCD. El bajo flujo del segundo espesador se mezclará con agua de lavado en el tanque de mezcla entre etapas del último espesador CCD. La pulpa puede volver a flocularse antes de que fluya hacia la cámara de alimentación (o en la propia cámara de alimentación) del tercer espesador. El sobre flujo de este espesador fluirá a través de un lavado hasta el tanque de mezcla entre etapas antes del segundo espesador.

El bajo flujo del tercer espesador será bombeado por las bombas de bajo flujo del espesador hacia el(los) tanque(s) de ajuste de pH para aumentar el pH de la pulpa hasta 11. Se instalarán regaderas de emergencia en la zona de espesadores CCD. El derrame generado en esta zona fluirá hacia el sumidero derrame CCD, desde donde será bombeado a los tanques mezcladores Inter-etapas de los espesadores CCD segundo o tercero por la bomba de derrame CCD.

Neutralización

La solución ácida del CCD se bombeará al primer o segundo tanque de neutralización (a través de la caja de alimentación/distribuidor de neutralización) mediante la bomba de solución ácida. La solución fluirá a través de seis tanques de neutralización. La primera adición de piedra caliza se añadirá al segundo y/o tercer tanque de neutralización, y la adición de cal se añadirá al quinto (y sexto) tanque de neutralización, de modo que la pulpa que salga del circuito de neutralización (tanque 6) tenga un pH de 7. Los tanques de neutralización se agitarán y airearán. El efluente fluirá

de un tanque al siguiente a través de canaletas. Estas canaletas estarán dispuestas de forma que se pueda desviar cualquier tanque para su mantenimiento.

Se instalarán dos bombas de reciclaje para extraer el efluente del tercer o cuarto tanque y reciclarlo al primero. Esto permitirá un uso eficiente de la caliza en todo el circuito.

La experiencia en otras operaciones de BIOX ha demostrado que el reciclaje también permite la formación de un perfil de pH más progresivo y estable en los tanques de neutralización. El efluente neutralizado fluirá desde el último tanque de neutralización hasta la siguiente área de procesamiento. Los derrames generados en el área de neutralización se lavarán al sumidero de neutralización, desde donde se bombearán al primero o al segundo tanque de neutralización mediante una caja de distribución. Se instalarán regaderas de emergencia en la zona.

Preparación de Reactivos

Los nutrientes son esenciales para el crecimiento y la reproducción bacteriana. Se añadirá nitrógeno, potasio y fósforo (N, P, K) a la pulpa de alimentación BIOX en el separador de alimento como una solución al 15 % (p/v) de sulfato de amonio, fosfato de potasio y fosfato monoamónico. Estos reactivos también pueden recibirse como fertilizante en polvo premezclado. Los nutrientes se prepararán en el tanque de reposición de nutrientes, equipado con un agitador.

Se instalará una tolva de alimentación de nutrientes (con un rompedor de bolsas) para alimentar los reactivos en el tanque de reposición de nutrientes. Se utilizará una grúa para elevar las bolsas de reactivos. La solución nutritiva se bombeará desde el tanque de reposición hasta el tanque de dosificación mediante la bomba de transferencia de nutrientes, y se introducirá en el separador de alimento BIOX mediante la bomba dosificadora de nutrientes. Se instalará una regadera de emergencia en el área de reposición de reactivos. Los derrames generados en la zona se bombearán al tanque de reposición de nutrientes mediante la bomba de derrames de nutrientes.

El floculante para los espesadores CCD se preparará en la unidad de reposición de floculante CCD. La solución floculante se bombeará desde el tanque de reposición hasta el tanque de almacenamiento mediante la bomba de transferencia de floculante. Las bombas dosificadoras de floculante la enviarán a las cámaras de alimentación de los espesadores CCD o a los tanques de mezcla entre etapas; una bomba operará como unidad de reserva. Se utilizará una inyección de agua en línea para diluir el floculante concentrado. Los derrames de esta zona se bombearán al primer tanque de rebose del espesador CCD o al tanque de mezcla CCD 1 mediante la bomba de derrames CCD.

La lechada de cal se bombeará al tanque de almacenamiento de cal desde la zona de reposición y se dosificará a los tanques BIOX y de neutralización mediante un sistema de anillo principal. Los derrames generados en el área de almacenamiento de caliza y cal se bombearán al tanque de almacenamiento correspondiente.

Servicios

El aire se suministrará a los reactores BIOX mediante sopladores de paletas variables de alta eficiencia. Uno de los sopladores estará equipado con un variador de velocidad. Los sopladores contarán con enfriadores posteriores para enfriar el aire por debajo de los 60 °C antes de inyectarlo en los reactores a través de los anillos de aspersión. El número y la configuración de los sopladores BIOX se confirmarán tras conversaciones iniciales con los proveedores para encontrar la configuración óptima, considerando las necesidades de energía de reserva. El agua de refrigeración

para los sopladores y enfriadores posteriores se suministrará desde la torre de refrigeración de los sopladores mediante las bombas de agua de refrigeración de los sopladores.

La temperatura de la pulpa en los reactores BIOX se mantendrá entre 38 y 42 °C mediante la circulación de agua de refrigeración por los serpentines. El agua caliente retornará a las torres de refrigeración BIOX. Las bombas de agua de refrigeración BIOX bombearán el refrigerante desde el pozo de la torre de refrigeración hasta los reactores. Este circuito de agua de refrigeración también estará equipado con filtros de corriente lateral.

El biocida, el inhibidor de corrosión y el antiincrustante se dosificarán en el pozo de la torre de enfriamiento. La purga del agua de enfriamiento se controlará automáticamente según su conductividad. Las mediciones de pH y conductividad deben incluirse en el pozo de la torre de enfriamiento. Las mediciones de conductividad se utilizarán para la gestión de la calidad del agua.

El aire de planta a alta presión y el aire seco de instrumentación se suministrarán mediante un compresor de aire. El aire comprimido pasará por una etapa de secado y des humectación para el aire de planta a alta presión y una segunda etapa de secado para el aire de instrumentación a alta presión.

La energía de emergencia de respaldo se suministrará con generadores diésel de emergencia.

Cianuración con Carbon en Lixiviación (CIL)

La pulpa oxidada del circuito CCD BIOX se enviará a un tanque de ajuste de pH donde se añadirá cal para aumentar el pH a 10.5. La pulpa fluirá por gravedad hacia la caja de alimentación de carbón en lixiviación (CIL), donde se combinará el reactivo cianuro de sodio dentro del primer tanque CIL.

La lixiviación de cianuro se logrará en cinco tanques CIL agitados. Los tanques estarán construidos con acero dulce recubierto de epoxi. El aire se suministrará mediante una tubería bajo un cono invertido situado directamente debajo del agitador.

Según los resultados de las pruebas de lixiviación, un tiempo de residencia de 24 horas será suficiente para alcanzar la recuperación objetivo de oro. Tras la lixiviación, el carbón activado cargado se enviará a la planta de carbón para su desmontaje y electro obtención.

Planta de manejo de carbón – elución de carbón y recuperación de metales por electro obtención

Una vez separado el carbón cargado de la pulpa lixiviada, se transportará a la planta de manejo de carbón. Primero, se lavará con una solución diluida de ácido clorhídrico para eliminar las incrustaciones, se enjuagará y luego se bombeará al tanque de extracción de carbón. Este tanque será un recipiente a presión con capacidad para extraer 3 toneladas de carbón por lotes. El proceso de extracción seguirá el procedimiento Zadra a presión, desarrollado por la Oficina de Minas de EE. UU. Consiste en poner en contacto una solución caliente de cianuro y cáustico (0.15 % de cianuro, 1.25 % de cáustico) a una velocidad de 2 volúmenes de lecho por hora. La solución se introducirá por el fondo del lecho de carbón y rebosará en la parte superior del tanque a través de una o más mallas cilíndricas Johnson. La solución se precalentará a 135°C mediante intercambiadores de calor. Debido a la elevada temperatura, el tanque de extracción se mantendrá a aproximadamente 550 kPa para evitar la ebullición.

Durante la extracción, el oro se desorberá del carbón activado en la solución de extracción. Esta solución cargada, se enviará a las celdas de electrodeposición a través de un intercambiador de calor. En las celdas de electrodeposición, el oro se depositará por electrólisis en un cátodo de acero

inoxidable. El ánodo suele ser una malla de alambre de acero inoxidable o una placa perforada. Dependiendo de las condiciones de la electrodeposición, parte del oro se desprenderá de los cátodos y se acumulará en el fondo de las celdas como lodo.

Cuando están completamente cargados, los cátodos se lavarán a presión para desalojar el oro y se recogerán con el lodo en el fondo de las celdas de electro obtención. El lodo se descargará a un tanque y se filtrará a través de un filtro prensa de placas y marcos.

El residuo filtrado se secará en retortas. El mercurio presente en el lodo se retirará y se recogerá para su correcta eliminación. El lodo seco se fundirá en un horno basculante para producir oro fundido, que se verterá en moldes para obtener el producto final: lingotes de doré.

Reactivos y Consumibles

Los reactivos de proceso y los consumibles del molino se enumeran en la siguiente Tabla:

Tabla 47: Lista de Reactivos y Consumibles de Proceso

Reactivo o Consumible	Área utilizada
Potasio Amil Xantano (PAX)	Flotación
Sulfato de cobre (CuSO4)	Flotación
Espumante (por ejemplo, Flottec F131a)	Flotación
Medios Nutritivos BIOX (0K y 9K)	BIOX
Melaza + NH4HPO4	ASTER Nutrientes desintoxicantes
Cianuro de sodio (NaCN)	CIL
Floculantes	BIOX CCD, espesamiento de concentrados, espesamiento de jales
Cal	CIL, BIOX, desintoxicación de jales.
Piedra caliza	BIOX
Ácido clorhídrico (HCl)	Manipulación de carbón
Hidróxido de sodio (NaOH)	Manipulación de carbón
Carbón activado	CIL, Manipulación de Carbón
Antiincrustante	Manipulación de carbón
Metabisulfito de sodio (SMBS)	Desintoxicación de jales de lixiviación
Cemento	Planta de pasta para relleno de mina
Revestimientos para quebradora primaria	Trituración
Revestimientos para quebradora secundaria	Trituración
Revestimientos para molinos de bolas	Molienda
Bolas para molino	Molienda
Tela filtrante	Filtración de jales

Destrucción por Cianuro

El cianuro libre y disociable en ácido débil (WAD) residual en los jales de lixiviación se destruirá (desintoxicará) mediante oxidación con oxígeno (del aire) y metabisulfito de sodio. Se añadirá lechada de cal para mantener el pH de la pulpa entre 8,0 y 8,5. La reacción será catalizada por cobre (5 ppm), que deberá suministrarse si la alimentación al molino no contiene suficiente cobre soluble en cianuro.

El cianuro se oxida primero a cianato, que finalmente se descompone en dióxido de carbono, amoníaco y nitrógeno gaseoso. Los cianuros de hierro, más estables, se precipitarán de la solución como compuestos de ferrocianuro insolubles. De este modo, los niveles de cianuro en la solución se reducirán a un nivel ambientalmente aceptable (<50 ppm de cianuro WAD, según el Código del Cianuro). La pulpa desintoxicada se muestreará antes del espesamiento para garantizar que el contenido de cianuro WAD cumpla con el nivel de vertido objetivo.

Los reactores de desintoxicación consistirán en dos tanques agitados que operan en serie durante un tiempo total de residencia de aproximadamente dos horas.

El tiocianato estará presente en los jales de lixiviación y no será destruido por el proceso de aire-metabisulfito. Dado que el proceso BIOX tiene baja tolerancia al tiocianato, se empleará un proceso biológico (el proceso ASTER de Metso) para descomponerlo y evitar que entre en la corriente de agua de proceso.

La pulpa descargada de los circuitos de desintoxicación rebosará en una caja de descarga, desde donde se bombea al espesador de jales combinado (de 15 m de diámetro) descrito anteriormente.

Balance de Agua

El requerimiento estimado de agua cruda del Proyecto es de 65.5 m^3/h (1,572.5 m^3/d), de los cuales 63.4 m3/h se utilizarán en la operación de molienda y 2.1 m^3/h en agua potable. Un balance hídrico diario general típico se muestra en la Tabla 48 a continuación:

Tabla 48: Balance de Agua Diario Típico

Entrada	**m^3/d**
Humedad del Mineral, tph	59.7
Agua de Reposición	1,572.5
Entrada Total	1,632.2
Salida	**m^3/d**
Pasta	361.7
Residuos combinados para depósito de jales	403.6
Pérdida por evaporación - BIOX	816.0
Agua potable	50.9
Salida total	1,632.2

Consumo de agua en el proceso= 0.79 m^3/tonelada

Consumo total de agua = 0.83 m^3/tonelada

Estimación de Producción

La producción anual del Proyecto corresponde a la reemisión del plan de mina. Las bases de producción adoptadas para la descripción del proceso son las consignadas en el apartado de criterios de diseño.

I.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN

El presente apartado consigna las condiciones de operación de la planta de beneficio del Proyecto: los flujos, las temperaturas y las presiones de diseño y de operación de cada nodo del circuito, y el estado físico de las sustancias que en cada uno se manejan. Las condiciones se desarrollan siguiendo la secuencia física del proceso, área por área, y se consolidan al final del apartado en una matriz de parámetros físicos de diseño y de operación.

La planta se diseña para una capacidad nominal de tratamiento de 2,000 toneladas por día, sobre un plan de mina de 365 días de operación anual y una producción de hasta 730,000 toneladas de material mineral al año a partir del segundo año. La densidad relativa del mineral es de 2.7. La disponibilidad general de diseño del molino es del 92 %, y las disponibilidades de las trituraciones primaria y secundaria son del 75 % para ambas etapas. La recuperación global de oro de diseño es del 90 %, sobre una ley de cabeza promedio de diseño de 5.4 gramos de oro por tonelada, 2.59 % de azufre sulfuroso y 1.74 % de arsénico.

La capacidad nominal de 2,000 toneladas por día equivale a un flujo continuo de 83.3 toneladas por hora sobre veinticuatro horas de operación. El circuito de molienda se dimensiona sobre el flujo de diseño de 90.6 toneladas por hora, que es el requerido para sostener la capacidad nominal diaria bajo la disponibilidad de diseño del 92 %. Ambos valores gobiernan condiciones distintas: el primero es la base del balance de masa diario del circuito, y el segundo es la base del dimensionamiento del equipo de conminución y de clasificación.

El circuito de cianuración trata exclusivamente el concentrado de sulfuros previamente oxidado por vía biológica, a una tasa de alimentación de diseño de 340 toneladas por día de concentrado, equivalentes a 14.2 toneladas por hora de sólidos. El resto del flujo de mineral, constituido por los jales de flotación, se dirige a los circuitos de espesamiento y de filtración para su disposición como relleno de pasta en labores subterráneas y en la instalación superficial de almacenamiento de jales filtrados, sin pasar por cianuración. Esta distinción delimita el inventario físico de cianuro dentro de la planta.

La conminución opera en su totalidad a temperatura ambiente y a presión atmosférica, sobre mineral en estado sólido. La trituración primaria, ejecutada en subsuelo, procesa una alimentación de diseño de F80 igual a 300 milímetros hasta un producto P80 igual a 80 milímetros, con un índice de trabajo de trituración Bond de 13 kWh/t. La trituración secundaria entrega un producto de diseño P80 igual a 13 milímetros. La molienda entrega un producto P80 igual a 160 micrómetros, con un índice de trabajo Bond de bolas en su percentil 80 de 22.1 kWh/t y un índice de abrasión promedio de 0.397 gramos.

La flotación opera a temperatura ambiente y a presión atmosférica sobre pulpa mineral al 30 % de sólidos, con una retención de aire de diseño del 15 % y un tiempo mínimo de residencia de 55 minutos sobre un volumen instalado de 420 metros cúbicos. El concentrado se espesa hasta el 55 % de sólidos y el circuito de remolienda lo reduce hasta un P80 igual a 25 micrómetros.

La oxidación biológica constituye el único nodo del circuito con control térmico activo. La temperatura de la pulpa se controla de forma automática entre 38 y 42 grados Celsius mediante serpentines de enfriamiento internos alimentados con agua de torre de enfriamiento, y el aire soplado se enfría hasta menos de 60 grados Celsius antes de su inyección. El pH de los reactores se controla entre 1.1 y 1.7 mediante adición dosificada de pulpa de piedra caliza. El tiempo de oxidación de diseño es de 6

a 8 días, con una oxidación de azufre sulfuroso igual o superior al 90 % y una densidad de pulpa de diseño del 15 % de sólidos. El tanque de compensación que alimenta el circuito opera con un tiempo de retención total de 60 horas a la tasa de alimentación de diseño.

El circuito de lavado en contracorriente y el de neutralización operan a temperatura ambiente y a presión atmosférica sobre pulpa ácida. La neutralización conduce la pulpa desde su condición ácida de salida de la bio-oxidación hasta un pH de 7 a la salida del sexto tanque, con un punto de control intermedio de pH 5 en el tercer tanque, mediante adición de piedra caliza en el segundo y tercer tanques y de cal en el quinto y sexto.

El tanque de ajuste de pH que precede a la cianuración opera con una consigna estricta de pH 11, sobre un caudal de pulpa de 24.4 metros cúbicos por hora y un tiempo de residencia de 26 minutos. La planta opera un único tanque de ajuste de pH. La consigna de 11 provee un margen de 0.5 unidades respecto del umbral crítico de 10.5, por debajo del cual se dispara el enclavamiento que corta la dosificación de cianuro de sodio; el circuito de cianuración sostiene ese piso de 10.5 de forma permanente mediante la dosificación individual de lechada de cal en cada uno de los cinco tanques CIL, y opera en un rango de pH de 10.5 a 12.

El tren de cianuración opera a temperatura ambiente y a presión atmosférica, en tanques abiertos aireados, con un volumen instalado de 1,588 metros cúbicos, un tiempo de residencia de diseño de 24 horas y un rango de sólidos de diseño de 40 a 45 %. Con una alimentación de sólidos de 340 toneladas por día a una densidad de pulpa de 1.365 toneladas por metro cúbico, el caudal volumétrico de alimentación es de 24.4 metros cúbicos por hora y el caudal volumétrico nominal en el tren es de 66.2 metros cúbicos por hora.

El tren de elución constituye el único nodo del circuito que opera fuera de las condiciones ambientales. El recipiente de extracción de carbón opera a 135 grados Celsius, mediante precalentamiento por intercambiadores de calor, y a 550 kilopascales manométricos, condición esta última cuya función es impedir la ebullición de la solución a la temperatura de operación. La presión máxima de trabajo permisible del recipiente es de 605 kilopascales. El horno de reactivación de carbón opera entre 650 y 750 grados Celsius durante 10 a 15 minutos, y hasta 750 a 850 grados Celsius durante 10 a 20 minutos para el carbón con mayor grado de incrustación, sin rebasar en ningún caso los 850 grados Celsius.

El circuito de destrucción de cianuro opera a temperatura ambiente y a presión atmosférica, con un tiempo de residencia total de diseño de 2 horas, un pH de pulpa comprendido entre 8.0 y 8.5 y catálisis con cobre a 5 partes por millón. El objetivo ambiental de la etapa es una concentración inferior a 50 partes por millón de cianuro disociable en ácido débil en la descarga.

El circuito de espesamiento y disposición de jales opera a temperatura ambiente y a presión atmosférica, y lleva la pulpa hasta un contenido de sólidos de 50 a 55 %. Del flujo total espesado, el 50 % se dirige a la planta de pasta y el 50 % restante se filtra para su transporte a la instalación superficial de almacenamiento de jales filtrados.

La subestación principal no aloja inventario de fluido de proceso y en consecuencia no presenta condiciones de operación de flujo, temperatura, presión ni composición. Su relevancia para las condiciones de operación de la planta reside en constituir el servicio crítico que alimenta las bombas, los agitadores y los lazos de dosificación cuya pérdida define la transición al estado seguro. El único inventario de sustancia peligrosa del área es el aceite dieléctrico de los transformadores de potencia.

Tabla 49: Matriz consolidada de parámetros físicos de diseño y de operación

Equipo o línea de proceso	Flujo nominal de operación (base 2,000 t/d)	Temperatura de operación	Temperatura máxima de diseño	Presión de operación	Presión de diseño	Estado físico y reactivo dominante	Observaciones
Trituración primaria y secundaria	83.3 t/h nominal; 90.6 t/h de diseño	Ambiente	No especificada	Atmosférica	No aplica	Sólido: mineral de mina y triturado	Trituración primaria subterránea, de F80 300 mm a P80 80 mm, con motor de 75 kW e índice de trabajo de 13 kWh/t. Producto de trituración secundaria P80 13 mm
Molienda, molino de bolas	90.6 t/h de sólidos secos	Ambiente	No especificada	Atmosférica	No aplica	Pulpa mineral con agua de proceso	5.0 x 7.9 m de longitud efectiva; motor de 3,356 kW (4,500 hp); P80 160 µm; índice de trabajo 22.1 kWh/t
Celdas rougher de flotación	Pulpa al 30 % de sólidos; residencia de diseño 55 min; volumen instalado 420 m³	Ambiente	No aplica	Atmosférica	No aplica	Pulpa de sulfuros con colector, activador y espumante	6 celdas de 70 m³; recuperación de oro de diseño 95 %
Molino de remolienda	Fracción del concentrado	Ambiente	No especificada	No especificada	No especificada	Pulpa de concentrado sulfuroso	355 kW; P80 25 µm
Tanque de compensación de bio-oxidación	340 t/d de concentrado; retención total 60 h	Ambiente	No especificada	Atmosférica	No aplica	Pulpa de concentrado diluido	11.5 m de diámetro por 12.1 m de altura
Reactores de bio-oxidación (4 primarios y 4 secundarios)	Alimentación de concentrado conforme al	38 a 42 °C con control automático	No especificada	Baja presión de aire soplado	No especificada	Pulpa ácida oxidante y corrosiva	14 m de diámetro por 15.2 m de altura cada

Equipo o línea de proceso	Flujo nominal de operación (base 2,000 t/d)	Temperatura de operación	Temperatura máxima de diseño	Presión de operación	Presión de diseño	Estado físico y reactivo dominante	Observaciones
	balance, con aire soplado						uno; pH 1.1 a 1.7; oxidación de diseño de 6 a 8 días
Espesadores de lavado en contracorriente (3 en serie)	No cuantificado	Ambiente	No especificada	Atmosférica	No aplica	Pulpa ácida con agua de lavado	Espesador final de 12 m de diámetro
Tanques de neutralización (6 en serie)	No cuantificado	Ambiente	No especificada	Atmosférica	No aplica	Pulpa con carbonato de calcio y cal, aireada	6.5 m de diámetro por 7.1 m de altura; perfil de pH de 5 a 7
Tanque de ajuste de pH, único, previo a cianuración	24.4 m³/h; residencia 26 min	Ambiente	No especificada	Atmosférica	No aplica	Pulpa neutralizada con cal	Consigna de operación pH 11; 2.3 m de diámetro por 2.5 m de altura
Tanque de acondicionamiento biológico	66.2 m³/h; residencia 20 min	Ambiente	No especificada	Atmosférica	No aplica	Pulpa con tiocianato y cianuro residual	3.2 m de diámetro por 3.4 m de altura
Reactor biológico aerobio	66.2 m³/h; retención hidráulica 8 h	Ambiente, aerobio	No especificada	Atmosférica, aireado	No aplica	Pulpa con biomasa aerobia y nutrientes	9.0 m de diámetro por 9.8 m de altura
Clarificador biológico	1,588.8 m³/d; tasa de desborde 35 m³ por día y por metro cuadrado	Ambiente	No especificada	Atmosférica	No aplica	Sobrenadante clarificado y lodo biológico	7.6 m de diámetro con 3.5 m de profundidad
Tanques de cianuración CIL (5 en serie)	14.2 t/h de sólidos, equivalentes a 340 t/d, al 40 a 45 % de sólidos; 66.2 m³/h	Ambiente	No especificada	Atmosférica, en tanques abiertos aireados	No aplica	Pulpa cianurada alcalina con carbón activado	7.2 m de diámetro por 7.8 m de altura cada uno; pH superior a 10.5 como lazo crítico;

Equipo o línea de proceso	Flujo nominal de operación (base 2,000 t/d)	Temperatura de operación	Temperatura máxima de diseño	Presión de operación	Presión de diseño	Estado físico y reactivo dominante	Observaciones
							residencia 24 h
Recipiente de extracción de carbón	3 t de carbón por lote; solución de 0.15 % de cianuro y 1.25 % de cáustico a 2 volúmenes de lecho por hora	135 °C, precalentada	150 °C	550 kPa manométricos	605 kPa (MAWP)	Solución acuosa cianurada cáustica caliente; recipiente sujeto a presión	Válvula de seguridad tarada en 605 kPa, con presión máxima de alivio de 665 kPa
Reactores de destrucción de cianuro (2 en serie)	Flujo igual a la salida de jales de cianuración; residencia de diseño 2 h	Ambiente	No especificada	Atmosférica	No aplica	Pulpa con metabisulfito, aire y cal; pH 8.0 a 8.5; catalizador de cobre a 5 ppm	4.3 m de diámetro por 4.6 m de altura cada uno; objetivo inferior a 50 ppm de cianuro disociable en ácido débil
Espesador de jales combinado	38 t/h de jales de flotación a la planta de pasta, más el resto combinado, hasta 50 a 55 % de sólidos	Ambiente	No especificada	Atmosférica	No aplica	Pulpa de jales destoxificada	15 m de diámetro; 50 % a la planta de pasta y 50 % a filtración
Celdas de electrodeposición	Solución cargada de oro, con caudal no cuantificado	Atemperada antes del ingreso	No especificada	Atmosférica	No aplica	Solución cianurada cargada de oro	2 celdas de 125 pies cúbicos cada una
Horno de reactivación de carbón	Carbón agotado tras deshidratación, con caudal no cuantificado	650 a 750 °C	750 a 850 °C para carbón muy incrustado	No especificada	No especificada	Carbón activado y gases de combustión	Equipado con lavador de gases dedicado; no opera por encima de 850 °C

Los Diagramas de Tubería e Instrumentación de los nodos que concentran inventario de sustancia listada se acompañan al presente Capítulo como planos independientes en formato de página A3 apaisada, con la simbología de la norma ISA-S5.1 y con la nomenclatura de identificación por área del apartado I.1.1.2. Su índice, su alcance y el resultado de su validación contra los apartados que establecen cada dato representado se desarrollan en el apartado I.4.2.2.

I.3.1. Especificación del cuarto de control

El Cuarto de Control Central constituye el centro único de supervisión y comando de la planta de beneficio. Desde este recinto se conduce la totalidad del circuito metalúrgico: trituración y molienda del Área 100, flotación de sulfuros del Área 200, oxidación biológica, lavado en contracorriente y neutralización del Área 300, ajuste de pH y lixiviación por cianuración con adsorción en carbón del Área 400, elución, refinería y destrucción de cianuro del Área 500, planta de pastas y depósito de jales filtrados del Área 600, y subestación principal del Área 700. El presente apartado consigna sus bases de diseño de emplazamiento, civiles, de seguridad física, de climatización y filtrado, de arquitectura de control y de respaldo eléctrico.

I.3.1.1. Criterios de emplazamiento y separación del edificio

El criterio dominante y jerárquicamente superior de la decisión de emplazamiento es la separación física máxima respecto de las fuentes potenciales de emisión de ácido cianhídrico, complementado por la posición favorable respecto de la dirección preferente del viento.

Tabla 50: Criterios de ubicación y separación del edificio del Cuarto de Control Central

Criterio	Resolución de diseño	Objetivo de seguridad
Posición en el banco de proceso	Sector occidental, contiguo al área de molienda	Máxima separación respecto de las áreas de cianuración y de refinería
Orientación respecto del viento	Fuera de la trayectoria preferente de la pluma de gas	Recinto no afectado ante emisión de ácido cianhídrico
Separación de la refinería y del manejo de carbón	Emplazamiento fuera del radio de afectación	Protección ante vapores cianurados de alta temperatura
Separación del almacén de cianuro de sodio	Emplazamiento fuera del radio de afectación	Protección ante liberación accidental de ácido cianhídrico
Drenaje de plataforma	Descarga en sentido contrario a las áreas con manejo de cianuro	Impide el alcance de derrames por escurrimiento
Contenido del recinto	Sin sustancias peligrosas, equipos de proceso ni tubería de pulpa o de reactivos	Elimina el riesgo de origen interno

I.3.1.2. Especificaciones civiles y de seguridad física del edificio

Tabla 51: Especificaciones civiles y de seguridad física del edificio

Elemento	Especificación	Función
Clasificación estructural	Estructura del Grupo A, de construcción esencial, en zona sísmica D	Funcionalidad conservada durante y después del sismo de diseño
Anclaje sísmico del contenido	Gabinetes, tableros, consolas, videowall, pedestales de piso falso y banco de baterías anclados por cálculo	Impide el volteo y el desplazamiento del equipo crítico
Protección contra descargas atmosféricas	Captación en cubierta con bajadas perimetrales e integración equipotencial a la red general de tierras	Protege la electrónica ante descarga directa o inducida
Puesta a tierra interior	Barra principal con conexión radial sin lazos, con tierra de electrónica segregada de la de fuerza	Suprime el ruido sobre las señales analógicas de instrumentación
Protección contra sobretensiones	Dispositivos en cascada coordinada en acometidas eléctricas y de comunicaciones	Limita los transitorios propagados hacia la carga crítica
Envolvente	Concreto reforzado y mampostería confinada con sellado hermético perimetral continuo	Habilita la presurización positiva del recinto
Ventanas	Cristal fijo laminado sellado, sin elementos practicables	Suprime vías de infiltración de aire exterior
Accesos	Esclusa de doble puerta con enclavamiento mecánico y eléctrico	Preserva la presión interior durante el tránsito
Control de acceso	Biométrico de huella dactilar con credencial de proximidad en doble factor	Trazabilidad nominal e imposibilidad de suplantación
Niveles de autorización	Tres niveles: operación, técnico y eléctrico	Restricción diferenciada por recinto y por función
Piso falso	Altura libre de cámara de 600 mm, paneles de 600 por 600 mm y carga admisible de 1,250 kg/m²	Canalización oculta y distribución de aire
Compartimentación	Muros cortafuego certificados de losa a losa, con sello cortafuego en penetraciones	Confinamiento del incendio en su compartimento
Detección y supresión	Detección de humo por aspiración y supresión por agente limpio en la sala de equipos	Extinción sin daño a la electrónica

Elemento	Especificación	Función
Vigilancia	Videovigilancia perimetral y de accesos con grabación continua	Control y registro de la seguridad física

I.3.1.3. Climatización de precisión y filtrado químico del aire

La presurización positiva del recinto y el filtrado químico del aire de reposición constituyen la barrera que preserva la habitabilidad del Cuarto de Control Central durante una liberación de ácido cianhídrico en el exterior, y por tanto la continuidad del comando de la instalación durante la emergencia.

Tabla 52: Parámetros del sistema de aire acondicionado de precisión y de filtrado químico

Parámetro	Valor de diseño	Función
Unidades de climatización	2 unidades de precisión en configuración redundante	Continuidad ante falla o mantenimiento de un equipo
Temperatura de la sala de operación	22 ± 2 °C	Confort del operador en turno continuo
Temperatura de la sala de equipos	18 a 24 °C	Disipación térmica de servidores y gabinetes
Humedad relativa	45 a 55 %	Control de electricidad estática y de condensación
Presurización del recinto	25 a 50 Pa positivos	Barrera física contra la infiltración de ácido cianhídrico
Prefiltro de partículas	ISO 16890 ePM10 igual o superior a 50 %	Retención de polvo mineral en suspensión
Filtrado químico	Celdas de carbón activado impregnado, con lecho de 50 mm	Quimisorción de ácido cianhídrico y de gases ácidos
Filtro terminal	ISO 16890 ePM1 igual o superior a 80 %	Protección final de la electrónica
Severidad corrosiva del ambiente interior	Clase G1, leve, de ISA-71.04	Criterio verificable del desempeño del filtrado mediante testigos de corrosión
Recirculación interior	Etapa adicional de carbón activado en el circuito de retorno	Sostiene la calidad del aire en modo de contingencia
Modo de contingencia	Modulación de la compuerta exterior a caudal mínimo, con derivación a banco de carbón de contingencia	Aislamiento sin pérdida de la presurización
Caudal mínimo de reposición	No menor al 15 % del caudal de aire exterior de diseño	Sostiene el diferencial de 25 Pa durante la contingencia
Permanencia máxima en contingencia	8 horas continuas	Límite por saturación del carbón y por control de dióxido de carbono interior

I.3.1.4. Arquitectura de red y hardware crítico

Tabla 53: Arquitectura de red y hardware crítico alojado en el Cuarto de Control Central

Componente	Configuración	Función
Troncal de planta	Fibra óptica monomodo en anillo redundante cerrado	Interconexión de las Áreas 100 a 600 con el Cuarto de Control Central
Protocolo de comunicación	Ethernet industrial determinista con segregación lógica del tráfico	Control cíclico y supervisión sobre infraestructura común
Conmutadores de área	Conmutadores gestionados industriales con soporte de anillo	Reconfiguración automática ante corte de un tramo
Servidores de adquisición y supervisión	2 servidores redundantes con conmutación automática	Base de datos de tiempo real y gestión de alarmas
Servidor de historial	Servidor dedicado con respaldo automático programado	Registro ininterrumpido de variables y de eventos
Controladores maestros	Procesador redundante con conmutación sin perturbación	Lógica de coordinación, secuencias y paro de emergencia
Controladores de campo	Un controlador por área de proceso	Lazos, secuencias y enclavamientos locales
Controladores de seguridad	Módulos de entradas y salidas de seguridad	Enclavamientos críticos con independencia del Cuarto de Control Central
Alimentación de servidores	Doble fuente desde circuitos independientes del sistema ininterrumpido	Supresión de puntos únicos de falla
Separación de la red administrativa	Zona desmilitarizada entre el nivel de control y el de información	Impide el acceso directo desde la red corporativa
Comunicación de respaldo	Radiocomunicación de dos vías con repetidor propio, independiente del anillo de fibra	Conducción de la emergencia ante caída de la red de control
Telefonía de emergencia	Enlace exterior autónomo respecto de la red corporativa de datos	Notificación a servicios externos y a la autoridad

Los relevadores de protección y el equipo de control de la subestación principal del Área 700 reportan al Cuarto de Control Central mediante un enlace dedicado, independiente del anillo de tableros de proceso, conforme a la arquitectura propia de los sistemas de protección eléctrica.

I.3.1.5. Suministro eléctrico ininterrumpible y autonomía de respaldo

Tabla 54: Especificaciones del sistema de energía ininterrumpible y autonomía de respaldo

Componente	Especificación	Función
Topología del sistema	Doble conversión en línea, de grado industrial	Aísla la carga de las perturbaciones de la red
Capacidad instalada	2 unidades de 80 kVA en configuración redundante paralela	Carga total sostenida con una sola unidad en servicio
Tecnología de baterías	Plomo-ácido reguladas por válvula, selladas	Suprime la reposición de electrolito y admite instalación en recinto cerrado
Autonomía a plena carga crítica	4 horas	Cobertura de falla concurrente de red y de generación
Autonomía de carga esencial	8 horas	Preserva controladores, historial y detección de gases
Desprendimiento de carga	Automático y escalonado conforme progresa la descarga	Prioriza la protección de proceso y el registro ambiental
Derivaciones	De mantenimiento manual y automática de emergencia	Intervención sin interrupción y respaldo ante falla del inversor
Transferencia a generación	Tablero de transferencia automática con retorno controlado	Conmutación sin intervención del operador
Local de baterías	Recinto dedicado con ventilación forzada, detección de hidrógeno y contención de electrolito	Seguridad del almacenamiento de energía
Supervisión del banco	Monitoreo continuo de carga, tensión, temperatura e impedancia interna	Anticipa la falla de celda antes de comprometer la autonomía
Verificación periódica	Pruebas de descarga con carga real bajo programa documentado	Confirma la autonomía efectiva del sistema

La pérdida de la subestación principal del Área 700 conduce la instalación al estado seguro por el propio principio de desenergización para disparo del sistema de paro de emergencia. Las cargas exentas de ese paro, que son la dosificación de lechada de cal, la dosificación de metabisulfito del circuito de destrucción, la ventilación de emergencia de los recintos y la detección ambiental de gases, se alimentan desde una fuente de emergencia cuya autonomía no es inferior a la del respaldo ininterrumpible del Cuarto de Control Central. El estado de estas cargas se supervisa de forma continua desde el Cuarto de Control Central durante la totalidad del evento, dado que su disponibilidad es la que sostiene el estado seguro y no únicamente la que permite alcanzarlo.

I.3.2. Sistemas de aislamiento

Los sistemas de aislamiento de la instalación se estructuran en cuatro capas: la compartimentación estructural mediante muros cortafuego, el distanciamiento entre instalaciones incompatibles, la contención secundaria de derrames mediante diques, y la captación y el lavado de las emisiones gaseosas de proceso. El presente apartado consigna las bases de diseño de cada capa, con el

diseño civil, los materiales, las dimensiones y las capacidades volumétricas de las estructuras de contención.

I.3.2.1. Matriz de riesgos y mecanismos de aislamiento por área

Tabla 55: Matriz de riesgos y mecanismos de aislamiento por área de proceso

Área	Evento gobernante	Agente de consecuencia	Mecanismo de aislamiento adoptado
Área 100 — Trituración y molienda	Incendio y derrame	Aceite hidráulico, lubricantes y polvo mineral	Contención local de aceites, supresión de polvo y separación de fuentes de ignición
Área 200 — Flotación	Derrame	Pulpa mineral con reactivos de flotación	Losa impermeable con muros de contención y retorno a proceso
Área 300 — Bio-oxidación, CCD y neutralización	Derrame y toxicidad	Pulpa ácida oxidante con arsénico en solución	Contención con recubrimiento químicamente resistente y drenaje segregado
Área 400 — Ajuste de pH, cianuración CIL y almacén de cianuro de sodio	Toxicidad y derrame	Pulpa cianurada alcalina, ácido cianhídrico ante acidificación, y cianuro de sodio sólido y en solución del almacén segregado	Dique al 110 %, segregación absoluta de drenajes ácidos y distanciamiento de vialidades
Área 500 — Elución, refinería, reactivación y almacén de ácido clorhídrico y sosa cáustica	Incendio, explosión y toxicidad	Combustible de hornos, hidrógeno, vapores de mercurio y de ácido cianhídrico, ácido clorhídrico y sosa cáustica	Muros cortafuego certificados, ventilación forzada, y captación y lavado de gases
Área 600 — Planta de pastas y depósito de jales filtrados	Derrame y toxicidad	Jal filtrado y pasta de relleno con cianuro residual disociable en ácido débil	Dique de confinamiento del espesador y de la planta de pastas, con recolección íntegra del drenaje y del agua de contacto y retorno a proceso, sin conexión con el drenaje pluvial
Área 700 — Subestación principal	Incendio y explosión	Aceite dieléctrico de transformadores	Muros cortafuego, foso colector de aceite y distanciamiento

I.3.2.2. Compartimentación estructural mediante muros cortafuego

Los muros cortafuego son continuos desde la cimentación hasta la cubierta, sin interrupción en el espacio sobre plafón ni en las cámaras de piso técnico, y sobresalen del plano de la cubierta en los casos en que la propagación por la superficie del techo constituye una vía creíble. Ningún muro cortafuego se interrumpe para acomodar una instalación: toda instalación que deba atravesarlo lo hace mediante penetración sellada. Los muros se diseñan bajo la solicitación sísmica correspondiente a la condición de zona sísmica del proyecto.

Tabla 56: Especificaciones de muros cortafuego y elementos de compartimentación

Recinto confinado	Resistencia al fuego	Espesor mínimo	Criterio determinante
Horno de fundición de la refinería	240 minutos	200 mm	Fuente de calor directo con combustible y metal fundido
Horno de reactivación de carbón	240 minutos	200 mm	Operación continua a alta temperatura con carbón activado
Muro de separación del almacenamiento exterior de combustible	240 minutos	200 mm	Carga de fuego concentrada; aplica únicamente cuando el trazo no permita la distancia de separación de 15 m
Sala de transformadores del Área 700	240 minutos	200 mm	Aceite dieléctrico en volumen
Salas eléctricas y cuartos de control local	120 minutos	150 mm	Carga de fuego de cableado y de tableros
Almacén de reactivos sólidos	120 minutos	150 mm	Confinamiento de sustancia peligrosa ante incendio externo
Talleres y almacenes generales	120 minutos	150 mm	Carga de fuego de materiales diversos
Muro de segregación química entre cianuro y ácido	120 minutos	200 mm	Estanqueidad estructural ante derrame, y no carga de fuego

I.3.2.3. Distanciamiento entre instalaciones incompatibles

Tabla 57: Distancias mínimas de separación entre almacenes y áreas de riesgo

Instalaciones a separar	Distancia mínima	Escenario que gobierna la separación
Almacén de cianuro de sodio y almacén de ácido clorhídrico	15 m libres	Derrame simultáneo con falla de contención: impide la confluencia y la generación de ácido cianhídrico
Almacenamiento de combustible y recintos de refinería y manejo de carbón	15 m	Incendio de combustible con radiación sobre el recinto de hornos
Almacenamiento de combustible y fuente de ignición identificada	20 m	Ignición de vapores en la vecindad del almacenamiento
Áreas con solución cianurada y cauce de jurisdicción federal	30 m	Derrame con escurrimiento hacia cuerpo de agua federal

Instalaciones a separar	Distancia mínima	Escenario que gobierna la separación
Almacén de cianuro y vialidad interna principal	10 m	Impacto vehicular sobre contenedores o sobre el tanque de solución
Celdas de electrodeposición y hornos de fundición y reactivación	10 m, o muro de 240 minutos de resistencia	Ignición de hidrógeno acumulado por fuente de calor directo
Subestación principal y áreas de proceso	15 m	Incendio de aceite dieléctrico y arco eléctrico

La segregación entre el almacén de cianuro de sodio y el almacén de ácido clorhídrico se materializa en cuatro planos independientes y concurrentes: un muro estructural entre ambos recintos, una separación libre no inferior a 15 metros adicional al muro, diques de contención independientes sin comunicación entre sí y cada uno dimensionado al 110 % del volumen del recipiente de mayor capacidad que confina, y redes de drenaje físicamente independientes desde el sumidero hasta su destino final, sin ningún punto de confluencia, con pendientes de piso que dirigen todo escurrimiento hacia el sumidero propio de cada recinto.

I.3.2.4. Contención secundaria de derrames: diseño civil, materiales y capacidades

La contención secundaria del tren de cianuración se materializará mediante una losa continua de concreto reforzado sin juntas pasantes, con recubrimiento químicamente resistente al medio alcalino cianurado, delimitada por muros perimetrales de contención y con pendiente dirigida hacia sumideros de recuperación con bombeo de retorno al proceso. El tren está conformado por cinco tanques de 7.2 metros de diámetro y 7.8 metros de altura, con un volumen geométrico unitario de 317.7 metros cúbicos. La capacidad del dique es de 349.5 metros cúbicos, equivalente al 110 % del volumen del tanque de mayor capacidad del área, criterio que satisface la exigencia del Código Internacional para el Manejo del Cianuro, y se verifica adicionalmente contra el escenario de vaciado en cascada del tren y contra el evento de tormenta de diseño del sitio.

La contención del circuito de bio-oxidación, lavado en contracorriente y neutralización se materializa mediante losa continua de concreto reforzado sin juntas pasantes, con pendiente dirigida hacia sumideros de recuperación, que se extiende bajo la totalidad de los reactores, del tren de lavado en contracorriente y del circuito de neutralización. Su perímetro se delimita mediante muros de contención de altura suficiente para retener el 110 % del volumen del reactor de mayor capacidad más el evento de tormenta de diseño del sitio. El recubrimiento de esta contención se selecciona por su resistencia al medio ácido y no al medio alcalino, criterio que la distingue de la contención del área de cianuración: un recubrimiento apto para pulpa cianurada alcalina no resiste el medio ácido oxidante de este circuito.

Tabla 58: Sistemas de contención secundaria por área de proceso

Área	Sustancia confinada	Capacidad de contención	Compatibilidad y drenaje
Tren de cianuración CIL	Pulpa cianurada alcalina	349.5 m³, equivalentes al 110 % del tanque mayor de 317.7 m³, más la tormenta de diseño; verificada adicionalmente contra el vaciado en cascada del tren	Drenaje independiente, sin confluencia con áreas ácidas

Área	Sustancia confinada	Capacidad de contención	Compatibilidad y drenaje
Bio-oxidación, CCD y neutralización	Pulpa ácida oxidante con arsénico	110 % del reactor de mayor capacidad más la tormenta de diseño	Recubrimiento resistente a medio ácido, con drenaje segregado del cianurado
Almacén de cianuro de sodio	Cianuro de sodio sólido y en solución	55 m³, equivalentes al 110 % del tanque de solución de 50 m³	Dique y drenaje independientes, sin comunicación con ácidos
Almacén de ácido clorhídrico	Ácido clorhídrico diluido	16.5 m³, equivalentes al 110 % del tanque de 15 m³	Dique independiente, con neutralización previa al manejo
Almacén de sosa cáustica	Sosa cáustica en solución	110 % del tanque	Dique independiente del cianuro y del ácido
Destoxificación	Pulpa con cianuro residual y metabisulfito de sodio	110 % del reactor de mayor capacidad	Comunicada con el circuito cianurado bajo control permanente de pH, con retorno a proceso y sin confluencia con áreas ácidas
Flotación y espesamiento	Pulpa mineral con reactivos	Losa con muros de contención y sumidero	Retorno directo a proceso
Planta de pastas y depósito de jales filtrados (Área 600)	Jal filtrado y pasta con cianuro residual	Dique de confinamiento del espesador y de la planta de pastas	Recolección íntegra del drenaje y del agua de contacto con retorno a proceso, sin conexión con el drenaje pluvial
Subestación principal (Área 700)	Aceite dieléctrico	110 % del volumen del transformador mayor más el agua contra incendio de diseño	Foso colector con separador de aceite

I.3.2.5. Captación, extracción y lavado de gases de proceso

El aislamiento de las emisiones gaseosas de proceso constituye la capa que impide que los vapores generados en los puntos de operación con sustancias peligrosas alcancen la atmósfera del recinto y, en último término, el exterior de la instalación.

Tabla 59: Sistemas de captación, extracción y lavado de gases

Punto de generación	Contaminante	Captación	Tratamiento previo a la emisión
Recipiente de lavado ácido de carbón	Vapores ácidos y ácido cianhídrico potencial	Venteo conducido y campana envolvente	Lavador dedicado con solución alcalina, con retorno del cianuro al proceso

Punto de generación	Contaminante	Captación	Tratamiento previo a la emisión
Recipiente de extracción de carbón	Vapores de solución cianurada caliente	Venteo conducido	Lavador de gases
Horno de reactivación de carbón	Gases de combustión y volátiles del carbón	Conexión directa al equipo	Lavador de gases
Horno de fundición	Material particulado metálico y gases de combustión	Campana de dosel	Extractor con filtro de mangas y lecho de carbón activado para el vapor de mercurio residual
Retortas de mercurio	Vapor de mercurio	Sistema cerrado con condensador y extracción localizada	Recuperación en fase líquida y tratamiento de la descarga
Celdas de electrodeposición	Hidrógeno y neblina de solución	Extracción en el punto más alto del recinto	Separador de neblinas para el aerosol cianurado, con dilución y evacuación del hidrógeno sin recirculación
Punto de disolución de cianuro de sodio	Ácido cianhídrico por hidrólisis	Campana sobre el punto de carga	Lavador con solución alcalina
Reactores de bio-oxidación	Aerosol ácido y gases de oxidación	Captación del gas de salida	Tratamiento previo a la emisión

I.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

I.4.1 Antecedentes de accidentes e incidentes en proyectos similares con sustancias peligrosas: cianuro de sodio y cloruro de hidrógeno

El presente apartado documenta los accidentes e incidentes ocurridos en instalaciones de proceso similares a la del Proyecto, en las que se manejan cianuro de sodio y cloruro de hidrógeno, con el objeto de que los mecanismos de falla efectivamente materializados en la industria sean incorporados a las metodologías de identificación y de cuantificación de riesgos ambientales del presente Capítulo.

La revisión abarca dos ámbitos. El primero corresponde a los eventos ocurridos en territorio nacional, con especial atención a los registrados en el estado de Guerrero por su coincidencia de contexto geográfico, hidrometeorológico y de proceso con el emplazamiento del Proyecto. El segundo corresponde a los eventos internacionales de mayor consecuencia documentada en instalaciones de beneficio de minerales auríferos por cianuración y en instalaciones de almacenamiento de ácido clorhídrico.

I.4.1.1. Antecedentes registrados en territorio nacional

Tabla 60: Antecedentes de accidentes e incidentes en territorio nacional

Ubicación geográfica	Nombre de la instalación o complejo industrial	Fecha del accidente	Causa raíz	Respuesta de emergencia y mitigación aplicada
Mezcala, municipio de Eduardo Neri, Guerrero	Mina Los Filos, Desarrollos Mineros San Luis, S.A. de C.V.	25 de septiembre de 2013	Sobresaturación del mineral depositado en el patio de lixiviación por precipitación extraordinaria asociada a los ciclones Ingrid y Manuel, con rebase de la capacidad máxima de almacenamiento	Notificación a la autoridad ambiental federal de descargas intermitentes de agua hacia una barranca natural, con volumen estimado que no rebasaría 300,000 metros cúbicos, y verificación por la autoridad
Nuevo Balsas, municipio de Cocula, Guerrero	Mina Media Luna, Minera Media Luna, filial de Torex Gold	Febrero de 2016	Falla mecánica en uno de los diez tanques de lixiviación del circuito, con capacidad unitaria de 80,000 litros de solución cianurada	Derrame de 5,000 litros de solución cianurada. El evento no fue notificado a la autoridad ambiental y el área afectada fue cubierta con material terreo, conforme al testimonio de personal de la propia operación
Cananea, Sonora, cuencas de los ríos Bacanuchi y Sonora	Buenavista del Cobre, S.A. de C.V., filial de Grupo México	6 de agosto de 2014	Pérdida de contención en el sistema de lixiviación, con liberación de 40 millones de litros de solución de sulfato de cobre acidulado hacia los cauces de los ríos Bacanuchi y Sonora	Declaratoria de emergencia ambiental, suspensión del abastecimiento de agua a las poblaciones ribereñas, instalación de plantas potabilizadoras, constitución de fideicomiso de remediación y procedimiento administrativo de la autoridad federal
Municipio de El Oro, Durango, arroyo La Cruz	Proyecto Magistral	Agosto de 2014	Rebase de la contención por precipitación extraordinaria, con liberación de 2,000 metros cúbicos de solución cianurada	Declaratoria de emergencia ambiental por la autoridad federal, atención del evento en sitio y verificación

Ubicación geográfica	Nombre de la instalación o complejo industrial	Fecha del accidente	Causa raíz	Respuesta de emergencia y mitigación aplicada
			hacia el arroyo La Cruz	de la calidad del agua del cauce receptor
Ejido Juan Álvarez, municipio de Caborca, Sonora	Unidad Noche Buena, Penmont, S. de R.L. de C.V.	23 de diciembre de 2014, con denuncia ciudadana presentada el 7 de enero de 2015	Pérdida de contención de 82 metros cúbicos de solución cianurada agotada en el patio de lixiviación 4 suroeste	Atención de la autoridad ambiental federal a partir de denuncia ciudadana, con inspección de la instalación y verificación del confinamiento del área afectada
Municipio de Altar, Sonora	Mina El Chanate, Minera Santa Rita, S. de R.L. de C.V.	26 de abril de 2016	Fisura en una tubería de conducción de solución cianurada, atribuida a deficiencia de mantenimiento y a falla en la seguridad de la línea, con liberación de aproximadamente 400 metros cúbicos	Contención del derrame dentro de las instalaciones de la empresa, sin afectación reportada a cuerpos de agua, e inspección de la autoridad ambiental federal con determinación de sanciones
Sombrerete, Zacatecas	Unidad Minera San Martín, Grupo México	Mayo de 2019	Pérdida de contención de 20,000 litros de sedimentos con contenido de cianuro, sulfato de cobre y sulfato de zinc hacia un cauce de la comunidad	Atención del evento por la autoridad ambiental federal, con caracterización de los sedimentos liberados y verificación del cauce receptor
Kilómetro 22 de la autopista México-Pachuca, Ecatepec, Estado de México	Transporte de sustancias químicas peligrosas por autotanque	20 de noviembre de 2025	Volcadura de autotanque cargado con más de 30,000 litros de ácido clorhídrico y 33,000 litros de amoniaco, con desprendimiento del tractocamión, abandono de la unidad por el conductor y fuga del contenedor	Cierre total del tramo carretero, delimitación de la zona por Protección Civil y evacuación de al menos 50 personas de viviendas cercanas por riesgo de intoxicación
Municipio de Ojo Caliente, Zacatecas	Unidad El Coronel, S.A. de C.V., mina Real de Ángeles	Fecha no precisada en el registro público consultado	Pérdida de contención de aproximadamente 70 metros cúbicos de solución cianurada	Atención del evento por la autoridad ambiental federal

Ubicación geográfica	Nombre de la instalación o complejo industrial	Fecha del accidente	Causa raíz	Respuesta de emergencia y mitigación aplicada
Municipio de Sahuaripa, Sonora	Unidad Mulatos, Minas de Oro Nacional, S.A. de C.V.	Fecha no precisada en el registro público consultado	Derrame estimado de 8,400 litros de agua de lluvia en contacto con terreno minado, procedente de tanques de lixiviados	Investigación de la autoridad ambiental federal con verificación de la posible afectación
Municipio de Magdalena de Kino, Sonora	Minera Columbia de México	Fecha no precisada en el registro público consultado	Pérdida de contención en la instalación minera	Aplicación oportuna del protocolo de control de derrames de la propia empresa, verificada por la autoridad ambiental federal, con declaratoria de evento bajo control

I.4.1.2. Antecedentes registrados en el ámbito internacional

Tabla 61: Antecedentes de accidentes e incidentes en el ámbito internacional

Ubicación geográfica	Nombre de la instalación o complejo industrial	Fecha del accidente	Causa raíz	Respuesta de emergencia y mitigación aplicada
Baia Mare, Rumania, cuencas de los ríos Someș, Tisza y Danubio	Aurul S.A., planta de retratamiento de jales por cianuración	30 de enero de 2000	Rebase del embalse de jales por concurrencia de precipitación intensa y fusión de nieve, con brecha en el bordo de contención y liberación de aproximadamente 100,000 metros cúbicos de licor cianurado y rico en metales	Movilización internacional de respuesta a través de las cuencas de tres países, suspensión del abastecimiento de agua a poblaciones ribereñas, monitoreo transfronterizo de la pluma contaminante hasta el Mar Negro y revisión regulatoria europea de las instalaciones de manejo de cianuro
Río Omai y río Essequibo, Guyana	Omai Gold Mines Limited	19 de agosto de 1995, con cierre del flujo el 24 de agosto	Brecha en el bordo de tierra del embalse de jales, con liberación estimada entre 2.9 y 4 millones de metros cúbicos de efluente con hasta 28 partes por millón de cianuro y caudal inicial estimado de hasta 90,000 metros cúbicos por hora	Declaratoria de zona de desastre ambiental sobre el río Essequibo, suspensión del uso del cauce para consumo y pesca, cierre de la brecha y litigio internacional de responsabilidad

Ubicación geográfica	**Nombre de la instalación o complejo industrial**	**Fecha del accidente**	**Causa raíz**	**Respuesta de emergencia y mitigación aplicada**
Región de Barskoon, Kirguistán	Mina Kumtor, transporte de reactivos por carretera	20 de mayo de 1998	Caída de un camión de transporte desde un puente, con vertido de 1,762 kilogramos de cianuro de sodio sólido a aguas superficiales	Atención médica masiva a la población expuesta, suspensión del uso del cauce afectado y revisión de los protocolos de transporte de reactivos de la operación
Provincia Central, Papúa Nueva Guinea	Mina Tolukuma, transporte aéreo de reactivos	Marzo de 2000	Desprendimiento en vuelo de una caja con una tonelada de cianuro de sodio en pastillas desde un helicóptero de transporte, con dispersión del producto sobre selva tropical	Recuperación parcial del producto en campo, advertencia a las comunidades sobre el uso de fuentes de agua y revisión del método de transporte de reactivos
Condado de Rio Grande, Colorado, Estados Unidos de América, cuencas de Wightman Fork y del río Alamosa	Summitville Mine, patio de lixiviación en pila con cianuro	Detectado en 1991, con abandono de la operación en 1992	Falla del sistema de contención del patio de lixiviación en pila, con liberación de solución cianurada y generación de drenaje ácido de roca hacia los cauces receptores	Intervención federal de emergencia, inclusión del sitio en el programa federal de remediación de sitios contaminados y ejecución de obras de contención y tratamiento de aguas por cuenta pública
Distrito de Wassa Occidental, Ghana, río Asuman	Mina de oro de Tarkwa, Gold Fields	16 de octubre de 2001	Ruptura del bordo del embalse de jales, con liberación de miles de metros cúbicos de residuos con contenido de cianuro y metales pesados hacia el río Asuman	Suspensión del uso del cauce por las comunidades ribereñas, investigación de la autoridad ambiental nacional y requerimiento de clausura de la instalación de lixiviación en pila
Guadalcanal, Islas Salomón	Gold Ridge Mine	Declaratoria de zona de desastre el 7 de julio de 2015	Deterioro del embalse de jales tras inundaciones repentinas extremas y abandono de la operación, con riesgo inminente de rebase del embalse que confina residuos con	Declaratoria de área de desastre por el Consejo de Gestión de Desastres del gobierno nacional, tratamiento y descarga controlada del volumen excedente y vigilancia

Ubicación geográfica	Nombre de la instalación o complejo industrial	Fecha del accidente	Causa raíz	Respuesta de emergencia y mitigación aplicada
			contenido de cianuro y arsénico	permanente de la estructura
Gällivare, condado de Norrbotten, Suecia	Mina Aitik, Boliden	Septiembre de 2000	Apertura de una brecha de 100 metros de ancho en un muro interno del embalse de jales, con liberación de un millón de metros cúbicos de agua contaminada hacia la cuenca circundante	Contención del flujo, caracterización de la afectación de la cuenca receptora y revisión del diseño estructural del embalse
Frankfurt, Alemania	Planta química de proceso	Octubre de 2007	Transferencia errónea de ácido clorhídrico hacia un tanque que contenía hipoclorito de sodio, con generación y liberación de aproximadamente 200 kilogramos de cloro gaseoso	Evacuación y atención médica de más de 60 personas expuestas. El operador que interrumpió la transferencia resultó con lesiones mortales por exposición al cloro
West Thurrock, Essex, Reino Unido	Instalación de almacenamiento de productos químicos	Enero de 2020	Liberación no controlada de 300,000 litros de ácido clorhídrico desde tres tanques de almacenamiento, a través de tubería en estado deficiente de mantenimiento, con formación de una nube de cloruro de hidrógeno gaseoso al contacto con la atmósfera	Dispersión de la nube hacia poblaciones vecinas en un lapso del orden de 60 segundos conforme al registro de videovigilancia, cierre de centros escolares del área y procedimiento sancionador de la autoridad de seguridad y salud
Hinckley, Reino Unido	Instalación de almacenamiento y trasiego de productos químicos	Septiembre de 1984	Descarga de ácido clorhídrico hacia un tanque que contenía hipoclorito de sodio, con generación de una nube de cloro gaseoso	Atención de trabajadores y de población circundante afectada, y revisión de los procedimientos de identificación de líneas y de verificación previa a la descarga

I.4.1.3. Incorporación de los antecedentes a la identificación de riesgos del Proyecto

El análisis de los antecedentes documentados establece cinco mecanismos de falla recurrentes, que se incorporan de forma expresa a la identificación de riesgos y a la definición de escenarios del apartado I.4.2.

El primer mecanismo es el rebase de la contención por precipitación extraordinaria. Concurre en los eventos de Baia Mare, de Los Filos, del Proyecto Magistral y de Gold Ridge, y constituye el mecanismo de mayor recurrencia del conjunto. Su incorporación al presente Capítulo se materializa en el análisis del peligro hidrometeorológico del apartado I.1.5.1, en el diseño del límite de inundación de las instalaciones y en el criterio de segregación absoluta entre las contenciones de proceso y el sistema pluvial.

El segundo mecanismo es la falla estructural del bordo o del muro de contención del embalse de jales. Concurre en los eventos de Omai, de Tarkwa y de Aitik. Su incorporación se materializa en el diseño geotécnico de la instalación de almacenamiento de jales filtrados analizado en el apartado I.1.5.2.1, y en la adopción de la disposición de jales en estado filtrado y apilado, que suprime el embalse de líquido que constituye la condición necesaria de este modo de falla.

El tercer mecanismo es la pérdida de contención en líneas de conducción por deficiencia de mantenimiento. Concurre en los eventos de El Chanate y de West Thurrock. Su incorporación se materializa en los escenarios 1, 2, 5 y 6 del apartado I.4.2.6, que cuantifican la liberación por orificio del 20 % del diámetro nominal y por ruptura total de las líneas de solución de cianuro de sodio y de ácido clorhídrico.

El cuarto mecanismo es el contacto entre sustancias químicamente incompatibles por error de maniobra de trasiego. Concurre en los eventos de Frankfurt y de Hinckley, en ambos casos con generación de un gas tóxico por reacción entre un ácido fuerte y una sal, y en ambos casos con consecuencias sobre el personal y sobre la población circundante. Su incorporación se materializa en el escenario 9 del apartado I.4.2.6, que corresponde a la concurrencia física de ácido clorhídrico y de solución cianurada dentro del área de manejo de carbón del nodo N-14 y constituye el escenario gobernante por cianuro de la instalación, en la cota superior de generación que documenta el apartado I.4.2.5, y en el régimen de segregación absoluta entre el almacén de cianuro de sodio del Área 400 y el almacén de ácido clorhídrico del Área 500 descrito en el apartado I.1.1.7.

El quinto mecanismo es la falla de contención de un recipiente de proceso del circuito de lixiviación. Concurre en el evento de Media Luna, ocurrido en la localidad de Nuevo Balsas, en el propio estado de Guerrero, por falla mecánica de un tanque de lixiviación. Su incorporación se materializa en el escenario 4 del apartado I.4.2.6, correspondiente a la falla catastrófica de tanque de cianuración, y en el dimensionamiento de la contención secundaria al 110 % del volumen del recipiente de mayor capacidad del área, descrito en el apartado I.1.1.9.

Los antecedentes de transporte de reactivos, correspondientes a los eventos de Kumtor, de Tolukuma y del kilómetro 22 de la autopista México-Pachuca, establecen que la fase de transporte de las sustancias peligrosas hacia la instalación constituye un ámbito de riesgo distinto del de la operación de proceso, con mecanismos de falla y con receptores propios.

I.4.2 Metodologías de identificación y jerarquización

I.4.2.1. Justificación de la selección de la metodología de Análisis de Riesgos y Operabilidad

La metodología de identificación de riesgos aplicada al Proyecto es el Análisis de Riesgos y Operabilidad, conducido por nodos de proceso sobre los Diagramas de Tubería e Instrumentación de la instalación y complementado con la cuantificación del término fuente de cada desviación con consecuencia de liberación. La metodología se ejecuta en dos etapas encadenadas. La primera es la etapa cualitativa, que recorre cada nodo con las palabras guía normalizadas y establece, para cada variable de proceso, la desviación posible, sus causas iniciadoras, sus consecuencias y las salvaguardas de diseño que las interceptan. La segunda es la etapa cuantitativa, que toma como entrada exclusivamente las consecuencias de liberación identificadas en la primera y las convierte en términos fuente expresados en masa por unidad de tiempo, los cuales alimentan la modelación de dispersión atmosférica y la determinación de las distancias de afectación.

La selección de esta metodología responde a cuatro criterios derivados de las características de las sustancias manejadas, de la arquitectura del circuito metalúrgico y del nivel de definición de la ingeniería del Proyecto.

El primer criterio es la naturaleza del peligro dominante de la instalación. El inventario de sustancias del Proyecto no genera peligro dominante por incendio ni por explosión en las áreas de proceso comprendidas en el alcance del presente análisis: el peligro dominante es la liberación de una especie tóxica en fase gaseosa, específicamente el ácido cianhídrico y el cloruro de hidrógeno. El disulfuro de carbono susceptible de generarse por descomposición del xantato amílico del área de flotación, con temperatura de autoignición de 90 grados Celsius, queda sometido al régimen del Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas y se atiende en el documento correspondiente del Proyecto. La determinación de los radios de afectación exige en consecuencia la cuantificación del término fuente de cada liberación y su modelación de dispersión, y no la evaluación exclusivamente cualitativa de desviaciones de operabilidad. El Análisis de Riesgos y Operabilidad admite esta extensión cuantitativa sin alterar su estructura, dado que su registro de consecuencias es el punto de partida natural del cálculo del término fuente.

El segundo criterio es la naturaleza del mecanismo de generación de la especie tóxica. En esta instalación el ácido cianhídrico no se almacena ni se transporta: se genera in situ a partir del cianuro de sodio, por descenso del pH de la solución o por contacto con un ácido fuerte. La identificación de riesgos debe por tanto recorrer el inventario de cianuro a lo largo de la totalidad del circuito y establecer, en cada punto, la vía de formación de la especie volátil y la fracción molecular disponible en función del pH. El examen sistemático de la variable pH mediante las palabras guía MENOS y OTRO QUE, aplicado nodo por nodo, produce exactamente esa trazabilidad y constituye el eje del análisis del presente Capítulo.

El tercer criterio es la encadenación de los nodos metalúrgicos. El circuito integra nodos encadenados en los que la falla de un nodo aguas arriba se propaga aguas abajo: la desviación del pH de salida de la neutralización se propaga al tanque de ajuste de pH, y de éste al tren de cianuración, donde se materializa como emisión de ácido cianhídrico. La estructura por nodos con examen explícito de las causas externas al nodo, que es propia de la metodología adoptada, permite registrar esta propagación como causa de la desviación del nodo receptor, condición que una metodología de examen de unidades aisladas no satisface.

El cuarto criterio es la existencia de una intención de diseño explícita y cuantificada para cada nodo, que es la condición necesaria de aplicación de la metodología. El Proyecto la posee de forma

completa: la capacidad nominal de 2,000 toneladas por día, el pH de operación de 1.1 a 1.7 del circuito de oxidación biológica, el perfil de neutralización con pH 5 en el tercer reactor y pH 7 en el sexto, la consigna estricta de pH 11.0 del tanque de ajuste, la concentración de cianuro libre de 350 miligramos por litro del tren de cianuración, las condiciones de 135 grados Celsius y 550 kilopascales manométricos del recipiente de extracción de carbón, y el intervalo de pH de 8.0 a 8.5 con catálisis de cobre a 5 partes por millón del circuito de destrucción de cianuro. Cada uno de estos valores constituye la referencia respecto de la cual la palabra guía define la desviación.

Las metodologías alternativas consideradas y la causa de su descarte se consignan a continuación.

Tabla 62: Metodologías de identificación de riesgos evaluadas y causa de selección o de descarte

Metodología	Naturaleza del resultado	Determinación
Análisis de Riesgos y Operabilidad	Examen sistemático de desviaciones de las variables de proceso respecto de la intención de diseño de cada nodo, con registro de causas, consecuencias y salvaguardas	Seleccionada. Es la única metodología que recorre de forma exhaustiva la variable pH sobre la totalidad del inventario de cianuro y que admite la extensión cuantitativa del término fuente sobre su propio registro de consecuencias
Análisis de tipo ¿Qué pasa si?	Examen abierto de preguntas formuladas por el grupo, sin estructura de palabras guía	Descartada. La ausencia de una estructura de recorrido obligatorio de variables no acredita la exhaustividad que el examen del inventario de cianuro exige
Lista de verificación	Contraste de la instalación contra un cuerpo normativo o contra una práctica de referencia	Descartada como metodología principal. Se conserva como instrumento de verificación del cumplimiento normativo del diseño mecánico, eléctrico y de contención, documentado en el apartado I.1
Análisis de Modos de Falla y Efectos	Examen de los modos de falla de cada componente y de su efecto sobre la función del sistema	Descartada. Su unidad de análisis es el componente y no el nodo de proceso, condición que impide registrar la propagación de la desviación entre nodos encadenados
Análisis de Árbol de Fallas	Descomposición lógica de un evento superior definido a priori en sus combinaciones de fallas básicas	Descartada como metodología de identificación. Exige la definición previa del evento superior, que es precisamente el resultado que el análisis debe producir. Su lógica se conserva en la representación de la función de votación dos de tres del tanque de ajuste de pH
Matriz cualitativa de probabilidad y consecuencia	Asignación de una categoría de riesgo por combinación de una banda de probabilidad y una banda de consecuencia	Descartada como criterio de jerarquización. La jerarquización del presente Capítulo se resuelve mediante un indicador cuantitativo que relaciona el término fuente con el

Metodología	Naturaleza del resultado	Determinación
		umbral de toxicidad de la sustancia liberada, conforme al apartado I.4.2.6

La conducción de cada sesión sigue una secuencia fija de nueve campos: nodo, intención de diseño, variable de proceso, palabra guía, desviación, causa iniciadora, consecuencia, salvaguarda de diseño existente y escenario de modelación asociado. El último campo es el que materializa la simetría exigida entre el análisis cualitativo y la cuantificación de consecuencias: toda consecuencia registrada que implique liberación de sustancia listada remite de forma expresa al escenario que la cuantifica, y todo escenario cuantificado procede de una consecuencia registrada en una sesión.

Las palabras guía aplicadas y su significado sobre las variables del proceso son las que se enumeran a continuación.

Tabla 63: Palabras guía aplicadas y variables de proceso sobre las que se examinó cada una

Palabra guía	Significado sobre la intención de diseño	Variables examinadas	Ejemplo de desviación en la instalación
NO o NADA	Negación completa de la intención de diseño	Contención de línea; contención de recipiente; caudal de dosificación; agitación	Ruptura total de la línea troncal de solución de cianuro de sodio
MÁS	Incremento cuantitativo de una variable respecto de su valor de diseño	Presión; temperatura; nivel; caudal de aire; concentración de cianuro libre	Sobrepresión del recipiente de extracción por encima de 550 kilopascales manométricos
MENOS	Disminución cuantitativa de una variable respecto de su valor de diseño	pH; tiempo de residencia; eficiencia de destrucción; integridad de línea; concentración de cáustico	Descenso del pH del tren de cianuración por debajo de la consigna de 11.0
INVERSO	Inversión del sentido de la intención de diseño	Sentido del flujo entre recipientes en serie	Retorno de pulpa de un tanque de cianuración al tanque precedente
OTRO QUE	Sustitución completa de la intención de diseño por una condición distinta	Sustancia presente en la contención; sustancia en contacto con la corriente de proceso	Concurrencia de solución cianurada y de ácido clorhídrico en un mismo recinto
PARTE DE	Cumplimiento parcial de la intención de diseño	Composición de la corriente; grado de oxidación del concentrado	Destrucción parcial del cianuro disociable en ácido débil por debajo del objetivo de descarga
ADEMÁS DE	Cumplimiento de la intención de diseño con una condición adicional no prevista	Aporte externo de agua sobre superficies con inventario; ingreso de corriente ajena al nodo	Aporte pluvial extraordinario sobre la contención secundaria del tren de cianuración

El examen de cada nodo incorpora de forma expresa, como causas iniciadoras acreditadas y no como hipótesis, los cinco mecanismos de falla establecidos en el apartado I.4.1.3 a partir de los accidentes documentados en instalaciones de proceso similares: el rebase de la contención por precipitación extraordinaria, la falla estructural del bordo de contención, la pérdida de contención en líneas por deficiencia de mantenimiento, el contacto entre sustancias químicamente incompatibles por error de maniobra de trasiego, y la falla de contención de un recipiente del circuito de lixiviación. Esta incorporación evita que el registro de causas quede circunscrito a las que el grupo de análisis pueda postular, y lo ancla en los mecanismos que la industria ha materializado.

La metodología no produce por sí misma una jerarquía de los riesgos identificados, dado que su registro de consecuencias es de naturaleza descriptiva. La jerarquización se resuelve mediante el criterio cuantitativo desarrollado en el apartado I.4.2.6, que combina la caracterización de la peligrosidad intrínseca de cada sustancia conforme a los criterios CRETI con la normalización del término fuente por el umbral de toxicidad aguda de la especie liberada.

I.4.2.2. Índice y validación de los Diagramas de Tubería e Instrumentación

La conducción del análisis exige como documento base el Diagrama de Tubería e Instrumentación de cada nodo examinado. Para la totalidad de los nodos que concentran inventario de sustancia listada con vía de liberación acreditada se desarrollaron los diagramas que este apartado indexa, los cuales se acompañan al presente Capítulo como planos independientes en formato de página A3 apaisada.

El nivel de definición de los diagramas corresponde al de la ingeniería básica extendida. Cada plano consigna el equipo de proceso con la designación que le asigna el inventario maestro de recipientes del apartado I.1.1.3, con sus dimensiones y su inventario confinado; las líneas de conducción de sustancia listada con su diámetro nominal; los lazos de control con su elemento primario de medición, su controlador y su elemento final de control; las funciones del sistema instrumentado de seguridad con su condición de disparo y su retardo; los límites físicos de la contención secundaria; y los puntos de detección fija de gas con sus umbrales de alarma. No consignan especificación de línea, lista de materiales ni hojas de datos de válvula, elementos que corresponden a la ingeniería de detalle y cuya emisión no modifica los nodos identificados ni las consecuencias registradas, dado que unos y otras se definen por el inventario y por la química de las corrientes y no por la especificación de los accesorios de línea.

La simbología aplicada es la de la norma ISA-S5.1. La burbuja circular simple identifica el instrumento montado en campo; la burbuja circular con línea horizontal continua identifica la función accesible desde el Cuarto de Control Central; la burbuja con doble línea horizontal identifica la función alojada en tablero local; y el rombo inscrito en cuadrado identifica la función perteneciente al sistema instrumentado de seguridad. La línea continua de trazo grueso representa la conducción de proceso y la línea discontinua representa la señal eléctrica de instrumentación. Cada plano incorpora la leyenda de la simbología empleada y un cuadro de notas que remite de forma expresa a los escenarios de modelación que el nodo representado genera.

La nomenclatura de identificación se estructura en dos registros. Los equipos de proceso se designan con la clave que les asigna el inventario maestro del apartado I.1.1.3, conforme a la convención de identificación por área del apartado I.1.1.2. Los instrumentos y los elementos finales de control se designan conforme a la misma convención de área, con un primer campo que identifica el área de proceso, un segundo campo que corresponde a las letras de función de la norma ISA-

S5.1 y un tercer campo que corresponde al número de lazo. Los planos se listan en la siguiente Tabla.

Tabla 64: Índice de los Diagramas de Tubería e Instrumentación desarrollados

Plano	Hoja	Título del diagrama	Nodos de proceso representados	Nodo de modelación	Área
DTI-400-001	1 de 2	Almacén segregado y línea troncal de cianuro de sodio	N-11 Preparación y dosificación de cianuro de sodio; N-21 Almacenamiento de reactivos críticos	NM-1	400
DTI-400-001	2 de 2	Tanque de ajuste de pH y tren de cianuración CIL con votación dos de tres	N-12 Ajuste de pH y circuito de cianuración	NM-2	400
DTI-500-001	1 de 2	Almacén de ácido clorhídrico y columna de lavado ácido del tren de elución	N-21 Almacenamiento de reactivos críticos; N-14 Lavado ácido y desorción de carbón cargado	NM-1 y NM-3	500
DTI-500-001	2 de 2	Unidad de destrucción de cianuro por proceso de aire y metabisulfito	N-16 Destrucción de cianuro por proceso de aire y metabisulfito	NM-4	500

Los diagramas fueron sometidos a un contraste sistemático contra los apartados del presente Capítulo que establecen cada uno de los datos representados. El objeto de este contraste es acreditar que el documento base del análisis no introduce dato alguno ajeno a la ingeniería del Proyecto y que la totalidad de los términos fuente cuantificados es trazable hasta un elemento efectivamente representado. Los criterios aplicados y el resultado de cada verificación son los siguientes.

Tabla 65: Criterios de validación aplicados a los Diagramas de Tubería e Instrumentación

Criterio de validación	Verificación ejecutada	Apartado de correspondencia
Correspondencia de la designación de equipos	Las claves 400-TK-001, 400-TK-002, 400-TK-003, 500-TK-001, 500-TK-003, 500-TK-005 y 500-V-001 coinciden en designación, cantidad y material de construcción con el inventario maestro de recipientes	I.1.1.3

Criterio de validación	Verificación ejecutada	Apartado de correspondencia
Correspondencia dimensional de los recipientes	El tanque de ajuste de pH de 2.3 por 2.5 metros, los cinco tanques de cianuración de 7.2 por 7.8 metros, el tanque de solución de cianuro de 3.9 por 4.2 metros, el tanque de ácido clorhídrico de 2.6 por 2.8 metros, los dos reactores de destrucción de 4.3 por 4.6 metros, el recipiente de lavado ácido de 1.6 por 4.0 metros y el recipiente de extracción de 1.6 por 4.7 metros coinciden con las tablas de recipientes	I.1.1.5, I.1.1.6 y I.1.1.7
Correspondencia de los inventarios confinados	Los 50 metros cúbicos de solución de cianuro de sodio al 25 por ciento en peso, los 15 metros cúbicos de ácido clorhídrico al 32 por ciento en peso, los 317.6 metros cúbicos por tanque de cianuración, los 66.8 metros cúbicos por reactor de destrucción, los 8.0 metros cúbicos del recipiente de lavado ácido y los 9.5 metros cúbicos del recipiente de extracción coinciden con los inventarios que sustentan los términos fuente	I.1.1.5, I.1.1.6, I.1.1.7 y I.4.2.5
Correspondencia de las consignas de operación	La consigna de pH 11.0 del tanque de ajuste, el intervalo de pH de 8.0 a 8.5 del circuito de destrucción con catálisis de cobre a 5 partes por millón, y las condiciones de 135 grados Celsius y 550 kilopascales manométricos del recipiente de extracción coinciden con las condiciones de operación declaradas	I.3
Correspondencia de los lazos de control	Los lazos de ajuste de pH, de dosificación de cianuro y de destrucción de cianuro representados coinciden en variable controlada, elemento final de control y consigna con la tabla de lazos de control de regulación por nodo metalúrgico	I.1.2.10
Correspondencia de los enclavamientos de seguridad	El corte de la dosificación de cianuro por pH inferior a 10.5 con retardo de 30 segundos, el ajuste automático de la dosificación de cal ante desviación del intervalo de 8.0 a 8.5, y el corte del sistema de calentamiento del recipiente de extracción coinciden con la matriz de enclavamientos críticos de seguridad	I.1.2.11

Criterio de validación	Verificación ejecutada	Apartado de correspondencia
Correspondencia de la red de detección de gases	La alarma de campo a 4.7 partes por millón y la alarma crítica a 10 partes por millón de ácido cianhídrico, y la detección en el lavado ácido y en la extracción, coinciden con la red de detección de gases y de fugas en contenciones	I.1.3.5
Correspondencia de la contención secundaria	El dique de 55 metros cúbicos del tanque de solución de cianuro y el dique de 16.5 metros cúbicos del tanque de ácido clorhídrico, ambos equivalentes al 110 por ciento del volumen contenido y sin comunicación entre sí, coinciden con el diseño civil de la contención	I.1.1.9 y I.3.2.4
Correspondencia del régimen de segregación	El muro estructural, la separación libre no inferior a 15 metros y la ausencia de punto de confluencia entre las redes de drenaje coinciden con el criterio de distanciamiento entre instalaciones incompatibles	I.3.2.3
Trazabilidad con los términos fuente	Cada línea de conducción de sustancia listada representada con su diámetro nominal es la que recibe el castigo mecánico del apartado siguiente, y cada recipiente representado con su inventario es el que recibe el castigo de liberación masiva	I.4.2.5

Los veintidós nodos restantes no concentran inventario de sustancia listada con vía de liberación acreditada, condición que el apartado I.4.2.3 documenta nodo por nodo, y en consecuencia no generan escenarios de modelación de consecuencias. Su representación se resuelve mediante el diagrama de flujo de proceso de la instalación, que establece la totalidad de sus interconexiones, sus inventarios y sus condiciones de operación.

La emisión de los Diagramas de Tubería e Instrumentación de la ingeniería de detalle no modificará los nodos identificados ni los escenarios desarrollados en el presente Capítulo. Dicha emisión aportará la especificación de línea, la lista de materiales y las hojas de datos de los elementos de protección que este apartado ya define de forma funcional, con su condición de disparo y su retardo.

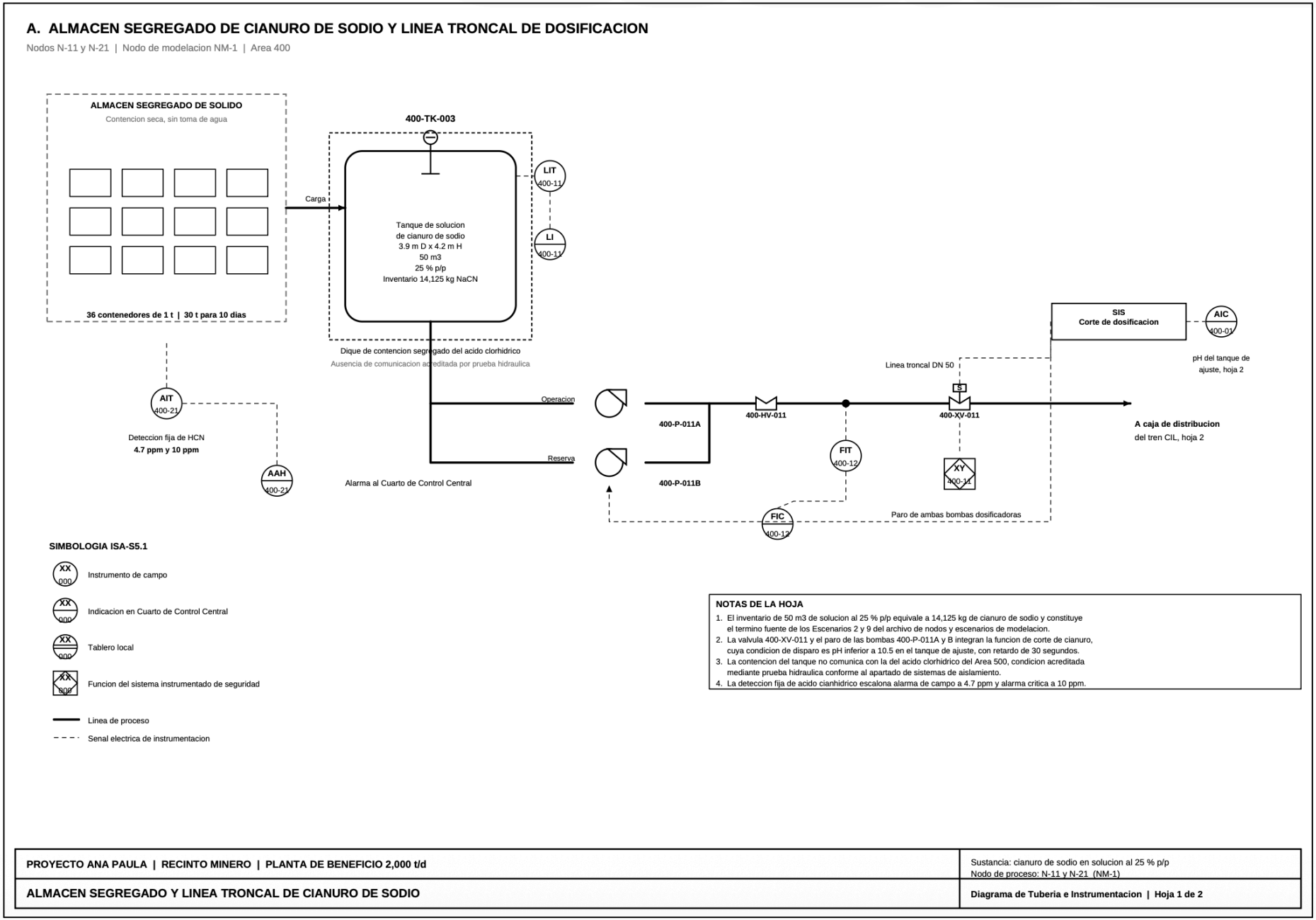


Figura 23: Almacén segregado y línea troncal de cianuro de sodio (nodos N-11 y N-21; nodo de modelación NM-1)

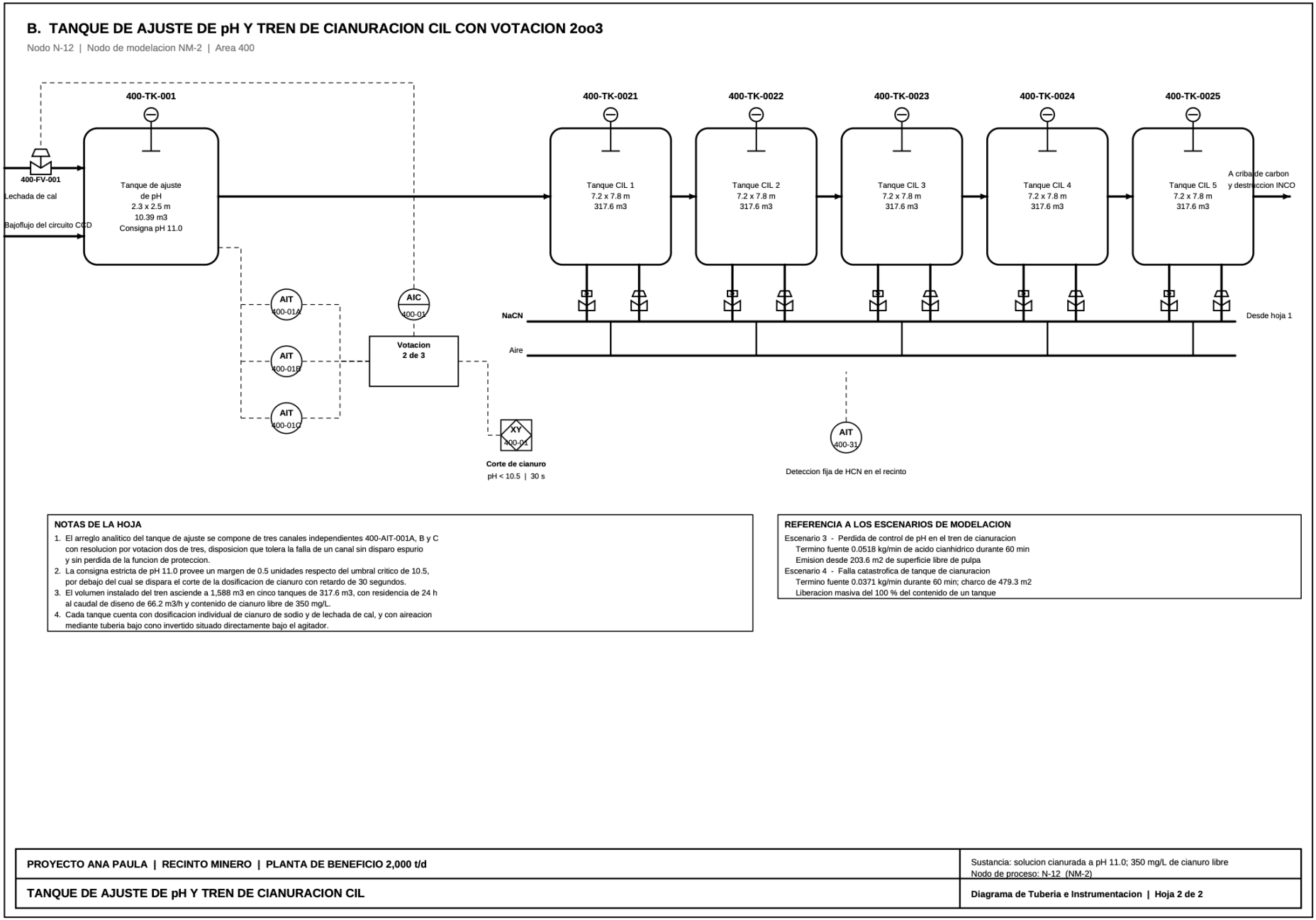


Figura 24: Tanque de ajuste de pH y tren de cianuración CIL con votación dos de tres (nodo N-12; nodo de modelación NM-2)

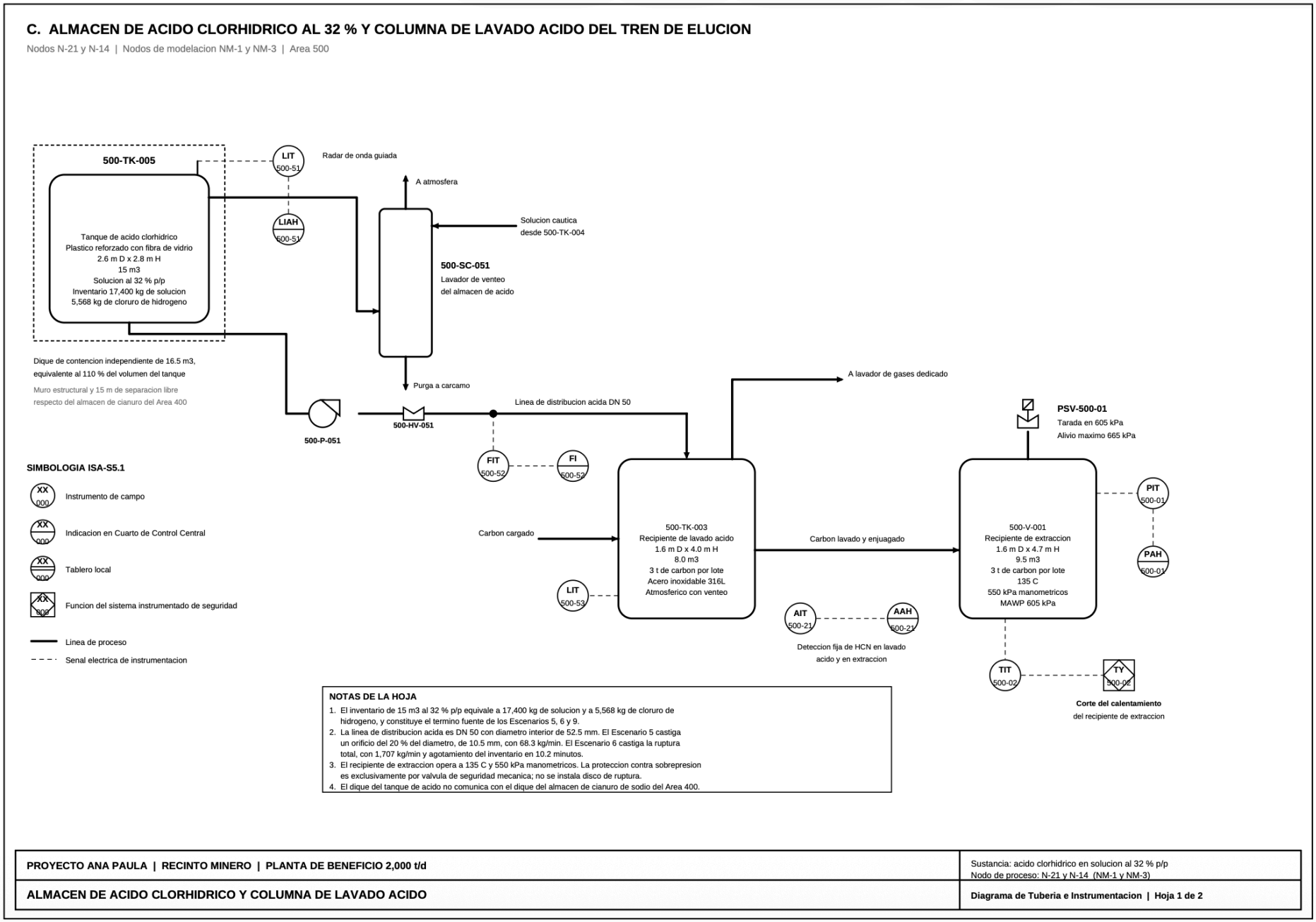
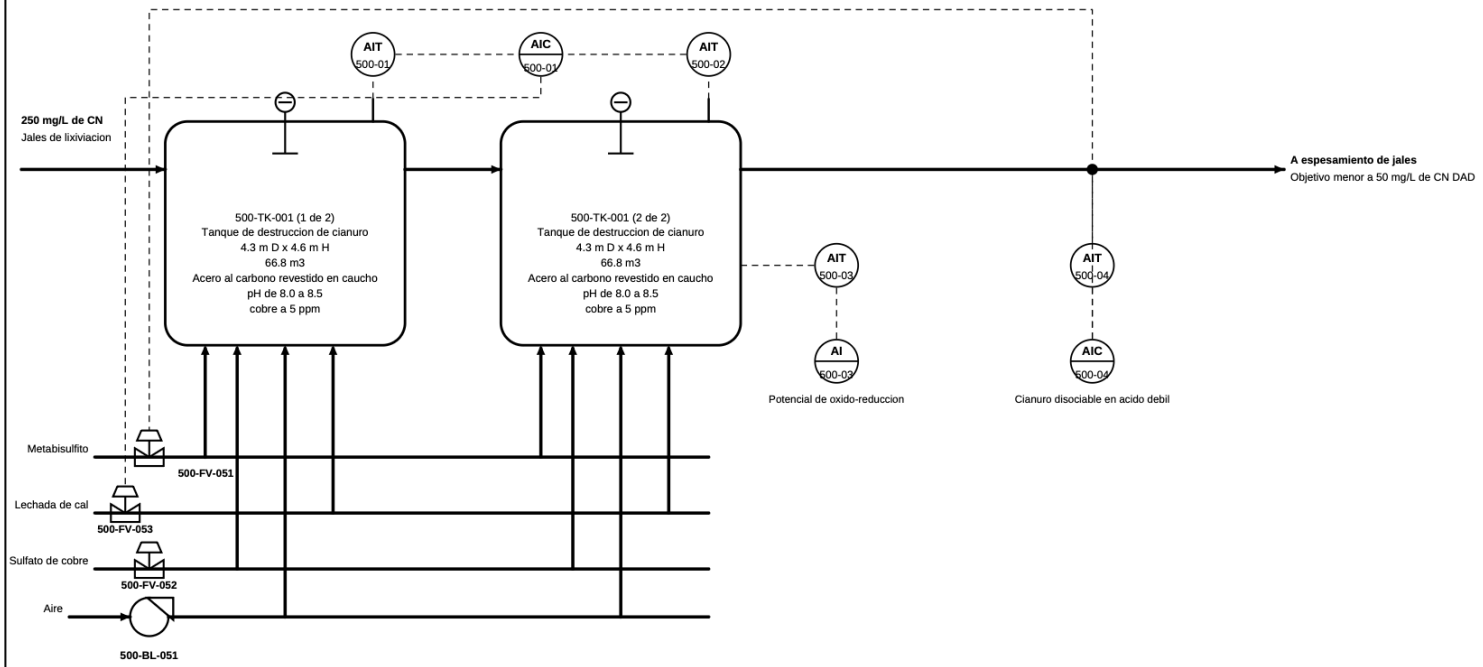


Figura 25: Almacén de ácido clorhídrico y columna de lavado ácido del tren de elución (nodos N-21 y N-14; nodos de modelación NM-1 y NM-3)

D. UNIDAD DE DESTRUCCION DE CIANURO POR PROCESO DE AIRE Y METABISULFITO

Nodo N-16 | Nodo de modelacion NM-4 | Area 500



NOTAS DE LA HOJA

1. Los dos reactores operan en serie con un tiempo de residencia total de diseno de 2 horas y suman 29.1 m2 de superficie libre de pulpa, que es el area de emision del Escenario 7.
2. El controlador 500-AIC-001 resuelve la lectura de los dos canales de pH y ajusta de forma automatica la dosificacion de lechada de cal ante desviaciones fuera del rango de 8.0 a 8.5.
3. El sulfato de cobre se dosifica en proporcion al caudal de jales para sostener el catalizador en 5 ppm.
4. El controlador 500-AIC-004 regula en lazo cerrado la dosificacion de metabisulfito sobre la lectura de cianuro disociable en acido debil de la descarga.

REFERENCIA AL ESCENARIO DE MODELACION

Escenario 7 - Perdida de eficiencia del circuito de destruccion
Termino fuente 0.00351 kg/min de acido cianhidrico durante 60 min
Emision desde 29.1 m2 de superficie libre de los reactores
Arrastre por aireacion con 0.045 m3/s y constante de Henry de 5.3 x 10-3
Fraccion de HCN a pH 8.0 igual a 94.559 %
Indicador relativo 0.0005; jerarquia despreciable

PROYECTO ANA PAULA | RECINTO MINERO | PLANTA DE BENEFICIO 2,000 t/d	Sustancia: cianuro residual en pulpa a pH de 8.0 a 8.5 Nodo de proceso: N-16 (NM-4)
UNIDAD DE DESTRUCCION DE CIANURO (PROCESO INCO)	**Diagrama de Tuberia e Instrumentacion | Hoja 2 de 2**

Figura 26: Unidad de destrucción de cianuro por proceso de aire y metabisulfito (nodo N-16; nodo de modelación NM-4)

I.4.2.3. Definición estricta de los nodos de proceso y sincronización con la modelación de consecuencias

La segmentación del circuito en nodos de proceso se resuelve mediante tres reglas de corte de aplicación concurrente. La primera regla es el cambio de función metalúrgica: un nodo termina donde termina la operación unitaria que lo define. La segunda regla es el cambio de las condiciones de operación: la variación de la presión, de la temperatura o del pH que exija una intención de diseño distinta abre un nodo nuevo, con independencia de que la función metalúrgica se sostenga. La tercera regla es el cambio de la sustancia o del inventario confinado: todo recipiente que aloje inventario de una sustancia listada constituye por sí mismo un nodo, con independencia de su función. La aplicación conjunta de estas tres reglas garantiza que cada nodo posea una intención de diseño única y cuantificada, que es la condición necesaria de la aplicación de las palabras guía.

La segmentación produjo veintisiete nodos, que cubren la secuencia completa desde la recepción de mineral hasta la disposición de jales filtrados e incluyen los nodos de almacenamiento y de preparación de reactivos y los sistemas auxiliares de proceso. La definición de cada nodo, sus parámetros de operación y la sustancia listada que en su caso concentra son los siguientes.

Tabla 66: Definición de los nodos de proceso identificados y sustancia listada asociada

Nodo	Definición y alcance	Parámetros de operación	Sustancia listada asociada
N-01	Recepción de mineral y trituración primaria	2,000 t/d; F80 de 300 mm; P80 de 80 mm	No aplica
N-02	Trituración secundaria y depósito de finos	P80 de 13 mm; 2,000 t de carga viva	No aplica
N-03	Molienda y clasificación	P80 de 160 µm; molino de 5.0 por 7.9 m	No aplica
N-04	Concentración gravimétrica	36 % de la carga circulante	No aplica
N-05	Flotación rougher y acondicionamiento	6 celdas de 70 m³; 55 min; 30 % de sólidos	No aplica en operación normal
N-06	Espesamiento de concentrado de flotación	9 m de diámetro; 55 % de sólidos	No aplica
N-07	Remolienda del concentrado	P80 de 25 µm; presión de ciclones	No aplica
N-08	Oxidación biológica	8 reactores; 38 a 42 °C; pH 1.1 a 1.7; 15 % de sólidos	No aplica
N-09	Lavado en contracorriente	3 espesadores en serie con mezcla entre etapas	No aplica
N-10	Neutralización del licor de bio-oxidación	6 reactores; pH 5 en el tercero; pH 7 en el sexto	No aplica

Nodo	Definición y alcance	Parámetros de operación	Sustancia listada asociada
N-11	Preparación y dosificación de cianuro de sodio	Solución al 25 % p/p; detección de ácido cianhídrico	Cianuro de sodio; potencial de ácido cianhídrico
N-12	Ajuste de pH y circuito de cianuración	5 tanques de 317.6 m³; pH 11.0; 350 mg/L de cianuro libre	Cianuro de sodio; potencial de ácido cianhídrico
N-13	Manejo y reactivación térmica de carbón	Temperatura de horno; tiempo de residencia	Soluciones cianuradas adsorbidas
N-14	Lavado ácido y desorción de carbón cargado	3 t por lote; 135 °C; 550 kPa; 2 volúmenes de lecho por hora	Ácido clorhídrico; cloruro de hidrógeno; ácido cianhídrico
N-15	Electrodeposición, retortas, refinación y fundición	Voltaje; corriente; temperatura; ventilación	Mercurio elemental; evaluado y excluido conforme a la tabla de evaluación de sustancias de este apartado
N-16	Destrucción de cianuro por proceso de aire y metabisulfito	pH 8.0 a 8.5; cobre a 5 ppm; 2 reactores; 2 h	Cianuro residual; potencial de ácido cianhídrico
N-17	Espesamiento de jales	12 m y 15 m de diámetro; 50 a 55 % de sólidos	Cianuro residual en pulpa
N-18	Filtración de jales	3 filtros prensa de cavidad reprimida	Cianuro residual en jales
N-19	Planta de pasta y relleno subterráneo	38 t/h de alimentación; dosificación de cemento	Cianuro residual en pasta
N-20	Disposición de jales filtrados	Estabilidad geotécnica; control de infiltración	Cianuro residual en depósito
N-21	Almacenamiento de reactivos críticos	Cianuro de sodio 50 m³; ácido clorhídrico 15 m³; sosa cáustica 20 m³	Cianuro de sodio; ácido clorhídrico
N-22	Sistemas auxiliares de proceso	Agua, aire de instrumentación y aire de proceso	No aplica
N-23	Tanque de compensación de alimentación a bio-oxidación	60 h de retención a 340 t/d; del orden de 850 t	No aplica

Nodo	Definición y alcance	Parámetros de operación	Sustancia listada asociada
N-24	Tratamiento biológico de tiocianato	Nutrientes de melaza y fosfato monoamónico	Tiocianato; amoníaco de la degradación
N-25	Torre de enfriamiento y servicios de bio-oxidación	Purga por conductividad; biocida e inhibidor	No aplica
N-26	Almacenamiento y preparación de reactivos de flotación	Xantato amílico en solución; sulfato de cobre; espumante	Disulfuro de carbono potencial; evaluado y excluido conforme a la tabla de evaluación de sustancias de este apartado
N-27	Almacenamiento y preparación de metabisulfito de sodio	Solución al 25 % p/p; dosificación a destrucción	Dióxido de azufre potencial; evaluado y excluido conforme a la tabla de evaluación de sustancias de este apartado

Sobre cada uno de los veintisiete nodos se evaluó la concurrencia de dos condiciones: la presencia de una sustancia comprendida en los Listados de Actividades Altamente Riesgosas y la existencia de una vía física de formación y de liberación de una especie tóxica en fase gaseosa. Los nodos en los que no concurren ambas condiciones quedan identificados y documentados en la tabla precedente, pero no generan escenarios de modelación de consecuencias. Los nodos que concentran inventario de sustancia listada con vía de liberación acreditada son cinco: la preparación y dosificación de cianuro de sodio, el ajuste de pH y el circuito de cianuración, el lavado ácido y la desorción de carbón cargado, la destrucción de cianuro, y el almacenamiento de reactivos críticos.

La inclusión de una sustancia en el alcance de modelación de consecuencias exige a su vez la concurrencia simultánea de tres condiciones. La primera es que la sustancia figure en el Primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas, relativo a sustancias tóxicas. La segunda es que su clasificación en dicho listado corresponda al estado gaseoso, dado que el alcance del análisis de consecuencias por dispersión atmosférica se circunscribe a las especies que se liberan y se transportan en fase gaseosa. La tercera es que el inventario de la instalación rebase la cantidad de reporte que el propio listado establece para dicha sustancia. La evaluación de la totalidad de las sustancias manejadas frente a estas tres condiciones, con la cuantificación que sustenta cada determinación, es la siguiente.

Tabla 67: Evaluación de las sustancias manejadas frente al criterio de inclusión en el alcance de modelación

Sustancia	Estado en el listado	Cantidad de reporte	Inventario o masa generada	Veces la cantidad de reporte	Determinación
Ácido cianhídrico	Gaseoso	1 kg	7,790 kg potenciales del inventario de cianuro	7,790	Listada; rebasa la cantidad de reporte; se modela
Cloruro de hidrógeno	Gaseoso	1 kg	5,568 kg contenidos en 15 m³ al 32 % p/p	5,568	Listada; rebasa la cantidad de reporte; se modela
Cianuro de sodio	Sólido	1 kg	14,125 kg contenidos en 50 m³ al 25 % p/p	14,125	Listada en estado sólido; precursor del ácido cianhídrico; no se dispersa en fase gaseosa
Amoníaco anhidro	Gaseoso	10 kg	No se almacena anhidro; se genera en solución	No alcanza	Listada; no rebasa la cantidad de reporte; fuera del alcance
Disulfuro de carbono	Líquido	100 kg	790 kg potenciales del inventario de xantato	7.9	Listada en estado líquido; no se clasifica como gaseosa; fuera del alcance
Dióxido de azufre	No figura	No aplica	1,011 kg potenciales del metabisulfito	No aplica	No listada; fuera del alcance
Vapor de mercurio	No figura como elemental	No aplica	1.00 kg por lote de retorta	No aplica	No listada; fuera del alcance

La aplicación de este criterio determina que las especies objeto de modelación de consecuencias sean el ácido cianhídrico y el cloruro de hidrógeno. Las sustancias evaluadas y excluidas del alcance se consignan de forma expresa con la causa de su exclusión y con la cuantificación que la sustenta, y no se omiten del análisis.

Los cinco nodos de proceso con inventario de sustancia listada se agrupan en cuatro nodos de modelación, que son las unidades sobre las que se ejecuta el cálculo del término fuente y la modelación de dispersión. La agregación obedece a un criterio físico y no de conveniencia de cálculo: el nodo de modelación NM-1 agrupa el nodo N-11 de preparación y dosificación de cianuro de sodio con el nodo N-21 de almacenamiento de reactivos críticos porque el escenario de acidificación de solución cianurada exige la concurrencia física de ambos inventarios, condición que no puede examinarse sobre ninguno de los dos nodos por separado. El punto de pérdida de contención de los Escenarios 5 y 6 es la línea de transferencia de ácido clorhídrico de dos pulgadas que conduce desde este almacenamiento hasta el nodo N-14 de lavado ácido y desorción, con presión de

operación de 2 bar manométricos. Los nodos de modelación NM-2, NM-3 y NM-4 mantienen la correspondencia biunívoca con los nodos de proceso N-12, N-14 y N-16 respectivamente, dado que cada uno de ellos aloja un inventario cianurado con una vía de liberación propia e independiente de los demás.

Tabla 68: Correspondencia entre los nodos de proceso y los nodos de modelación de consecuencias

Nodo de modelación	Nodos de proceso agrupados	Inventario y condiciones	Sustancia modelada
NM-1 — Almacenamiento y preparación de cianuro	N-11 y N-21	Cianuro de sodio 50 m³ al 25 % p/p; ácido clorhídrico 15 m³ al 32 % p/p	Ácido cianhídrico y cloruro de hidrógeno
NM-2 — Ajuste de pH y tren de cianuración	N-12	5 tanques de 317.6 m³; 350 mg/L de cianuro libre; pH 11.0	Ácido cianhídrico
NM-3 — Extracción de carbón cargado	N-14	3 t de carbón por lote; 135 °C; 550 kPa; 0.15 % de cianuro	Ácido cianhídrico
NM-4 — Destrucción de cianuro	N-16	Pulpa a pH de 8.0 a 8.5; cianuro de entrada de 250 mg/L	Ácido cianhídrico

Los parámetros de proceso que gobiernan el término fuente de cada nodo de modelación proceden de las bases de diseño del Proyecto y no de valores adoptados por analogía. Su enumeración expresa permite establecer el efecto que la modificación de cualquiera de ellos produciría sobre el resultado de la modelación, y constituye el vínculo formal entre la ingeniería del Proyecto y las distancias de afectación determinadas.

Tabla 69: Parámetros de proceso que gobiernan el término fuente de cada nodo de modelación

Parámetro	Valor adoptado	Nodo de modelación	Uso en el cálculo del término fuente
Capacidad nominal de la planta	2,000 t/d; 730,000 t/a	Todos	Base de los caudales de proceso de la totalidad del circuito
Inventario de solución de cianuro de sodio	50 m³ al 25 % p/p; 1,130 kg/m³	NM-1	Masa disponible y tiempo de agotamiento de los Escenarios 2 y 9
Inventario de ácido clorhídrico	15 m³ al 32 % p/p; 1,160 kg/m³	NM-1	Masa disponible y tiempo de agotamiento de los Escenarios 5 y 6
pH de la solución concentrada de cianuro en almacenamiento	11.5	NM-1	Fracción molecular de ácido cianhídrico de 0.5465 % en los Escenarios 1 y 2

Parámetro	Valor adoptado	Nodo de modelación	Uso en el cálculo del término fuente
Tanques de cianuración	5 unidades de 7.2 por 7.8 m; 317.6 m³ cada una	NM-2	Superficie libre de pulpa e inventario del recipiente en los Escenarios 3 y 4
Concentración de cianuro libre en el tren	350 mg/L	NM-2	Proporcional directo sobre el término fuente de los Escenarios 3 y 4
Consigna de pH del tren de cianuración	11.0	NM-2	Fracción molecular de ácido cianhídrico de 1.708 % en condición de diseño
Recipiente de extracción de carbón	3 t por lote; 135 °C; 550 kPa manométricos	NM-3	Fracción de vaporización instantánea del Escenario 8
Solución de elución	0.15 % de cianuro; 1.25 % de cáustico; 8.0 m³	NM-3	Inventario cianurado de los Escenarios 8 y 9
Circuito de destrucción de cianuro	pH 8.0 a 8.5; cobre a 5 ppm; 2 reactores; 2 h	NM-4	Fracción molecular y superficie de emisión del Escenario 7
Concentración de cianuro a la entrada de la destrucción	250 mg/L	NM-4	Proporcional directo sobre el término fuente del Escenario 7
Coeficiente de transferencia en fase líquida	1.0×10^{-5} m/s	NM-1, NM-2 y NM-3	Volatilización de ácido cianhídrico desde charco confinado
Coeficiente de transferencia en fase gaseosa	0.010 m/s	NM-1	Evaporación de cloruro de hidrógeno desde charco de ácido
Constante de Henry adimensional del ácido cianhídrico	5.3×10^{-3} a 25 °C	NM-2 y NM-4	Arrastre de ácido cianhídrico por aireación de proceso
Coeficiente de descarga por orificio	0.61	NM-1	Descarga en fase líquida a través de orificio y de sección completa

Las condiciones del entorno adoptadas para la modelación de dispersión son las que produce el emplazamiento y no las de un caso genérico. La clase de estabilidad atmosférica B con velocidad de viento de 2.2 metros por segundo medidos a 3 metros de altura, la dirección predominante del noroeste, la temperatura de 25 grados Celsius, la humedad relativa de 65 por ciento y la rugosidad de campo abierto constituyen la condición de cálculo. La duración máxima de liberación de 60 minutos es el límite de cálculo del programa de modelación y se aplica a la totalidad de los escenarios, con la única excepción del escenario de generación estequiométrica, cuya duración de 15 minutos procede del propio agotamiento de la reacción.

Los datos efectivamente capturados en el programa de modelación de dispersión para cada uno de los nueve escenarios, con la sustancia en la denominación que el propio programa emplea, son los que se consignan a continuación. La tasa de fuga de cada escenario es el término fuente cuya memoria de cálculo se desarrolla en el apartado I.4.2.5, y el tiempo de fuga es la duración de la liberación establecida en ese mismo apartado.

Tabla 70: Datos de captura en el programa de modelación por escenario

Esc.	Sustancia a modelar	Substance to model	Viento	Dirección	Temp.	Hum. rel.	Tasa de fuga	Tiempo de fuga
1	Ácido cianhídrico	Hydrogen cyanide	2.2 m/s	Noroeste	25 °C	65 %	0.0470 kg/min	60 min
2	Ácido cianhídrico	Hydrogen cyanide	2.2 m/s	Noroeste	25 °C	65 %	0.0562 kg/min	60 min
3	Ácido cianhídrico	Hydrogen cyanide	2.2 m/s	Noroeste	25 °C	65 %	0.0518 kg/min	60 min
4	Ácido cianhídrico	Hydrogen cyanide	2.2 m/s	Noroeste	25 °C	65 %	0.0664 kg/min	60 min
5	Cloruro de hidrógeno	Hydrogen chloride	2.2 m/s	Noroeste	25 °C	65 %	1.66 kg/min	60 min
6	Cloruro de hidrógeno	Hydrogen chloride	2.2 m/s	Noroeste	25 °C	65 %	2.83 kg/min	60 min
7	Ácido cianhídrico	Hydrogen cyanide	2.2 m/s	Noroeste	25 °C	65 %	0.0522 kg/min	60 min
8	Ácido cianhídrico	Hydrogen cyanide	2.2 m/s	Noroeste	25 °C	65 %	0.108 kg/min	60 min
9	Ácido cianhídrico	Hydrogen cyanide	2.2 m/s	Noroeste	25 °C	65 %	0.831 kg/min	15 min

La totalidad de las corridas se configura con fuente directa de tipo continuo, con altura de liberación de cero metros sobre el nivel del terreno y sobre la superficie de emisión que corresponde a cada escenario conforme al apartado I.4.2.5. La denominación en idioma inglés se consigna de forma expresa porque es la que el programa exige para la selección de la sustancia en su base de datos química, y su transcripción literal evita la sustitución involuntaria de la especie modelada.

La definición de nodos, de variables y de consecuencias establecida en este apartado conduce de forma exacta a los nueve escenarios de riesgo y a sus términos fuente. No existe escenario cuantificado que carezca de un nodo de origen ni consecuencia de liberación registrada que carezca de escenario asociado.

I.4.2.4. Aplicación de las sesiones de Análisis de Riesgos y Operabilidad

El análisis se condujo en cuatro sesiones, una por cada nodo de modelación. Cada sesión recorre la totalidad de las palabras guía sobre la totalidad de las variables relevantes del nodo, y registra tanto las desviaciones con consecuencia de liberación de sustancia listada, que generan escenario

de modelación, como aquellas cuya consecuencia se agota en la operabilidad del circuito, que se registran y se cierran sin escenario. El registro de estas últimas es parte integrante del resultado y no una omisión: acredita que la desviación fue examinada y que su consecuencia no alcanza la liberación.

Cada desviación se identifica mediante una clave de tres campos separados por punto. El primer campo corresponde al nodo, el segundo a la variable de proceso examinada dentro de ese nodo y el tercero a la desviación registrada sobre esa variable. Esta clave es la referencia con la que la desviación se cita en la matriz de categorización, en la relación de escenarios y en la tabla de recomendaciones.

Cada desviación se evalúa dos veces. La primera evaluación corresponde al riesgo inherente, que es el que la desviación presentaría en ausencia de las salvaguardas de diseño, y establece la magnitud del peligro que la instalación debe interceptar. La segunda evaluación corresponde al riesgo operacional, que es el que subsiste con las salvaguardas efectivamente incorporadas al diseño, y establece el riesgo residual que la instalación transfiere a la operación. La diferencia entre ambas evaluaciones cuantifica la eficacia de cada barrera.

La evaluación se resuelve mediante el producto de la frecuencia esperada de la desviación por la consecuencia que produce, ambas expresadas en escalas discretas de seis niveles. La escala de frecuencia se ancla en la vida operativa del Proyecto, que es de once años conforme a las bases de producción del apartado I.1.

Tabla 71: Escala de frecuencia de seis niveles adoptada para la evaluación del riesgo

Nivel	Denominación	Intervalo de frecuencia esperada	Criterio de asignación
F6	Muy alta	Más de una vez por año	La desviación se materializa de forma recurrente durante la operación normal y forma parte de la experiencia ordinaria del turno
F5	Alta	Una vez cada uno a cinco años	La desviación se espera más de una vez durante la vida operativa de once años del Proyecto
F4	Media	Una vez cada cinco a veinte años	La desviación puede materializarse una vez durante la vida operativa del Proyecto
F3	Baja	Una vez cada veinte a cien años	La desviación no se espera durante la vida operativa, pero se encuentra documentada en instalaciones de proceso similares conforme al apartado I.4.1
F2	Remota	Una vez cada cien a mil años	La desviación exige la falla concurrente de dos

Nivel	Denominación	Intervalo de frecuencia esperada	Criterio de asignación
			condiciones independientes entre sí
F1	Improbable	Menos de una vez cada mil años	La desviación exige la falla concurrente de tres o más condiciones independientes entre sí

La escala de consecuencia se aplica de forma independiente sobre cuatro categorías de daño: el personal de la instalación, la población del entorno, el ambiente y la producción con las instalaciones. La categoría de población se ancla de forma expresa en los umbrales de exposición aguda que gobiernan la modelación de dispersión, de modo que la evaluación cualitativa de la sesión y la cuantificación de consecuencias comparten la misma referencia de daño.

Tabla 72: Escala de consecuencia de seis niveles por categoría de daño

Nivel	Personal de la instalación	Población del entorno	Ambiente	Producción e instalaciones
C1 — Despreciable	Sin lesión	Sin afectación perceptible	Sin liberación fuera del equipo	Sin efecto sobre la producción
C2 — Menor	Lesión leve sin incapacidad, atendida en sitio	Percepción de olor o molestia sin efecto sobre la salud	Derrame contenido en el dique y recuperado íntegramente al proceso	Pérdida de producción inferior a un turno
C3 — Moderada	Lesión con incapacidad temporal	Exposición inferior al umbral de exposición aguda de primer nivel	Derrame contenido con afectación de suelo dentro del área del proyecto	Paro de un nodo del circuito por menos de un día
C4 — Mayor	Lesión con incapacidad permanente parcial	Exposición superior al umbral de exposición aguda de primer nivel	Liberación fuera de la contención secundaria, confinada al área del proyecto	Paro de la planta de beneficio de uno a siete días
C5 — Crítica	Una fatalidad	Exposición superior al umbral de exposición aguda de segundo nivel	Liberación que rebasa el borde del área del proyecto y alcanza el área de afectación	Paro superior a siete días con daño mayor de equipo principal
C6 — Catastrófica	Más de una fatalidad	Exposición superior al umbral de exposición aguda de tercer nivel	Liberación que alcanza un cuerpo de agua o afecta de forma irreversible al área de afectación	Pérdida total de un área de proceso

La evaluación de cada desviación se resuelve en dos pasos. El primero determina la categoría de daño gobernante, que es aquella sobre la que la desviación produce la consecuencia de mayor nivel,

y calcula la magnitud del riesgo como el producto del nivel de frecuencia por dicho nivel de consecuencia. El segundo lee la categoría de riesgo en la posición que el par de frecuencia y consecuencia gobernante ocupa dentro de la matriz de categorización. La categoría es en consecuencia posicional y no se deriva de un intervalo de la magnitud, criterio que impone una calificación más restrictiva en la región de frecuencia alta concurrente con consecuencia alta.

[C(gobernante) = máximo{ C(personal), C(población), C(ambiente), C(producción) }]

[Mr(desviación) = F × C(gobernante)]

[Categoría(desviación) = Matriz[F , C(gobernante)]]

Tabla 73: Matriz de categorización del riesgo por frecuencia y consecuencia

Frecuencia	C1	C2	C3	C4	C5	C6
F6	C (6)	B (12)	A (18)	A (24)	A (30)	A (36)
F5	C (5)	C (10)	B (15)	A (20)	A (25)	A (30)
F4	D (4)	C (8)	C (12)	B (16)	A (20)	A (24)
F3	D (3)	C (6)	C (9)	C (12)	B (15)	A (18)
F2	D (2)	D (4)	C (6)	C (8)	C (10)	B (12)
F1	D (1)	D (2)	D (3)	D (4)	C (5)	C (6)

La celda de la matriz consigna la categoría de riesgo y, entre paréntesis, la magnitud que corresponde al producto de la frecuencia por la consecuencia. El código de color acompaña a la categoría: verde para el riesgo aceptable, amarillo para el riesgo aceptable con control, naranja para el riesgo indeseable y rojo para el riesgo no tolerable. El color es un atributo de la celda de la matriz y de las matrices de distribución de resultados; la totalidad del texto del presente Capítulo se mantiene en color negro.

Tabla 74: Criterios de aceptación del riesgo y acción exigida por categoría

Categoría	Denominación	Región de la matriz	Acción exigida
A	No tolerable	Concurrencia de frecuencia igual o superior a F3 con consecuencia C6, y de frecuencia igual o superior a F4 con consecuencia igual o superior a C5	No se admite la operación. Exige rediseño del nodo o supresión del inventario que genera la consecuencia
B	Indeseable	Banda diagonal contigua a la región no tolerable, desde F6 con C2 hasta F3 con C5, e incluida la posición F2 con C6, en la que la consecuencia catastrófica gobierna sobre la frecuencia remota	Exige la incorporación de una barrera adicional documentada antes del arranque, y su verificación en la prueba de aceptación

Categoría	Denominación	Región de la matriz	Acción exigida
C	Aceptable con control	Banda diagonal central. La magnitud representativa está comprendida entre 5 y 12, si bien la magnitud 12 corresponde a esta categoría únicamente en las posiciones F4 con C3 y F3 con C4	Admisible con la salvaguarda vigente, sujeta a verificación periódica con registro y a inclusión en el programa de mantenimiento
D	Aceptable	Región inferior izquierda, con magnitud representativa igual o inferior a 4	Admisible sin acción adicional. Se sostiene mediante la práctica ordinaria de operación

La definición de los nodos sobre los que se condujeron las sesiones, con su documento base, su intención de diseño, los parámetros examinados y las palabras guía aplicadas, es la siguiente.

Tabla 75: Definición de los nodos de análisis y documentos base de las sesiones

Nodo	Definición del nodo	Documento base	Intención de diseño	Parámetros examinados	Palabras guía aplicadas
1 — NM-1	Almacenamiento y preparación de cianuro de sodio, y almacenamiento de ácido clorhídrico. Nodos de proceso N-11 y N-21	DTI-400-001 hoja 1 de 2; DTI-500-001 hoja 1 de 2	Almacenar 50 m³ de solución de cianuro de sodio al 25 % p/p a pH 11.5 y 15 m³ de ácido clorhídrico al 32 % p/p en recintos segregados, y dosificar la solución cianurada al tanque de ajuste de pH	Integridad de línea; contención de recipiente; nivel; caudal; pH; sustancia presente en la contención; aporte externo de agua	NO, MÁS, MENOS, OTRO QUE, ADEMÁS DE
2 — NM-2	Ajuste de pH y tren de cianuración con adsorción en carbón activado. Nodo de proceso N-12	DTI-400-001 hoja 2 de 2	Sostener el pH de la pulpa en 11.0 y la concentración de cianuro libre en 350 mg/L sobre cinco tanques de 317.6 m³ en serie con 24 h de residencia	pH; contención de recipiente; caudal de aire de proceso; concentración de cianuro libre; sentido del flujo; composición de la pulpa alimentada; aporte externo de agua	NO, MÁS, MENOS, INVERSO, OTRO QUE, PARTE DE, ADEMÁS DE
3 — NM-3	Lavado ácido de carbón cargado y desorción a	DTI-500-001 hoja 1 de 2	Lavar el carbón cargado con ácido clorhídrico diluido y desorber el oro a 135 °C y	Presión; temperatura; contención de recipiente; concentración de	NO, MÁS, MENOS, OTRO QUE

Nodo	Definición del nodo	Documento base	Intención de diseño	Parámetros examinados	Palabras guía aplicadas
	presión. Nodo de proceso N-14		550 kPa manométricos sobre lotes de 3 t de carbón	sosa cáustica en la solución de elución; sustancia en contacto con el carbón; venteo; caudal de elución	
4 — NM-4	Destrucción de cianuro por proceso de aire y metabisulfito. Nodo de proceso N-16	DTI-500-001 hoja 2 de 2	Destruir el cianuro disociable en ácido débil hasta menos de 50 mg/L sobre dos reactores en serie a pH de 8.0 a 8.5 con catálisis de cobre a 5 ppm y 2 h de residencia	Eficiencia de destrucción; pH; caudal de aire; contención de recipiente; tiempo de residencia; concentración de cianuro a la entrada; composición de la corriente destruida	NO, MÁS, MENOS, PARTE DE

El registro de la primera sesión, conducida sobre el almacenamiento y la preparación de cianuro de sodio y sobre el almacenamiento de ácido clorhídrico, es el siguiente. Esta sesión concentra los dos escenarios que resultan gobernantes de la instalación.

Tabla 76: Registro de la sesión de análisis sobre el nodo 1 — Almacenamiento y preparación de cianuro de sodio y almacenamiento de ácido clorhídrico

Clave	Variable y palabra guía	Desviación	Causa iniciadora	Consecuencia	Salvaguarda de diseño existente	Escenario asociado
1.01.01	Integridad de la línea de cianuro — MENOS	Pérdida de contención por orificio en la línea troncal de diámetro nominal 80	Corrosión localizada o falla de junta por deficiencia de mantenimiento; mecanismo acreditado en los antecedentes de El Chanate y de West Thurrock	Descarga de 173.8 kg/min de solución sobre el dique, con charco confinado de 92 m² y volatilización de ácido cianhídrico desde solución a pH 11.5	Dique de contención de 55 m³ equivalente al 110 % del volumen; detección fija de ácido cianhídrico con alarma a 4.7 y a 10 ppm; programa de inspección de líneas	Escenario 1: 0.0470 kg/min durante 60 min
1.01.02	Integridad de la línea de cianuro — NO	Ruptura total de la línea troncal de diámetro nominal 80	Impacto mecánico sobre la línea o solicitación sísmica en la transición entre tramo	Descarga de 72.43 kg/s con agotamiento del inventario de 56,500 kg en 13.0 min y charco	Válvula de corte 400-XV-011 y paro de las bombas 400-P-011A y B; dique de 55 m³; detección fija	Escenario 2: 0.0562 kg/min durante 60 min

Clave	Variable y palabra guía	Desviación	Causa iniciadora	Consecuencia	Salvaguarda de diseño existente	Escenario asociado
			enterrado y tramo expuesto	confinado de 110 m²	de ácido cianhídrico	
1.02.01	Integridad de la línea de ácido clorhídrico — MENOS	Pérdida de contención por orificio en la línea de distribución de diámetro nominal 50	Corrosión de la línea o falla de junta por deficiencia de mantenimiento	Descarga de 68.3 kg/min de solución ácida sobre el dique, con charco confinado de 23.5 m² y evaporación de cloruro de hidrógeno gaseoso	Dique de contención de 16.5 m³ equivalente al 110 % del volumen; tanque y línea en materiales resistentes al medio ácido; válvula manual de aislamiento 500-HV-051	Escenario 5: 1.66 kg/min durante 60 min
1.02.02	Integridad de la línea de ácido clorhídrico — NO	Ruptura total de la línea de distribución de diámetro nominal 50	Impacto mecánico sobre la línea o solicitación sísmica en la transición entre tramo enterrado y tramo expuesto	Descarga de 28.44 kg/s con agotamiento del inventario de 17,400 kg en 10.2 min y charco confinado de 40.0 m²	Dique independiente de 16.5 m³ sin comunicación con el dique del cianuro; válvula manual de aislamiento; detección de fuga en contención	Escenario 6: 2.83 kg/min durante 60 min; escenario gobernante de la instalación
1.03.01	Sustancia presente en la contención — OTRO QUE	Concurrencia de solución cianurada y de ácido clorhídrico en un mismo recinto de contención	Error de maniobra de trasiego o falla simultánea de las barreras de segregación; mecanismo acreditado en los antecedentes de Frankfurt y de Hinckley	Reacción de acidificación con generación de 12.47 kg de ácido cianhídrico sobre el inventario cianurado del circuito de elución en recinto cerrado	Muro estructural entre recintos; separación libre no inferior a 15 m; diques de contención independientes; redes de drenaje sin punto de confluencia acreditado por prueba hidráulica	Escenario 9: 0.831 kg/min durante 15 min; escenario gobernante por cianuro
1.04.01	Nivel del tanque de solución de cianuro — MÁS	Rebase del tanque 400-TK-003 por encima de su volumen útil de 50 m³	Falla del transmisor de nivel o error en la secuencia de carga desde el almacén de sólido	Derrame confinado en el dique de contención; el charco resultante queda envuelto por el correspondiente	Transmisor de nivel 400-LIT-011 con alarma de alto nivel en el Cuarto de Control Central; dique de 55 m³	Envuelto por el Escenario 2

Clave	Variable y palabra guía	Desviación	Causa iniciadora	Consecuencia	Salvaguarda de diseño existente	Escenario asociado
				a la ruptura total de línea		
1.05.01	Caudal de dosificación de cianuro — MENOS	Interrupción del flujo de la línea troncal hacia el tanque de ajuste de pH	Falla de las bombas dosificadoras 400-P-011A y B o cierre indebido de la válvula de corte	Descenso de la concentración de cianuro libre en el tren y pérdida de la extracción de oro, sin consecuencia de liberación	Transmisor de flujo 400-FIT-012 con indicación en el Cuarto de Control Central; bomba dosificadora de reserva	Sin consecuencia de liberación
1.06.01	pH de la solución almacenada — MENOS	Descenso del pH de la solución concentrada de cianuro por debajo de 11.5	Carbonatación por contacto prolongado con el aire o adición errónea durante la preparación	Incremento de la fracción molecular de ácido cianhídrico sobre la superficie libre del tanque y sobre el charco de un eventual derrame	Preparación de la solución con sosa cáustica; tanque cerrado con venteo hacia lavador de gases; especificación de pH 11.5 que constituye la base del cálculo	Acota los Escenarios 1 y 2
1.07.01	Aporte externo de agua al recinto — ADEMÁS DE	Aporte pluvial extraordinario sobre la contención secundaria del almacén	Precipitación de periodo de retorno extraordinario; mecanismo acreditado en los antecedentes de Baia Mare, de Los Filos y de Gold Ridge	Reducción del volumen libre del dique y eventual rebase con arrastre de solución cianurada, sin liberación de especie tóxica en fase gaseosa	Almacén techado; segregación absoluta entre la contención de proceso y el sistema pluvial; diseño del límite de inundación	Sin escenario de dispersión atmosférica

Tabla 77: Evaluación del riesgo inherente y del riesgo operacional del nodo 1 — Almacenamiento y preparación de cianuro de sodio y almacenamiento de ácido clorhídrico

Clave	Condición de evaluación	F	C personal	C población	C ambiente	C producción	Magnitud del riesgo	Categoría
1.01.01	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F4	C3	C2	C3	C2	12	C
1.01.01	Riesgo operacional, con salvaguardas	F3	C2	C1	C2	C2	6	C

Clave	Condición de evaluación	F	C personal	C población	C ambiente	C producción	Magnitud del riesgo	Categoría
1.01.02	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F2	C4	C3	C4	C3	8	C
1.01.02	Riesgo operacional, con salvaguardas	F2	C3	C2	C3	C3	6	C
1.02.01	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F4	C3	C3	C3	C2	12	C
1.02.01	Riesgo operacional, con salvaguardas	F3	C2	C2	C2	C2	6	C
1.02.02	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F3	C4	C5	C4	C3	15	B
1.02.02	Riesgo operacional, con salvaguardas	F3	C4	C4	C3	C3	12	C
1.03.01	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F3	C5	C5	C4	C3	15	B
1.03.01	Riesgo operacional, con salvaguardas	F1	C5	C5	C4	C3	5	C
1.04.01	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F4	C2	C1	C3	C2	12	C
1.04.01	Riesgo operacional, con salvaguardas	F3	C1	C1	C2	C1	6	C
1.05.01	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F5	C1	C1	C1	C3	15	B
1.05.01	Riesgo operacional,	F5	C1	C1	C1	C1	5	C

Clave	Condición de evaluación	F	C personal	C población	C ambiente	C producción	Magnitud del riesgo	Categoría
	con salvaguardas							
1.06.01	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F3	C2	C1	C2	C1	6	C
1.06.01	Riesgo operacional, con salvaguardas	F2	C2	C1	C2	C1	4	D
1.07.01	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F4	C1	C1	C4	C2	16	B
1.07.01	Riesgo operacional, con salvaguardas	F2	C1	C1	C2	C1	4	D

El registro de la segunda sesión, conducida sobre el tanque de ajuste de pH y sobre el tren de cianuración, es el siguiente. Esta sesión concentra el examen de la variable que gobierna la especiación del cianuro en la totalidad del circuito.

Tabla 78: Registro de la sesión de análisis sobre el nodo 2 — Ajuste de pH y tren de cianuración

Clave	Variable y palabra guía	Desviación	Causa iniciadora	Consecuencia	Salvaguarda de diseño existente	Escenario asociado
2.01.01	pH del tren de cianuración — MENOS	Descenso del pH de la pulpa por debajo de la consigna de 11.0	Falla de la dosificación de lechada de cal, falla del arreglo analítico, o desviación del pH de salida del sexto reactor de neutralización que se propaga aguas abajo	Incremento de la fracción molecular de ácido cianhídrico sobre 203.6 m² de superficie libre: 5.209 % a pH 10.5, 35.465 % a pH 9.50 y 84.605 % a pH 8.50, con términos fuente de 0.00319, 0.02171 y 0.05178 kg/min	Arreglo analítico de tres canales independientes 400-AIT-001A, B y C con resolución por votación dos de tres; corte automático de la dosificación de cianuro por pH inferior a 10.5 con retardo de 30 s	Escenario 3: 0.0518 kg/min durante 60 min
2.02.01	Contención del tanque de	Falla catastrófica de un tanque 400-TK-002 con	Falla mecánica de la envolvente	Liberación masiva de 317.6 m³ de	Losa continua de concreto reforzado sin	Escenario 4: 0.0664 kg/min

Clave	Variable y palabra guía	Desviación	Causa iniciadora	Consecuencia	Salvaguarda de diseño existente	Escenario asociado
	cianuración — NO	pérdida total de su contenido	o de la cimentación; mecanismo acreditado en el antecedente de Media Luna, ocurrido en el propio estado de Guerrero	pulpa cianurada sobre la contención secundaria, con charco de 479.3 m² y tirante de 0.663 m	juntas pasantes con muros perimetrales y sumideros de recuperación; contención dimensionada al 110 % del recipiente de mayor capacidad del área	durante 60 min
2.03.01	Caudal de aire de proceso — MÁS	Incremento del arrastre de ácido cianhídrico por sobreaireación de los tanques	Ajuste erróneo del soplador o de la válvula de aire de proceso	Incremento de la emisión por arrastre, gobernada por la constante de Henry adimensional de 5.3 × 10^{-3} y por la fracción molecular correspondiente al pH de operación	Consigna estricta de pH 11.0, que sitúa la fracción molecular en 1.708 % y hace despreciable el arrastre; control del caudal de aire	Envuelto por el Escenario 3
2.04.01	Concentración de cianuro libre — MÁS	Sobredosificación por encima de 350 mg/L	Falla del control de la línea troncal de dosificación o consigna errónea	Incremento del término fuente de los escenarios del nodo en proporción directa a la concentración	Transmisor de flujo 400-FIT-012 con control en el Cuarto de Control Central; analizador de cianuro del circuito	Amplifica los Escenarios 3 y 4 en proporción directa
2.05.01	Sentido del flujo entre tanques — INVERSO	Retorno de pulpa de un tanque de cianuración al tanque precedente	Paro prolongado de los agitadores con sedimentación y pérdida del desnivel hidráulico	Pérdida de la secuencia de adsorción y del perfil de carga del carbón, sin consecuencia de liberación	Rebose por gravedad con desnivel fijo entre tanques en serie; agitación con respaldo eléctrico	Sin consecuencia de liberación
2.06.01	Sustancia en contacto con la pulpa cianurada — OTRO QUE	Ingreso de una corriente ácida al tren de cianuración	Error de maniobra sobre una línea del Área 500 o transferencia	Conversión prácticamente total del cianuro a ácido cianhídrico: la fracción molecular	Segregación de áreas; ausencia de línea de conducción ácida en el Área 400;	Envuelto por el Escenario 9

Clave	Variable y palabra guía	Desviación	Causa iniciadora	Consecuencia	Salvaguarda de diseño existente	Escenario asociado
			indebida entre áreas	alcanza 99.428 % a pH 7.0	enclavamiento de corte de cianuro por pH bajo	
2.07.01	Composición de la pulpa alimentada — PARTE DE	Ingreso de pulpa con oxidación incompleta o con acidez residual desde el circuito de neutralización	Desviación del perfil de neutralización con pH inferior a 7 a la salida del sexto reactor	Consumo adicional de cal en el tanque de ajuste y descenso transitorio del pH de la pulpa cianurada	Control de pH en el tercer y en el sexto reactor de neutralización; tanque de ajuste de pH con consigna de 11.0	Causa iniciadora del Escenario 3
2.08.01	Aporte externo de agua al recinto — ADEMÁS DE	Aporte pluvial extraordinario sobre la contención secundaria del tren de cianuración	Precipitación de periodo de retorno extraordinario	Reducción del volumen libre de la contención y arrastre de pulpa cianurada por escorrentía, sin liberación de especie tóxica en fase gaseosa	Segregación entre la contención de proceso y el sistema pluvial; recolección íntegra del agua de contacto con retorno al proceso	Sin escenario de dispersión atmosférica

Tabla 79: Evaluación del riesgo inherente y del riesgo operacional del nodo 2 — Ajuste de pH y tren de cianuración

Clave	Condición de evaluación	F	C personal	C población	C ambiente	C producción	Magnitud del riesgo	Categoría
2.01.01	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F4	C3	C2	C3	C2	12	C
2.01.01	Riesgo operacional, con salvaguardas	F2	C2	C1	C2	C2	4	D
2.02.01	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F2	C4	C3	C5	C4	10	C
2.02.01	Riesgo operacional, con salvaguardas	F2	C3	C2	C3	C4	8	C

Clave	Condición de evaluación	F	C personal	C población	C ambiente	C producción	Magnitud del riesgo	Categoría
2.03.01	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F4	C2	C1	C2	C1	8	C
2.03.01	Riesgo operacional, con salvaguardas	F3	C1	C1	C2	C1	6	C
2.04.01	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F4	C2	C1	C3	C2	12	C
2.04.01	Riesgo operacional, con salvaguardas	F3	C1	C1	C2	C2	6	C
2.05.01	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F3	C1	C1	C1	C3	9	C
2.05.01	Riesgo operacional, con salvaguardas	F2	C1	C1	C1	C2	4	D
2.06.01	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F2	C5	C4	C4	C3	10	C
2.06.01	Riesgo operacional, con salvaguardas	F1	C5	C4	C4	C3	5	C
2.07.01	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F4	C2	C1	C2	C2	8	C
2.07.01	Riesgo operacional, con salvaguardas	F3	C1	C1	C2	C2	6	C
2.08.01	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F4	C1	C1	C4	C2	16	B
2.08.01	Riesgo operacional,	F2	C1	C1	C2	C1	4	D

Clave	Condición de evaluación	F	C personal	C población	C ambiente	C producción	Magnitud del riesgo	Categoría
	con salvaguardas							

El registro de la tercera sesión, conducida sobre el lavado ácido y la desorción de carbón cargado, es el siguiente. Este nodo constituye el único del circuito que opera fuera de las condiciones ambientales de presión y de temperatura.

Tabla 80: Registro de la sesión de análisis sobre el nodo 3 — Lavado ácido y desorción de carbón cargado

Clave	Variable y palabra guía	Desviación	Causa iniciadora	Consecuencia	Salvaguarda de diseño existente	Escenario asociado
3.01.01	Presión del recipiente de extracción — MÁS	Sobrepresión por encima de los 550 kPa manométricos de operación	Falla del control del sistema de calentamiento o bloqueo de la línea de salida del recipiente	Apertura de la válvula de seguridad con descarga de solución cianurada caliente al exterior del recipiente	Válvula de seguridad tarada en 605 kPa con acumulación máxima admisible del 10 %, que sitúa la presión máxima de alivio en 665 kPa conforme a la NOM-020-STPS-2011; transmisor de presión con alarma de alta presión	Escenario 8: 0.108 kg/min durante 15 min
3.02.01	Temperatura del recipiente de extracción — MÁS	Elevación de la temperatura por encima de los 135 °C de operación	Falla del control del intercambiador de calor de precalentamiento	Incremento de la presión de operación y de la fracción de vaporización instantánea en caso de pérdida de contención, sobre el valor calculado de 6.48 %	Interbloqueo de temperatura con corte automático del sistema de calentamiento; temperatura de diseño del recipiente de 150 °C, superior a la de operación	Acota el Escenario 8
3.03.01	Contención del recipiente de extracción — NO	Descarga del contenido íntegro del recipiente	Falla de la envolvente sujeta a presión o apertura indebida de la	Liberación de 8.0 m³ de solución a 1,020 kg/m³, esto es 8,160 kg, con vaporización instantánea de	Recipiente calculado conforme a ASME BPVC Sección VIII División 1 con espesor	Escenario 8: 0.108 kg/min durante 15 min

Clave	Variable y palabra guía	Desviación	Causa iniciadora	Consecuencia	Salvaguarda de diseño existente	Escenario asociado
			tapa durante el ciclo	529 kg, arrastre de aerosol de igual magnitud y formación de un charco de 7,102 kg y 80 m² a 100 °C. La consecuencia dominante del evento es la quemadura térmica y química por proyección de solución cáustica a 100 °C sobre el personal del área, y no la dispersión atmosférica	comercial de 8 mm sobre un requerido de 6.5 mm; contención secundaria del área	
3.04.01	Concentración de sosa cáustica en la elución — MENOS	Descenso del pH de la solución de extracción por debajo de 13.0	Preparación deficiente de la solución de extracción o dilución por arrastre de agua de enjuague	Incremento de la fracción molecular de ácido cianhídrico desde el valor de 0.017 % correspondiente a pH 13.0	Especificación de la solución de extracción con 0.15 % de cianuro y 1.25 % de sosa cáustica; verificación de la solución antes de cada ciclo	Base del cálculo del Escenario 8
3.05.01	Sustancia en contacto con el carbón cargado — OTRO QUE	Contacto entre el ácido clorhídrico del lavado y la solución cianurada de la extracción	Secuencia incorrecta de lavado y de enjuague, o falla de la válvula de aislamiento entre recipientes	Generación estequiométrica de ácido cianhídrico sobre el inventario cianurado de 8.0 m³ con 1.5 kg/m³ de cianuro, en recinto cerrado	Secuencia obligatoria de enjuague entre el lavado ácido y la extracción; recipientes independientes 500-TK-003 y 500-V-001 con líneas dedicadas; detección fija de ácido cianhídrico en ambos recintos	Escenario 9: 0.831 kg/min durante 15 min
3.06.01	Venteo del recipiente de	Obstrucción del venteo del	Acumulación de sólidos o falla del	Acumulación de vapores ácidos en el recipiente y liberación	Venteo hacia lavador de gases dedicado con	Sin escenario de dispersión atmosférica

Clave	Variable y palabra guía	Desviación	Causa iniciadora	Consecuencia	Salvaguarda de diseño existente	Escenario asociado
	lavado ácido — NO	recipiente de lavado ácido	lavador de gases dedicado	difusa al recinto al abrir la tapa del ciclo	sensor de nivel; sistema de captación, extracción y lavado de gases del área	
3.07.01	Caudal de la solución de elución — MENOS	Reducción del caudal por debajo de los 2 volúmenes de lecho por hora	Falla de la bomba de circulación o obstrucción del lecho de carbón	Desorción incompleta del oro y prolongación del ciclo, sin consecuencia de liberación	Control de caudal del circuito de elución; indicación en el Cuarto de Control Central	Sin consecuencia de liberación

Tabla 81: Evaluación del riesgo inherente y del riesgo operacional del nodo 3 — Lavado ácido y desorción de carbón cargado

Clave	Condición de evaluación	F	C personal	C población	C ambiente	C producción	Magnitud del riesgo	Categoría
3.01.01	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F4	C4	C2	C2	C3	16	B
3.01.01	Riesgo operacional, con salvaguardas	F2	C3	C1	C2	C2	6	C
3.02.01	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F4	C3	C1	C2	C3	12	C
3.02.01	Riesgo operacional, con salvaguardas	F2	C2	C1	C1	C2	4	D
3.03.01	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F2	C5	C2	C3	C4	10	C
3.03.01	Riesgo operacional, con salvaguardas	F1	C4	C1	C2	C4	4	D
3.04.01	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F3	C3	C1	C2	C2	9	C

Clave	Condición de evaluación	F	C personal	C población	C ambiente	C producción	Magnitud del riesgo	Categoría
3.04.01	Riesgo operacional, con salvaguardas	F2	C2	C1	C2	C2	4	D
3.05.01	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F3	C5	C5	C4	C3	15	B
3.05.01	Riesgo operacional, con salvaguardas	F1	C5	C5	C4	C3	5	C
3.06.01	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F4	C3	C1	C2	C2	12	C
3.06.01	Riesgo operacional, con salvaguardas	F3	C2	C1	C1	C2	6	C
3.07.01	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F5	C1	C1	C1	C2	10	C
3.07.01	Riesgo operacional, con salvaguardas	F4	C1	C1	C1	C1	4	D

El registro de la cuarta sesión, conducida sobre la unidad de destrucción de cianuro, es el siguiente. Este nodo constituye la barrera final de protección ambiental del circuito.

Tabla 82: Registro de la sesión de análisis sobre el nodo 4 — Destrucción de cianuro por proceso de aire y metabisulfito

Clave	Variable y palabra guía	Desviación	Causa iniciadora	Consecuencia	Salvaguarda de diseño existente	Escenario asociado
4.01.01	Eficiencia del circuito de destrucción — MENOS	Cianuro residual por encima del objetivo de descarga de 50 mg/L como disociable en ácido débil	Falla de la dosificación de metabisulfito de sodio, agotamiento del catalizador de cobre o desviación del pH de la pulpa	Emisión de ácido cianhídrico por arrastre con el aire de proceso de los dos reactores, con la pulpa a pH 8.0, donde la fracción	Analizador de cianuro disociable en ácido débil que regula en lazo cerrado la dosificación de metabisulfito; control de pH	Escenario 7: 0.0522 kg/min durante 60 min

Clave	Variable y palabra guía	Desviación	Causa iniciadora	Consecuencia	Salvaguarda de diseño existente	Escenario asociado
				molecular alcanza 94.559 %, y propagación del cianuro no destruido a los nodos de espesamiento, filtración y disposición	en el intervalo de 8.0 a 8.5; catálisis con cobre a 5 ppm	
4.02.01	pH de la pulpa en los reactores — MENOS	Descenso del pH por debajo del límite inferior de 8.0	Falla de la dosificación de lechada de cal o consumo de alcalinidad por la propia reacción de oxidación	Incremento adicional de la fracción molecular de ácido cianhídrico, que alcanza 99.428 % a pH 7.0	Interbloqueo de pH con ajuste automático de la dosificación de cal ante desviación fuera del intervalo de 8.0 a 8.5; medición de pH en ambos reactores	Amplifica el Escenario 7
4.03.01	Caudal de aire de los sopladores — MÁS	Incremento del arrastre de ácido cianhídrico desde la superficie libre de los reactores	Ajuste erróneo del soplador de aire de proceso	Incremento del término fuente por arrastre, calculado sobre un caudal de aire de proceso de 0.668 m³/s y la constante de Henry adimensional de 5.3×10^{-3}	Control del caudal de aire de proceso; control de pH que sostiene la especiación en la banda de operación	Base del cálculo del Escenario 7
4.04.01	Contención de un reactor de destrucción — NO	Pérdida del contenido de 66.8 m³ de uno de los dos reactores	Falla mecánica de la envolvente o del revestimiento en caucho	Derrame de pulpa con cianuro de entrada de 250 mg/L sobre la contención secundaria del área	Contención secundaria del Área 500; disposición en dos reactores en serie, que limita el inventario de un recipiente único	Envuelto por el Escenario 4
4.05.01	Tiempo de residencia del circuito — MENOS	Reducción del tiempo de residencia por debajo de las	Incremento del caudal de jales por encima del	Destrucción incompleta del cianuro y descarga por encima del	Volumen instalado de 133.6 m³ en dos reactores; analizador de	Envuelto por el Escenario 7

Clave	Variable y palabra guía	Desviación	Causa iniciadora	Consecuencia	Salvaguarda de diseño existente	Escenario asociado
		2 horas de diseño	caudal de diseño del circuito	objetivo ambiental	cianuro en lazo cerrado sobre la descarga	
4.06.01	Concentración de cianuro a la entrada — MÁS	Ingreso de pulpa con cianuro por encima de 250 mg/L	Sobredosificación en el tren de cianuración o falla del lavado del carbón	Incremento proporcional de la carga de cianuro a destruir y del término fuente de emisión	Control de la dosificación de cianuro en el Área 400; analizador de cianuro en la descarga con lazo cerrado sobre el metabisulfito	Amplifica el Escenario 7 en proporción directa
4.07.01	Composición de la corriente destruida — PARTE DE	Presencia de tiocianato no destruido por el proceso de aire y metabisulfito	Formación de tiocianato en el circuito de cianuración sobre el azufre residual del concentrado oxidado	Recirculación de tiocianato al circuito de bio-oxidación, que presenta baja tolerancia a dicha especie, sin consecuencia de liberación de sustancia listada	Tratamiento biológico dedicado de tiocianato del nodo N-24, con nutrientes de melaza y de fosfato monoamónico	Sin consecuencia de liberación

Tabla 83: Evaluación del riesgo inherente y del riesgo operacional del nodo 4 — Destrucción de cianuro por proceso de aire y metabisulfito

Clave	Condición de evaluación	F	C personal	C población	C ambiente	C producción	Magnitud del riesgo	Categoría
4.01.01	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F4	C2	C1	C4	C2	16	B
4.01.01	Riesgo operacional, con salvaguardas	F2	C1	C1	C3	C2	6	C
4.02.01	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F4	C3	C1	C4	C2	16	B
4.02.01	Riesgo operacional,	F2	C2	C1	C2	C2	4	D

Clave	Condición de evaluación	F	C personal	C población	C ambiente	C producción	Magnitud del riesgo	Categoría
	con salvaguardas							
4.03.01	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F4	C2	C1	C2	C1	8	C
4.03.01	Riesgo operacional, con salvaguardas	F3	C1	C1	C2	C1	6	C
4.04.01	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F2	C3	C2	C4	C3	8	C
4.04.01	Riesgo operacional, con salvaguardas	F2	C2	C1	C3	C3	6	C
4.05.01	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F4	C1	C1	C4	C2	16	B
4.05.01	Riesgo operacional, con salvaguardas	F2	C1	C1	C2	C2	4	D
4.06.01	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F4	C1	C1	C4	C2	16	B
4.06.01	Riesgo operacional, con salvaguardas	F2	C1	C1	C2	C2	4	D
4.07.01	Riesgo inherente, sin salvaguardas	F5	C1	C1	C2	C3	15	B
4.07.01	Riesgo operacional, con salvaguardas	F3	C1	C1	C1	C2	6	C

La distribución de las treinta y una desviaciones registradas sobre la matriz de categorización, evaluada sobre la categoría de daño que gobierna cada desviación, es la siguiente. La primera matriz corresponde al riesgo inherente y la segunda al riesgo operacional.

Tabla 84: Distribución de las desviaciones sobre la matriz de categorización — riesgo inherente

Frecuencia	C1	C2	C3	C4	C5	C6
F6	0	0	0	0	0	0
F5	0	1	2	0	0	0
F4	0	3	7	7	0	0
F3	0	1	2	0	3	0
F2	0	0	0	2	3	0
F1	0	0	0	0	0	0

Tabla 85: Distribución de las desviaciones sobre la matriz de categorización — riesgo operacional

Frecuencia	C1	C2	C3	C4	C5	C6
F6	0	0	0	0	0	0
F5	1	0	0	0	0	0
F4	1	0	0	0	0	0
F3	0	9	0	1	0	0
F2	0	10	4	1	0	0
F1	0	0	0	1	3	0

El resultado agregado de la evaluación se resume en la tabla siguiente. Ninguna desviación alcanza la categoría de riesgo no tolerable en la evaluación inherente, condición que acredita que el diseño del Proyecto no incorpora ningún nodo cuya consecuencia intrínseca exija rediseño. Doce desviaciones resultan de categoría indeseable en ausencia de salvaguardas, y la totalidad de ellas desciende a categoría aceptable con control o a categoría aceptable con las salvaguardas efectivamente incorporadas, de modo que la instalación no transfiere a la operación ninguna desviación de categoría indeseable.

Tabla 86: Resultado agregado de la evaluación del riesgo por categoría

Categoría de riesgo	Denominación	Desviaciones en riesgo inherente	Desviaciones en riesgo operacional	Variación
A	No tolerable	0	0	Sin variación
B	Indeseable	12	0	-12
C	Aceptable con control	19	19	Sin variación

Categoría de riesgo	Denominación	Desviaciones en riesgo inherente	Desviaciones en riesgo operacional	Variación
D	Aceptable	0	12	+12
Total	Desviaciones registradas	31	31	Sin variación

Las doce desviaciones que resultan de categoría indeseable en ausencia de salvaguardas identifican las barreras de diseño que sostienen la aceptabilidad del riesgo de la instalación. Su migración de categoría y la barrera que la produce son las siguientes.

Tabla 87: Desviaciones de categoría indeseable en riesgo inherente y barrera que sostiene su migración

Clave	Desviación	Magnitud inherente	Magnitud operacional	Barrera determinante de la migración
1.02.02	Ruptura total de la línea de distribución de diámetro nominal 50	15 — categoría B	12 — categoría C	Dique independiente de 16.5 m³ sin comunicación con el dique del cianuro, y válvula manual de aislamiento
1.03.01	Concurrencia de solución cianurada y de ácido clorhídrico en un mismo recinto de contención	15 — categoría B	5 — categoría C	Segregación absoluta en cuatro planos concurrentes: muro estructural, separación libre de 15 m, diques independientes y drenajes sin confluencia
1.05.01	Interrupción del flujo de la línea troncal hacia el tanque de ajuste de pH	15 — categoría B	5 — categoría C	Bomba dosificadora de reserva 400-P-011B
1.07.01	Aporte pluvial extraordinario sobre la contención secundaria del almacén	16 — categoría B	4 — categoría D	Segregación entre la contención de proceso y el sistema pluvial, y diseño del límite de inundación
2.08.01	Aporte pluvial extraordinario sobre la contención secundaria del tren de cianuración	16 — categoría B	4 — categoría D	Recolección íntegra del agua de contacto con retorno al proceso
3.01.01	Sobrepresión por encima de los 550	16 — categoría B	6 — categoría C	Válvula de seguridad tarada en 605 kPa e interbloqueo de

Clave	Desviación	Magnitud inherente	Magnitud operacional	Barrera determinante de la migración
	kPa manométricos de operación			temperatura con corte del calentamiento
3.05.01	Contacto entre el ácido clorhídrico del lavado y la solución cianurada de la extracción	15 — categoría B	5 — categoría C	Secuencia obligatoria de enjuague entre el lavado ácido y la extracción, sobre recipientes independientes
4.01.01	Cianuro residual por encima del objetivo de descarga de 50 mg/L como disociable en ácido débil	16 — categoría B	6 — categoría C	Analizador de cianuro disociable en ácido débil en lazo cerrado sobre la dosificación de metabisulfito
4.02.01	Descenso del pH por debajo del límite inferior de 8.0	16 — categoría B	4 — categoría D	Interbloqueo de pH con ajuste automático de la dosificación de lechada de cal
4.05.01	Reducción del tiempo de residencia por debajo de las 2 horas de diseño	16 — categoría B	4 — categoría D	Volumen instalado de 133.6 m³ en dos reactores en serie con analizador en la descarga
4.06.01	Ingreso de pulpa con cianuro por encima de 250 mg/L	16 — categoría B	4 — categoría D	Control de la dosificación de cianuro del Área 400 con lazo cerrado sobre el metabisulfito
4.07.01	Presencia de tiocianato no destruido por el proceso de aire y metabisulfito	15 — categoría B	6 — categoría C	Tratamiento biológico dedicado de tiocianato del nodo N-24

El análisis incorpora, además de las causas iniciadoras internas a cada nodo, los iniciadores externos de origen natural analizados en el apartado I.1.5 del presente Capítulo. Estos iniciadores se distinguen de los de proceso en que su alcance no es local sino simultáneo sobre la totalidad de los nodos de la instalación, condición que obliga a examinarlos de forma transversal y no dentro de una sesión de nodo único.

Tabla 88: Iniciadores externos de origen natural y su correspondencia con las desviaciones registradas

Iniciador externo	Mecanismo de consecuencia sobre los nodos con inventario de sustancia listada	Desviaciones que lo incorporan
Solicitación sísmica	Pérdida de integridad de recipientes atmosféricos por oleaje inducido y por falla de anclaje	2.02.01 y 4.04.01, de falla de contención de recipiente
Solicitación sísmica	Ruptura de líneas de conducción en los puntos de transición entre tramo enterrado y tramo expuesto	1.01.02 y 1.02.02, de ruptura total de línea
Solicitación sísmica	Agrietamiento de las estructuras de contención secundaria que reciben el inventario liberado	Amplifica la superficie de charco de las desviaciones precedentes; se controla mediante losa continua sin juntas pasantes
Peligro hidrometeorológico	Rebase de los diques de contención secundaria por acumulación pluvial extraordinaria	1.07.01 y 2.08.01, sin liberación de especie tóxica en fase gaseosa
Peligro hidrometeorológico	Movilización de escorrentía en contacto con jales y con pulpa cianurada	Se controla mediante la recolección íntegra del agua de contacto con retorno al proceso
Déficit hídrico prolongado	Reducción de la disponibilidad de agua de reposición del circuito y afectación potencial de la reserva de agua contra incendio	No genera desviación con liberación; se controla mediante la disposición física de las boquillas de extracción del tanque compartido

La solicitación sísmica, derivada de la clasificación del emplazamiento en la región sísmica D de la Norma Oficial Mexicana NOM-141-SEMARNAT-2003 y cuantificada mediante el análisis probabilístico de peligro sísmico específico del sitio, constituye en consecuencia un iniciador cuyos mecanismos de consecuencia quedan íntegramente cubiertos por las desviaciones de ruptura total de línea y de falla de contención de recipiente registradas en las sesiones. El peligro hidrometeorológico, gobernado por la influencia ciclónica de ambos océanos sobre la temporada de monzones, interactúa con los nodos mediante el aporte extraordinario de agua sobre superficies con inventario de sustancias peligrosas, mecanismo que no genera liberación de especie tóxica en fase gaseosa y que en consecuencia no produce escenario de modelación de dispersión atmosférica.

El resultado de las cuatro sesiones produce, además del registro de desviaciones y de su evaluación, un conjunto de recomendaciones de ingeniería dirigidas a las desviaciones cuya salvaguarda existente resulta de menor robustez que la del escenario homólogo del otro reactivo, o cuya variable de control no se encuentra instrumentada con alarma. Cada recomendación se dirige de forma expresa a la desviación que la motiva.

Tabla 89: Recomendaciones técnico-operativas derivadas de las sesiones de análisis

Clave	Recomendación de ingeniería	Efecto esperado sobre el riesgo	Responsable
1.02.02	Incorporar en la línea de distribución de ácido clorhídrico una válvula de corte automático con actuación desde el Cuarto de Control Central, homóloga de la válvula 400-XV-011 de la línea de cianuro, que en la configuración actual carece de equivalente	Reduce el tiempo de aislamiento y con él la masa liberada, que en la configuración actual queda gobernada por el agotamiento del inventario en 10.2 minutos. Es la única desviación que permanece con magnitud operacional de 12	Ingeniería de detalle
1.02.02	Extender la red de detección fija de gas al recinto del almacén de ácido clorhídrico con medición de cloruro de hidrógeno, dado que la red actual instrumenta ácido cianhídrico en el lavado ácido y en la extracción	Anticipa la detección del escenario gobernante de la instalación, que en la configuración actual se detecta por nivel en cárcamo y por inspección	Ingeniería de detalle
1.02.02	Enclavar la detección de fuga en el dique del tanque 500-TK-005 con el cierre de la válvula de corte automático recomendada	Convierte la detección en acción automática y suprime la dependencia de la maniobra manual	Ingeniería de detalle
1.03.01	Someter a prueba hidráulica periódica con registro la ausencia de comunicación entre las redes de drenaje del Área 400 y del Área 500, y no únicamente a la verificación de recepción de obra	Sostiene en el tiempo la barrera que sustenta la asignación de frecuencia improbable a la desviación gobernante por cianuro	Operación y mantenimiento
3.05.01	Incorporar un enclavamiento de secuencia entre el recipiente de lavado ácido 500-TK-003 y el recipiente de extracción 500-V-001 que impida la transferencia de carbón sin el enjuague intermedio acreditado	Suprime el error de maniobra de trasiego, que es la causa iniciadora de la desviación	Ingeniería de detalle
1.06.01	Instrumentar el pH de la solución concentrada del tanque 400-TK-003 con alarma de bajo pH, dado que el término fuente de los	Acredita de forma continua la base de cálculo del término fuente en lugar de verificarla por muestreo	Ingeniería de detalle

Clave	Recomendación de ingeniería	Efecto esperado sobre el riesgo	Responsable
	Escenarios 1 y 2 se calcula sobre la especificación de pH 11.5		
2.01.01	Someter el arreglo analítico de tres canales 400-AIT-001A, B y C a prueba de función periódica con registro individual de canal, incluida la verificación de la resolución por votación dos de tres	Sostiene la disponibilidad de la función de protección que produce el descenso de la magnitud del riesgo de 12 a 4	Operación y mantenimiento
4.01.01	Incorporar alarma de alta concentración sobre el analizador de cianuro disociable en ácido débil de la descarga, enclavada al paro de la alimentación al espesamiento de jales	Impide la propagación del cianuro no destruido a los nodos de espesamiento, filtración y disposición, que es la consecuencia ambiental de mayor magnitud inherente del análisis	Ingeniería de detalle
4.01.01	Incorporar la medición de potencial de óxido-reducción al lazo de control de la dosificación de metabisulfito de sodio, en configuración de control en cascada sobre la lectura de cianuro	Anticipa la desviación de la eficiencia de destrucción respecto de la medición de cianuro, que es de respuesta más lenta	Ingeniería de detalle
2.02.01	Incorporar al programa de inspección la verificación periódica del anclaje de los recipientes atmosféricos del Área 400, por ser el mecanismo de consecuencia de la solicitación sísmica sobre esta desviación	Interviene sobre el iniciador externo de alcance simultáneo sobre la totalidad de los nodos	Operación y mantenimiento
1.05.01	Verificar en la prueba de aceptación el arranque automático de la bomba dosificadora de reserva 400-P-011B ante la falla de la bomba en operación	Sostiene el descenso de la magnitud del riesgo de producción de 15 a 5, que depende íntegramente de la disponibilidad de la reserva	Operación y mantenimiento
1.07.01 y 2.08.01	Establecer el procedimiento de vaciado programado de los diques de contención previo a la temporada de lluvias, con registro de volumen libre disponible	Sostiene la capacidad de contención frente al mecanismo de mayor recurrencia documentada en el apartado I.4.1	Operación

I.4.2.5. Criterios de castigo mecánico para fallas catastróficas

Las hipótesis de falla mecánica aplicadas a la instalación son las que la guía oficial para la presentación del Estudio de Riesgo Ambiental establece con carácter obligatorio, y se aplican sin atenuación ni sustitución por criterios de probabilidad. Para las tuberías que transportan fluidos peligrosos se modelan dos escenarios de fuga: la fuga a través de un orificio equivalente al 20 por ciento del diámetro nominal de la tubería, y la fuga por ruptura total de la misma, equivalente al 100 por ciento del diámetro nominal. Para los equipos de proceso y los tanques de almacenamiento se modela la liberación masiva de la totalidad de la sustancia manejada confinada en el recipiente.

Los escenarios resultantes se clasifican en dos categorías. El Caso Más Probable corresponde a la pérdida de contención de magnitud limitada y de frecuencia esperable durante la vida operativa de la instalación, y se materializa en la fuga por orificio del 20 por ciento del diámetro. El Peor Caso corresponde a la pérdida total de contención de la línea o del recipiente de mayor inventario, con independencia de su probabilidad, y constituye la envolvente que determina las distancias de amortiguamiento. Para los escenarios en que la especie tóxica se genera por reacción química entre dos sustancias segregadas, la clasificación como Peor Caso se sostiene con independencia de que la concurrencia de ambas sustancias exija la falla simultánea de varias barreras de segregación, dado que el criterio del Peor Caso prescinde de la probabilidad del evento.

La descarga en fase líquida a través de una abertura se resuelve mediante la ecuación de Bernoulli con coeficiente de descarga, sobre las expresiones siguientes.

$$ Q(m) = C(d) \cdot A(o) \cdot \sqrt{(2 \cdot \rho \cdot \Delta P)} $$

$$ A(o) = (\pi/4) \cdot d(o)^2 $$

$$ d(o) = \varphi \cdot d(i) $$

$$ v = C(d) \cdot \sqrt{(2 \cdot \Delta P / \rho)} $$

$$ M(lib) = \text{mínimo}(Q(m) \cdot t(ais), M(inv)) $$

$$ t(agot) = M(inv) / Q(m) $$

En estas expresiones Q(m) es el gasto másico de descarga, C(d) es el coeficiente de descarga por orificio adoptado en 0.61, A(o) es el área de la abertura, d(o) es el diámetro de la abertura, d(i) es el diámetro nominal de la tubería, φ es la fracción de castigo mecánico que la guía establece en 0.20 para el Caso Más Probable y en 1.00 para el Peor Caso, ρ es la densidad de la solución, ΔP es la diferencia de presión a través de la abertura, v es la velocidad de descarga, M(lib) es la masa liberada, t(ais) es el tiempo de aislamiento y M(inv) es el inventario disponible.

La aplicación del castigo mecánico a la línea troncal de solución de cianuro de sodio, de diámetro nominal 80, equivalente a 76.2 milímetros, sobre solución de densidad 1,130 kilogramos por metro cúbico y diferencial de presión de 300 kilopascales, produce el resultado siguiente para el Caso Más Probable.

$$ d(o) = 0.20 \times 76.2 = 15.24 \text{ mm} $$

$$ A(o) = (\pi/4) \times (0.01524)^2 = 1.824 \times 10^{-4} \text{ m}^2 $$

$$ v = 0.61 \times \sqrt{(2 \times 300{,}000 / 1{,}130)} = 14.06 \text{ m/s} $$

$$ Q(m) = 1.824 \times 10^{-4} \times 14.06 \times 1{,}130 = 2.90 \text{ kg/s} = 173.8 \text{ kg/min} $$

La misma línea, castigada por ruptura total sobre la sección completa, produce el resultado siguiente para el Peor Caso, con el tiempo de agotamiento del inventario del tanque 400-TK-003.

[$A(o) = (\pi/4) \times (0.0762)^2 = 4.560 \times 10^{-3}$ m²]

[$Q(m) = 4.560 \times 10^{-3} \times 14.06 \times 1{,}130 = 72.43$ kg/s]

[$M(inv) = 50$ m³ × 1,130 kg/m³ = 56,500 kg]

[$t(agot) = 56{,}500 / 72.43 = 780$ s = 13.0 min]

La aplicación del mismo criterio a la línea de distribución de ácido clorhídrico, de diámetro nominal 50, sobre la que se adopta el diámetro de cálculo de 52.5 milímetros correspondiente al interior de la tubería de cédula 40, superior a la designación nominal y por tanto conservador respecto del criterio de la guía, sobre solución de densidad 1,160 kilogramos por metro cúbico y diferencial de presión de 200 kilopascales, produce los resultados siguientes.

[$d(o) = 0.20 \times 52.5 = 10.5$ mm]

[$A(o) = (\pi/4) \times (0.0105)^2 = 8.659 \times 10^{-5}$ m²]

[$v = 0.61 \times \sqrt{(2 \times 200{,}000 / 1{,}160)} = 11.33$ m/s]

[$Q(m) = 8.659 \times 10^{-5} \times 11.33 \times 1{,}160 = 1.138$ kg/s = 68.3 kg/min]

[$A(o)$ por ruptura total $= (\pi/4) \times (0.0525)^2 = 2.165 \times 10^{-3}$ m²]

[$Q(m)$ por ruptura total = 28.44 kg/s = 1,707 kg/min]

[$M(inv) = 15$ m³ × 1,160 kg/m³ = 17,400 kg]

[$t(agot) = 17{,}400 / 28.44 = 612$ s = 10.2 min]

Tabla 90: Aplicación del castigo mecánico a las líneas de conducción de sustancia listada

Línea de conducción	Diámetro nominal y diámetro de cálculo	Orificio del 20 %	Área de descarga por orificio	Velocidad de descarga	Gasto por orificio	Gasto por ruptura total	Inventario disponible	Tiempo de agotamiento por ruptura total
Línea troncal de solución de cianuro de sodio al 25 % p/p	DN 80; 76.2 mm	15.24 mm	1.824×10^{-4} m²	14.06 m/s	2.90 kg/s; 173.8 kg/min	72.43 kg/s	56,500 kg	780 s; 13.0 min
Línea de distribución de ácido clorhídrico al 32 % p/p	DN 50; 52.5 mm	10.5 mm	8.659×10^{-5} m²	11.33 m/s	1.138 kg/s; 68.3 kg/min	28.44 kg/s; 1,707 kg/min	17,400 kg	612 s; 10.2 min

El gasto másico de descarga no constituye el término fuente de la modelación de dispersión. La distinción es determinante y se sostiene en la física del fenómeno: la descarga de 173.8 kilogramos por minuto de la línea de cianuro es un gasto de solución acuosa que se confina en el dique de

contención, y la especie que se dispersa en la atmósfera es exclusivamente la fracción de ácido cianhídrico que se volatiliza desde la superficie libre del charco así formado. El término fuente atmosférico se obtiene por tanto mediante las expresiones de transferencia de masa siguientes, aplicadas sobre el área del charco confinado.

[$Q(HCN) = k(L) \cdot A \cdot f(HCN) \cdot C(CN) \cdot 1.0388 \cdot 60$ con $k(L) = 1.0 \times 10^{-5}$ m/s]

[$Q(HCl) = k(g) \cdot A \cdot (M \cdot P) / (R \cdot T)$ con $k(g) = 0.010$ m/s; $M = 0.03646$ kg/mol; $P = 8$ kPa a 25 °C]

[$A = V / h$ con $A \leq A(dique)$]

[$f(HCN) = 1 / (1 + 10^{(pH - pKa)})$ con $pKa = 9.24$ a 25 °C]

Sobre esta base, la fuga por orificio de la línea de cianuro forma un charco confinado de 92 metros cuadrados y produce un término fuente de 0.0470 kilogramos por minuto de ácido cianhídrico, y la ruptura total forma un charco de 110 metros cuadrados y produce 0.0562 kilogramos por minuto. La fuga por orificio de la línea de ácido clorhídrico forma un charco de 23.5 metros cuadrados y produce 1.66 kilogramos por minuto de cloruro de hidrógeno, y la ruptura total forma un charco de 40.0 metros cuadrados y produce 2.83 kilogramos por minuto. La relación entre el gasto de descarga y el término fuente atmosférico no es por tanto proporcional, dado que el segundo queda gobernado por el área de contención y no por el caudal de la fuga.

El castigo de liberación masiva aplicado a los equipos de proceso y a los tanques de almacenamiento considera la pérdida instantánea de la totalidad del contenido del recipiente. Para el tanque de cianuración, el volumen liberado y la geometría del charco resultante son los siguientes.

[$V(tanque) = (\pi/4) \times (7.2)^2 \times 7.8 = 317.6$ m³]

[$A(charco) = 479.3$ m² $h = 317.6 / 479.3 = 0.663$ m]

Para el recipiente de extracción de carbón, que es el único del circuito que opera por encima de la temperatura de ebullición del agua a presión atmosférica, la liberación masiva produce además una vaporización instantánea de la fracción de líquido cuyo calor sensible excede el necesario para alcanzar la temperatura de ebullición, conforme a la expresión siguiente.

[$f(evaporación) = c(p) \cdot (T_1 - T(ebullición)) / \lambda(vaporización)$ con $c(p) = 4.18$ kJ/(kg·K); $\lambda = 2{,}257$ kJ/kg]

[$f(evaporación) = 4.18 \times (135 - 100) / 2{,}257 = 0.0648 = 6.48$ %]

[$m(liberada) = 8.0$ m³ × 1,020 kg/m³ = 8,160 kg]

[$m(vaporizada) = 8{,}160 \times 0.0648 = 529$ kg]

[$m(aerosol\ arrastrado) = m(vaporizada) = 529$ kg]

[$m(charco) = 8{,}160 - 529 - 529 = 7{,}102$ kg a 100 °C]

La pulpa derramada del tanque de cianuración conserva inicialmente su alcalinidad, dado que su contenido de cal libre y su capacidad amortiguadora no se alteran por la pérdida de contención. La evolución de ácido cianhídrico se produce por la exposición de una superficie amplia a la atmósfera y por la absorción progresiva de dióxido de carbono atmosférico, que reduce el pH del charco de forma sostenida a lo largo del evento. Con el coeficiente de transferencia en fase líquida de 1.0×10^{-5} m/s, el área de charco de 479.3 m² y la concentración de cianuro libre de 350 mg/L, el término fuente resulta de 0.00179 kg/min en la condición inicial de pH 11.0 y de 0.0664 kg/min al término del

período de 60 minutos, con el pH del charco descendido a 9.0. El valor terminal de pH 9.0 no constituye un límite inferior del proceso de acidificación, sino el que la absorción de dióxido de carbono atmosférico alcanza sobre la película superficial del charco en el período de modelación, una vez consumida la alcalinidad libre de la pulpa en dicha película y sin reposición de lechada de cal tras la pérdida de contención. Se adopta para la modelación el valor envolvente de 0.0664 kg/min, del que resulta una masa total emitida de 3.98 kg.

El recipiente de extracción de carbón exige un tratamiento distinto, dado que su descarga proyecta a la atmósfera una fase dispersa que ningún otro escenario de la instalación genera. La emisión desde el charco se calcula con el mismo mecanismo de transferencia natural: a pH 13.0 resulta de 1.3×10^{-5} kg/min y a pH 11.0, con una concentración de ácido cianhídrico en la fase líquida de 26.62 mg/L, resulta de 0.00128 kg/min. Este valor no se adopta como término fuente porque no constituye la envolvente del escenario. La vaporización instantánea del 6.48 % de la masa liberada arrastra una masa igual de aerosol, de modo que 1,058 kg de solución, equivalentes a 1.037 m³ con 1.5 kg/m³ de cianuro libre, abandonan la superficie en fase dispersa y transportan 1.56 kg de cianuro, equivalentes a 1.62 kg de ácido cianhídrico. El aerosol se adopta íntegramente como especie tóxica disponible, criterio conservador que prescinde de la alcalinidad de la gota por cuanto ésta se neutraliza por absorción de dióxido de carbono atmosférico durante el transporte y por cuanto el propio aerosol cianurado constituye una fase tóxica inhalable. La liberación se resuelve sobre los quince minutos que comprenden la descarga, el flasheo y la dispersión de la fase arrastrada, de lo que resulta un término fuente de 0.108 kg/min, valor que se adopta para la modelación y que envuelve en casi dos órdenes de magnitud a la emisión desde el charco, la cual persiste a lo largo del evento.

[$Q(HCN) = Q(aire) \cdot H \cdot f(HCN) \cdot C(CN) \cdot 1.0388 \cdot 60$ con $H = 5.3 \times 10^{-3}$ a 25 °C; $Q(aire) = 0.668$ m³/s]

El circuito de destrucción de cianuro emite por arrastre con el aire de proceso y no desde superficie libre en régimen de transferencia natural, dado que sus dos reactores operan agitados y aireados. El término fuente se obtiene del producto del caudal de aire de proceso por la concentración de ácido cianhídrico en equilibrio con la fase líquida, con la fracción molecular de 94.559 % correspondiente al pH 8.0 del límite inferior de la banda de operación y con una concentración de cianuro de 250 mg/L, que es la de entrada al circuito y la que corresponde a la conversión nula por falla total de la dosificación de metabisulfito. El caudal de aire de proceso se establece en 0.668 m³/s, equivalentes a 2,406 m³/h y a 0.30 volúmenes de aire por volumen de reactor y por minuto sobre los 133.6 m³ instalados, valor congruente con la demanda de oxígeno del proceso de aire y metabisulfito para la carga de cianuro y de tiocianato del circuito con una eficiencia de transferencia de oxígeno del orden del 5 al 10 por ciento. De este caudal resulta un término fuente de 0.0522 kg/min sostenidos durante sesenta minutos, con masa total emitida de 3.13 kg. El caudal de 0.045 m³/s empleado en la revisión precedente correspondía a 0.02 volúmenes de aire por volumen de reactor y por minuto y subestimaba la capacidad instalada de soplado en más de un orden de magnitud.

Para el escenario de generación de la especie tóxica por reacción química entre dos sustancias segregadas, el castigo se aplica sobre el inventario cianurado susceptible de entrar en contacto con el ácido, y la masa generada se obtiene por estequiometría directa de la reacción de desplazamiento.

[$NaCN + HCl \rightarrow NaCl + HCN\uparrow$ $m(HCN) = 0.551 \cdot m(NaCN)$]

[Inventario cianurado contactado = 8.0 m³ × 1.5 kg/m³ = 12.0 kg de CN]

[HCN generado = 12.0 × 1.0388 = 12.47 kg]

[Duración adoptada de la reacción = 15 min]

[Q(HCN) = 12.47 / 15 = 0.831 kg/min]

Tabla 91: Aplicación del castigo de liberación masiva a los equipos de proceso y a los tanques de almacenamiento

Recipiente	Inventario liberado	Superficie del charco confinado	Condición del término fuente atmosférico
Tanque de cianuración 400-TK-002	317.6 m³ de pulpa cianurada	479.3 m² con tirante de 0.663 m	Volatilización de ácido cianhídrico desde charco confinado; Escenario 4
Tanque de solución de cianuro de sodio 400-TK-003	50 m³; 56,500 kg de solución	110 m²	Volatilización desde charco confinado a pH 11.5, con agotamiento del inventario en 13.0 min; Escenario 2
Tanque de ácido clorhídrico 500-TK-005	15 m³; 17,400 kg de solución	40.0 m²	Evaporación de cloruro de hidrógeno desde charco de ácido, con agotamiento del inventario en 10.2 min; Escenario 6
Recipiente de extracción de carbón 500-V-001	8.0 m³; 8,160 kg de solución a 135 °C	80 m² a 100 °C	Vaporización instantánea de 529 kg y volatilización desde charco a 100 °C; Escenario 8
Recipiente de lavado ácido 500-TK-003	8.0 m³ con 1.5 kg/m³ de cianuro	Recinto cerrado	Generación estequiométrica de 12.47 kg de ácido cianhídrico en 15 min; Escenario 9
Tanque de destrucción de cianuro 500-TK-001	66.8 m³ de pulpa por reactor	Envuelto por el tanque de cianuración	No genera escenario propio; queda envuelto por el Escenario 4, de mayor inventario y mayor superficie

La compatibilidad entre la hipótesis de liberación masiva instantánea y la duración de 60 minutos con la que se modelan los términos fuente exige una precisión expresa. La pérdida de contención es instantánea: la totalidad del contenido del recipiente abandona el equipo y se deposita sobre la contención secundaria en un tiempo despreciable frente a la escala del fenómeno de dispersión. La emisión atmosférica, en cambio, no es instantánea: es continua y se sostiene sobre el charco confinado durante los 60 minutos que constituyen el límite de cálculo del programa de modelación, dado que la especie tóxica se transfiere desde la fase líquida a la fase gaseosa a la velocidad que gobiernan el coeficiente de transferencia de masa y el área de la superficie libre. La hipótesis de castigo se aplica en consecuencia de forma íntegra sobre el inventario, y la duración de la emisión es un resultado de la física de la transferencia y no una atenuación del criterio.

Tabla 92: Correspondencia entre el criterio de castigo mecánico aplicado y cada escenario identificado

Escenario	Elemento castigado	Criterio de castigo aplicado	Clasificación	Término fuente
1	Línea troncal de solución de cianuro de sodio	Orificio del 20 % del diámetro nominal	Caso Más Probable	0.0470 kg/min durante 60 min
2	Línea troncal de solución de cianuro de sodio	Ruptura total; 100 % del diámetro nominal	Peor Caso	0.0562 kg/min durante 60 min
3	Tren de cianuración; superficie libre de cinco tanques	Desviación de la variable de control de pH	Caso Más Probable	0.0518 kg/min durante 60 min
4	Tanque de cianuración 400-TK-002	Liberación masiva del 100 % del contenido	Peor Caso	0.0664 kg/min durante 60 min
5	Línea de distribución de ácido clorhídrico	Orificio del 20 % del diámetro nominal	Caso Más Probable	1.66 kg/min durante 60 min
6	Línea de distribución de ácido clorhídrico	Ruptura total; 100 % del diámetro nominal	Peor Caso	2.83 kg/min durante 60 min
7	Reactores de destrucción de cianuro; superficie libre	Desviación de la eficiencia de destrucción	Caso Más Probable	0.0522 kg/min durante 60 min
8	Recipiente de extracción de carbón 500-V-001	Liberación masiva del 100 % del contenido con vaporización instantánea	Peor Caso	0.108 kg/min durante 15 min
9	Inventario cianurado del circuito de elución en contacto con ácido clorhídrico	Generación estequiométrica sobre el 100 % del inventario contactado	Peor Caso	0.831 kg/min durante 15 min

I.4.2.6. Metodología cuantitativa de jerarquización de los riesgos identificados

La jerarquización de los nueve escenarios identificados se resuelve en dos planos concurrentes y no mediante una matriz cualitativa de probabilidad y consecuencia. El primer plano es la caracterización de la peligrosidad intrínseca de cada sustancia conforme a los criterios CRETI de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad e inflamabilidad que establece la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005. El segundo plano es la cuantificación de la severidad relativa de cada escenario mediante la normalización de su término fuente por el umbral de exposición aguda de la sustancia efectivamente liberada. El primer plano determina qué barreras de diseño son exigibles; el segundo determina el orden de prioridad de su asignación.

La caracterización CRETI se aplica sobre las tres sustancias del alcance en las condiciones físicas y de concentración en que la instalación efectivamente las maneja, y no sobre la sustancia pura. La solución de cianuro de sodio al 25 por ciento en peso presenta un pH de 11.5, inferior al umbral que la norma establece para atribuir la característica de corrosividad a una solución acuosa alcalina, por lo que no se clasifica como corrosiva; sí se clasifica como reactiva, dado que la norma atribuye esa característica a los materiales que contienen cianuros y que en contacto con soluciones de pH ácido generan gases tóxicos en cantidad suficiente para provocar daño a la salud, que es exactamente el mecanismo del Escenario 9. La solución de ácido clorhídrico al 32 por ciento en peso presenta un pH muy inferior al umbral ácido de la norma y se clasifica como corrosiva, y concurre en ella la característica de reactividad por constituir el reactivo que desplaza el ácido cianhídrico de la sal de cianuro. El ácido cianhídrico se clasifica como tóxico y como inflamable, y no se clasifica como explosivo en el sentido de la norma, dado que no es capaz de reacción detonante en las condiciones de la instalación.

Tabla 93: Caracterización de las sustancias del alcance conforme a los criterios CRETI de la NOM-052-SEMARNAT-2005

Sustancia y condición de manejo	Corrosivo	Reactivo	Explosivo	Tóxico	Inflamable	Característica gobernante del diseño
Cianuro de sodio en solución al 25 % p/p a pH 11.5	No	Sí. Contiene cianuros y genera ácido cianhídrico gaseoso en contacto con solución de pH ácido	No	Sí. Umbral de exposición aguda de segundo nivel de 14 mg/m³ a 60 min	No	Reactividad. Impone el régimen de segregación absoluta respecto del ácido clorhídrico
Ácido clorhídrico en solución al 32 % p/p	Sí. Solución acuosa de pH muy inferior al umbral ácido de la norma	Sí. Desplaza el ácido cianhídrico de la sal de cianuro y genera cloruro de hidrógeno gaseoso	No	Sí. Umbral de exposición aguda de segundo nivel de 22 ppm a 60 min	No	Corrosividad y reactividad concurrentes. Imponen el material de construcción del recipiente y la segregación
Ácido cianhídrico generado in situ	No	Sí. Especie de formación por desplazamiento y por descenso del pH	No	Sí. Umbral de exposición aguda de segundo nivel de 7.1 ppm a 60 min; IDLH de 50 ppm	Sí. Límite inferior de explosividad de 5.6 % en volumen; temperatura de autoignición de 538 °C	Toxicidad. Gobierna la totalidad de las distancias de afectación de la instalación

La consecuencia de esta caracterización sobre el diseño es directa y verificable. La reactividad concurrente del cianuro de sodio y del ácido clorhídrico es la característica que impone el régimen de segregación absoluta entre el almacén del Área 400 y el almacén del Área 500, con muro estructural, separación libre no inferior a 15 metros, diques de contención independientes y redes de

drenaje sin punto de confluencia. La corrosividad del ácido clorhídrico es la característica que impone el plástico reforzado con fibra de vidrio del tanque 500-TK-005 y el acero inoxidable 316L del recipiente de lavado ácido 500-TK-003. La inflamabilidad del ácido cianhídrico, en cambio, no gobierna ninguna decisión de diseño, y la razón es cuantitativa: el límite inferior de explosividad de 5.6 por ciento en volumen equivale a 56,000 partes por millón, valor que excede en tres órdenes y medio de magnitud la alarma crítica de la red de detección, fijada en 10 partes por millón, y en cuatro órdenes el umbral de exposición aguda de segundo nivel de 7.1 partes por millón. La consecuencia tóxica se materializa por tanto muy por debajo de cualquier concentración con significado inflamable, condición que sostiene la determinación del apartado I.4.2.1 sobre la naturaleza del peligro dominante de la instalación.

Los umbrales de exposición aguda y las propiedades que gobiernan el algoritmo de dispersión de cada sustancia son los siguientes.

Tabla 94: Propiedades de peligrosidad y umbrales de exposición aguda de las sustancias del alcance

Parámetro	Ácido cianhídrico	Cloruro de hidrógeno	Cianuro de sodio
Fórmula	HCN	HCl	NaCN
Número CAS	74-90-8	7647-01-0	143-33-9
Masa molecular	27.03 g/mol	36.46 g/mol	49.01 g/mol
Estado a 25 °C	Líquido volátil	Gas	Sólido
Punto de ebullición normal	25.7 °C	−86.8 °C	No aplica
Densidad relativa al aire	0.94	1.27	No aplica
Algoritmo de dispersión aplicable	Gaussiano	Gas denso	No modelable en fase gaseosa
Umbral de exposición aguda de primer nivel a 60 min	2.0 ppm	1.8 ppm	4.0 mg/m³
Umbral de exposición aguda de segundo nivel a 60 min	7.1 ppm	22 ppm	14 mg/m³
Umbral de exposición aguda de tercer nivel a 60 min	15 ppm	100 ppm	30 mg/m³
Estado del valor	Final	Final	Final
Concentración inmediatamente peligrosa para la vida y la salud	50 ppm	50 ppm	25 mg/m³

Parámetro	Ácido cianhídrico	Cloruro de hidrógeno	Cianuro de sodio
Límite inferior de explosividad	5.6 % vol.	No inflamable	No aplica
Temperatura de autoignición	538 °C	No aplica	No aplica
Estado en el Primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas	Gaseoso	Gaseoso	Sólido
Cantidad de reporte	1 kg	1 kg	1 kg

El indicador cuantitativo de severidad relativa de cada escenario se obtiene dividiendo su término fuente, expresado en kilogramos por minuto, entre el umbral de exposición aguda de segundo nivel de la sustancia liberada, que es el nivel por encima del cual la exposición produce efectos irreversibles o de larga duración sobre la población.

[I(esc) = Q(término fuente, kg/min) / C(umbral de segundo nivel a 60 min)]

La adopción del umbral de segundo nivel como denominador, y no del de primer o de tercer nivel, responde a que es el umbral que define el límite de la zona sobre la que procede la planeación de la respuesta a emergencias y la determinación de las distancias de amortiguamiento, que es el objeto del presente Estudio. Los umbrales de primer y de tercer nivel se conservan como salidas de la modelación, pero no gobiernan la jerarquía.

La normalización es indispensable porque la comparación directa de términos fuente entre sustancias distintas carece de significado físico. Una liberación de cloruro de hidrógeno y una liberación de ácido cianhídrico de igual magnitud másica no producen consecuencias equivalentes, dado que sus umbrales de toxicidad difieren en un factor de 3.10 sobre la base volumétrica. La normalización por el umbral de toxicidad de cada especie hace comparables entre sí escenarios que involucran sustancias diferentes, y establece una jerarquía sostenida sobre la consecuencia y no sobre la masa liberada.

La demostración de que el indicador ordena correctamente las zonas de amenaza de la modelación de dispersión se sostiene en la estructura de la propia solución de la ecuación de dispersión. Para una fuente continua a nivel de terreno bajo una condición meteorológica fija, la concentración en el eje de la pluma es directamente proporcional al término fuente e inversamente proporcional al producto de la velocidad de viento por los coeficientes de dispersión lateral y vertical, que son funciones exclusivas de la distancia y de la clase de estabilidad.

[$C(x) = Q / (\pi \cdot u \cdot \sigma(y)(x) \cdot \sigma(z)(x))$]

[En el borde de la zona de amenaza: $C(x) = C(umbral)$]

[$\pi \cdot u \cdot \sigma(y)(x) \cdot \sigma(z)(x) = Q / C(umbral) = I(esc)$]

El producto de los coeficientes de dispersión es una función monótona creciente de la distancia, y la velocidad de viento y la clase de estabilidad son idénticas para la totalidad de los escenarios, dado que todos se modelan bajo la misma condición meteorológica de clase B con 2.2 metros por segundo. En consecuencia, el orden de las distancias a las que cada escenario alcanza su umbral de segundo nivel es exactamente el orden del cociente entre el término fuente y dicho umbral, que

es el indicador definido. La jerarquía obtenida no es por tanto un criterio de asignación de pesos, sino la ordenación que la propia física de la dispersión impone sobre las zonas de amenaza.

Los nueve escenarios identificados, con la memoria de cálculo de término fuente desarrollada en el apartado precedente, son los siguientes.

Tabla 95: Escenarios de riesgo identificados y términos fuente calculados

Escenario	Descripción	Clasificación	Sustancia modelada	Término fuente	Duración
1	Fuga en línea de solución de cianuro de sodio	Caso Más Probable	Ácido cianhídrico	0.0470 kg/min	60 min
2	Ruptura total de línea de solución de cianuro	Peor Caso	Ácido cianhídrico	0.0562 kg/min	60 min
3	Pérdida de control de pH en el tren de cianuración	Caso Más Probable	Ácido cianhídrico	0.0518 kg/min	60 min
4	Falla catastrófica de tanque de cianuración	Peor Caso	Ácido cianhídrico	0.0664 kg/min	60 min
5	Fuga en línea de ácido clorhídrico	Caso Más Probable	Cloruro de hidrógeno	1.66 kg/min	60 min
6	Ruptura total de línea de ácido clorhídrico	Peor Caso	Cloruro de hidrógeno	2.83 kg/min	60 min
7	Pérdida de eficiencia del circuito de destrucción	Caso Más Probable	Ácido cianhídrico	0.0522 kg/min	60 min
8	Descarga del recipiente de extracción de carbón	Peor Caso	Ácido cianhídrico	0.108 kg/min	15 min
9	Acidificación de solución cianurada por ácido clorhídrico	Peor Caso	Ácido cianhídrico	0.831 kg/min	15 min

La aplicación del indicador sobre estos nueve escenarios produce la jerarquía siguiente.

Tabla 96: Jerarquía de los escenarios por severidad relativa

Escenario	Sustancia	Término fuente	Umbral de segundo nivel	Indicador relativo	Jerarquía
6	Cloruro de hidrógeno	2.83 kg/min	22 ppm	0.129	Gobernante de la instalación
9	Ácido cianhídrico	0.831 kg/min	7.1 ppm	0.117	Gobernante por cianuro
5	Cloruro de hidrógeno	1.66 kg/min	22 ppm	0.075	Tercero en severidad
8	Ácido cianhídrico	0.108 kg/min	7.1 ppm	0.0152	Menor
4	Ácido cianhídrico	0.0664 kg/min	7.1 ppm	0.0094	Menor
2	Ácido cianhídrico	0.0562 kg/min	7.1 ppm	0.0079	Menor
7	Ácido cianhídrico	0.0522 kg/min	7.1 ppm	0.0074	Menor
3	Ácido cianhídrico	0.0518 kg/min	7.1 ppm	0.0073	Menor
1	Ácido cianhídrico	0.0470 kg/min	7.1 ppm	0.0066	Menor

El resultado de la jerarquización establece que la ruptura total de la línea de ácido clorhídrico constituye el escenario gobernante de la instalación, y que la acidificación de solución cianurada por contacto con ácido clorhídrico constituye el escenario gobernante por cianuro, con un indicador de severidad prácticamente equivalente al del primero: 0.117 frente a 0.129, esto es una diferencia de 9.0 por ciento. Los escenarios asociados a la volatilización de ácido cianhídrico desde solución alcalina resultan inferiores en poco más de un orden de magnitud, y el escenario del recipiente de extracción de carbón encabeza ese segundo grupo por la fase dispersa que su descarga proyecta, con un indicador de 0.0152 frente a los 0.0066 del escenario de menor severidad del conjunto. Ninguno de los nueve escenarios presenta un indicador despreciable frente al del gobernante.

Un resultado de la jerarquización merece señalamiento expreso por su consecuencia sobre el diseño: los tres escenarios de mayor severidad involucran al ácido clorhídrico, sea como sustancia liberada en los Escenarios 6 y 5, sea como reactivo generador en el Escenario 9. La suma de los indicadores de estos tres escenarios asciende a 0.321, frente a 0.054 correspondiente a la suma de los seis escenarios restantes. El ácido clorhídrico, que constituye el reactivo de menor inventario del conjunto de los reactivos críticos con 15 metros cúbicos frente a los 50 del cianuro de sodio y los 20 de la sosa cáustica, gobierna en consecuencia el 85.6 por ciento de la severidad acumulada de la instalación.

Esta jerarquía determina la asignación de las medidas preventivas y de los sistemas de seguridad. La correspondencia entre cada escenario gobernante y las barreras que lo interceptan es la siguiente.

Tabla 97: Asignación de barreras de prevención y de mitigación a los escenarios jerarquizados

Escenario	Jerarquía	Barrera de prevención	Barrera de mitigación	Apartado que la desarrolla
6 — Ruptura total de línea de ácido clorhídrico	Gobernante de la instalación	Especificación de material resistente al medio ácido en línea y recipiente; programa de inspección de líneas; válvula de aislamiento	Dique independiente de 16.5 m³ equivalente al 110 % del volumen; detección de fuga en contención; sistema de captación y lavado de gases	I.1.1.7, I.1.1.9, I.1.3.5 y I.3.2.5
9 — Acidificación de solución cianurada	Gobernante por cianuro	Segregación absoluta con muro estructural, separación libre no inferior a 15 m, diques independientes y redes de drenaje sin punto de confluencia; secuencia obligatoria de enjuague entre lavado ácido y extracción	Detección fija de ácido cianhídrico con alarma a 4.7 y a 10 ppm; sistema de captación y lavado de gases; plan de respuesta a emergencia por ácido cianhídrico	I.1.1.7, I.1.3.5, I.3.2.3 y I.3.2.5
5 — Fuga en línea de ácido clorhídrico	Tercero en severidad	Programa de inspección de líneas; válvula manual de aislamiento	Dique independiente de 16.5 m³; detección de fuga en contención	I.1.1.9 y I.1.3.5
2 y 1 — Pérdida de contención de línea de cianuro	Menor	Válvula de corte automático 400-XV-011 y paro de bombas dosificadoras; programa de inspección de líneas	Dique de 55 m³ equivalente al 110 % del volumen; detección fija de ácido cianhídrico	I.1.1.9, I.1.2.11 y I.1.3.5
3 — Pérdida de control de pH en el tren de cianuración	Menor	Arreglo analítico de tres canales con resolución por votación dos de tres; consigna estricta de pH 11.0 con margen de 0.5 unidades sobre el umbral de disparo	Corte automático de la dosificación de cianuro por pH inferior a 10.5 con retardo de 30 s; detección fija de ácido cianhídrico	I.1.2.10 y I.1.2.11
4 — Falla catastrófica de tanque de cianuración	Menor	Diseño mecánico conforme a la normativa de recipientes atmosféricos; verificación de	Losa continua de concreto reforzado sin juntas pasantes con muros perimetrales y sumideros; contención al 110 %	I.1.1.1, I.1.1.9 y I.3.2.4

Escenario	Jerarquía	Barrera de prevención	Barrera de mitigación	Apartado que la desarrolla
		anclaje frente a la solicitación sísmica	del recipiente de mayor capacidad	
7 — Pérdida de eficiencia del circuito de destrucción	Menor	Control de pH en el intervalo de 8.0 a 8.5 con ajuste automático de la dosificación de cal; catálisis con cobre a 5 ppm; dos reactores en serie con 2 h de residencia	Analizador de cianuro disociable en ácido débil en lazo cerrado sobre la dosificación de metabisulfito	I.1.2.10 y I.1.2.11
8 — Descarga del recipiente de extracción de carbón	Menor	Válvula de seguridad tarada en 605 kPa con alivio máximo en 665 kPa; interbloqueo de temperatura con corte del calentamiento; recipiente calculado conforme a ASME BPVC Sección VIII División 1	Contención secundaria del área; detección fija de ácido cianhídrico en el recinto de extracción	I.1.1.6, I.1.2.11 y I.1.3.5

La segregación absoluta entre el almacén de cianuro de sodio del Área 400 y el almacén de ácido clorhídrico del Área 500 constituye, conforme a esta asignación, la barrera que gobierna de forma simultánea los dos escenarios de mayor severidad de la instalación, y es en consecuencia el elemento de diseño de mayor jerarquía del Proyecto en materia de riesgo ambiental. Su integridad no se acredita mediante un único mecanismo, sino mediante cuatro planos independientes y concurrentes: el muro estructural entre recintos, la separación libre no inferior a 15 metros adicional al muro, los diques de contención independientes y la ausencia de punto de confluencia entre las redes de drenaje, acreditada mediante prueba hidráulica.

La jerarquía establecida en el presente apartado es la que gobierna la asignación de recursos de la totalidad de las medidas preventivas, de los sistemas de seguridad y de los procedimientos de respuesta a emergencia que el presente Estudio desarrolla, y constituye el resultado final de la metodología de identificación y jerarquización de riesgos aplicada al Proyecto.

1.1.1.1 I.4.2.7. Descripción de los escenarios de riesgo a modelar

Los nueve escenarios que integran el alcance de la modelación de consecuencias se describen a continuación de forma individual, con su nodo de modelación de origen, su clasificación conforme al criterio de castigo mecánico del apartado I.4.2.5, las condiciones de operación que gobiernan su término fuente, el evento iniciador que lo materializa y la especie que efectivamente se introduce al programa de modelación. La descripción no sustituye la memoria de cálculo del apartado I.4.2.5 ni la jerarquización del apartado I.4.2.6: constituye el enunciado formal del escenario que ambos apartados cuantifican y ordenan, y es la referencia con la que cada corrida del programa de modelación queda identificada.

Tres precisiones de alcance gobiernan la totalidad de las descripciones que siguen. La primera es que el programa de modelación resuelve la dispersión de sustancias químicas puras y no de

soluciones acuosas, de mezclas ni de reacciones químicas, de modo que toda liberación de una solución se resuelve mediante la especie volátil que de ella se desprende y no mediante la solución derramada. La segunda es que el cianuro de sodio se clasifica en estado sólido y no constituye entrada válida de dispersión: la especie modelada en la totalidad de los escenarios cianurados es el ácido cianhídrico. La tercera es que el programa no resuelve la generación química de la especie tóxica, por lo que en los escenarios en que ésta se produce por reacción la magnitud de la generación se determina en la memoria de cálculo y se introduce al programa como término fuente ya calculado.

Escenario 1 — Fuga en línea de solución de cianuro de sodio. Corresponde al nodo de modelación NM-1, de preparación y dosificación de cianuro de sodio, y se clasifica como Caso Más Probable. Las condiciones de operación son solución de cianuro de sodio al 25 % p/p con densidad de 1,130 kg/m³, línea troncal de diámetro nominal 80 con diámetro de cálculo de 76.2 mm, presión de operación de 3 bar manométricos, temperatura de 25 °C y pH de la solución concentrada de 11.5 por hidrólisis del cianuro. El evento iniciador es la falla mecánica localizada de la línea de conducción por corrosión, daño físico, degradación de empaques o falla de accesorios, con abertura equivalente al veinte por ciento del diámetro y liberación continua que forma un charco confinado en la contención secundaria del área de reactivos alcalinos.

La masa de solución derramada en sesenta minutos asciende a 10,431 kg, equivalentes a 9.23 m³, volumen que queda íntegramente confinado en el dique de 55 m³ del área, con charco resultante de 92 m² a una profundidad de 0.10 m sobre la losa. La especie modelada es el ácido cianhídrico desprendido del charco, cuya magnitud se determina por la especiación del cianuro al pH de la solución derramada, y el término fuente adoptado es de 0.0470 kg/min sostenidos durante sesenta minutos, con masa total emitida de 2.82 kg. La consecuencia dominante del escenario es el derrame confinado y no la dispersión atmosférica.

Escenario 2 — Ruptura total de línea de solución de cianuro de sodio. Corresponde al nodo de modelación NM-1 y se clasifica como Peor Caso, por ruptura equivalente al cien por ciento del diámetro de la línea troncal. El evento iniciador es la falla mecánica severa, el impacto externo, la sobrepresión o la ruptura estructural de la línea, con pérdida de la sección completa de la tubería. La liberación resultante es continua y limitada por el inventario del tanque de suministro, y no instantánea: el caudal queda gobernado por el flujo a través de la sección completa y el evento concluye por agotamiento del inventario o por aislamiento del sistema mediante la válvula de corte y el paro de las bombas dosificadoras.

El volumen derramado corresponde a la totalidad del inventario de 50 m³, confinado en el dique de 55 m³, y el charco ocupa la superficie íntegra del dique, de 110 m². El término fuente adoptado es de 0.0562 kg/min sostenidos durante sesenta minutos, con masa total emitida de 3.37 kg. La descarga líquida concluye a los 13.0 minutos por agotamiento del inventario y la emisión persiste desde el charco ya formado durante el resto del período de modelación.

Escenario 3 — Pérdida de control de pH en el tren de cianuración. Corresponde al nodo de modelación NM-2, de ajuste de pH y circuito de cianuración con adsorción en carbón activado, y se clasifica como Caso Más Probable. Las condiciones de operación son cinco tanques de 317.6 m³ de volumen geométrico unitario con superficie libre de 40.7 m² por tanque y de 203.6 m² en el conjunto del tren, consigna de operación de pH 11.0 con umbral de disparo del enclavamiento en pH 10.5, concentración de cianuro libre de 350 mg/L y aireación de proceso mediante tubería bajo cono invertido situada debajo del agitador.

El evento iniciador es la falla de la dosificación de lechada de cal, el error operativo o la falla de la instrumentación analítica de pH, que produce el descenso del pH del circuito por debajo de su consigna. El descenso desplaza el equilibrio de especiación hacia el ácido cianhídrico molecular, que se desprende de la superficie libre de los tanques arrastrado por el aire de proceso. El circuito dispone de corte automático de la dosificación de cianuro de sodio al alcanzarse el pH 10.5, de modo que la desviación sostenida por debajo de dicho valor exige la falla concurrente del lazo de control y del enclavamiento de seguridad. El término fuente adoptado corresponde a esa desviación extrema y es de 0.0518 kg/min sostenidos durante sesenta minutos, con masa total emitida de 3.107 kg. La magnitud reducida del término fuente es consecuencia directa de la elevada solubilidad del ácido cianhídrico en agua, que limita de forma determinante su arrastre por la corriente de aire de proceso.

Escenario 4 — Falla catastrófica de tanque de cianuración. Corresponde al nodo de modelación NM-2 y se clasifica como Peor Caso. El evento iniciador es la falla estructural del tanque, la ruptura de la envolvente, el colapso de la cimentación o la pérdida total de integridad mecánica, con liberación del contenido íntegro del recipiente, de 317.6 m³ de pulpa cianurada alcalina. El derrame no genera una extensión libre inundada: el tren se emplaza sobre contención secundaria de 349.5 m³ de capacidad y 479.3 m² de superficie, de modo que la totalidad del volumen liberado queda confinada dentro del dique y el área del charco es la superficie libre del propio dique, con tirante de 0.663 m.

La pulpa derramada conserva inicialmente su alcalinidad, dado que su contenido de cal libre y su capacidad amortiguadora no se alteran por la pérdida de contención. La evolución de ácido cianhídrico se produce por la exposición de una superficie amplia a la atmósfera y por la absorción progresiva de dióxido de carbono atmosférico, que reduce el pH del charco de forma sostenida a lo largo del evento. Con coeficiente de transferencia en fase líquida de 1.0×10^{-5} m/s, área de charco de 479.3 m², concentración de cianuro libre de 350 mg/L y pH del charco que desciende de 11.0 a 9.0 durante el evento, el término fuente resulta de 0.00179 kg/min en la condición inicial y de 0.0664 kg/min al término del período de sesenta minutos. Se adopta para la modelación el valor envolvente de 0.0664 kg/min, del que resulta una masa total emitida de 3.98 kg. El pH terminal de 9.0 corresponde al que la absorción de dióxido de carbono atmosférico alcanza sobre la película superficial del charco, sin reposición de lechada de cal tras la pérdida de contención.

Escenario 5 — Fuga en línea de ácido clorhídrico. Corresponde al nodo de modelación NM-1, sobre la línea de transferencia que conduce desde el almacenamiento de reactivos críticos hasta el nodo de lavado ácido y desorción, y se clasifica como Caso Más Probable. Las condiciones de operación son solución de ácido clorhídrico al 32 % p/p en condición de almacenamiento con densidad de 1,160 kg/m³, línea de diámetro nominal 50 con diámetro de cálculo de 52.5 mm, presión de operación de 2 bar manométricos y temperatura de 25 °C. La solución que se emplea en el lavado de carbón es diluida y su presión parcial de cloruro de hidrógeno resulta despreciable, por lo que el escenario se formula sobre el concentrado almacenado, que es el inventario que gobierna la consecuencia.

El evento iniciador es la falla localizada en tubería, conexiones, válvulas o accesorios por corrosión o desgaste, con abertura equivalente al veinte por ciento del diámetro. La liberación forma un charco de ácido confinado en el dique dedicado de 16.5 m³ del almacén, con superficie de 23.5 m² a una profundidad de 0.15 m, desde el cual se desprende cloruro de hidrógeno en fase gaseosa. A diferencia de los escenarios de cianuro, la especie liberada se desprende de forma directa del charco por su presión parcial de equilibrio sobre la solución, sin requerir alteración química alguna del medio; su densidad relativa al aire de 1.27 determina que su dispersión se resuelva con el algoritmo de gas denso. El término fuente adoptado es de 1.66 kg/min sostenidos durante sesenta minutos, con masa total emitida de 99.5 kg de cloruro de hidrógeno.

Escenario 6 — Ruptura total de línea de ácido clorhídrico. Corresponde al nodo de modelación NM-1 y se clasifica como Peor Caso, por ruptura total de la línea de transferencia. El evento iniciador es la ruptura mecánica total de la línea con pérdida de la sección completa, cuyo mecanismo acreditado es el impacto mecánico o la solicitación sísmica en la transición entre el tramo enterrado y el tramo expuesto. La liberación es continua y limitada por el inventario del tanque, con agotamiento en 10.2 minutos, y el charco resultante ocupa la superficie íntegra del dique dedicado, de 40.0 m².

El término fuente adoptado es de 2.83 kg/min sostenidos durante sesenta minutos, con masa total emitida de 170 kg de cloruro de hidrógeno. La emisión persiste tras el agotamiento del caudal de derrame, dado que el charco ya formado continúa desprendiendo cloruro de hidrógeno hasta su neutralización o su recuperación. Este escenario y el precedente se encuentran afectados por una limitación expresa del programa de modelación: el cloruro de hidrógeno reacciona con el agua y con el vapor de agua, condición que altera la velocidad de evaporación y la dispersión y que el modelo no reproduce con exactitud. A la humedad relativa del emplazamiento, de 65 %, la formación de aerosol ácido resulta apreciable y produce una nube de densidad aparente superior a la que el modelo calcula, por lo que las distancias obtenidas se reportan con esta advertencia y se tratan como valores sujetos a verificación en campo mediante el programa de monitoreo del Proyecto.

Escenario 7 — Pérdida de eficiencia del circuito de destrucción de cianuro. Corresponde al nodo de modelación NM-4, de destrucción de cianuro mediante el proceso de aire y metabisulfito, y se clasifica como Caso Más Probable. Las condiciones de operación son flujo de pulpa de 80 m³/h, concentración de cianuro de entrada de 250 mg/L, pH de operación entre 8.0 y 8.5 con catalizador de cobre a 5 ppm, dos reactores agitados y aireados en serie con tiempo de residencia total de dos horas y objetivo de descarga inferior a 50 mg/L de cianuro disociable en ácido débil.

El evento iniciador es la falla de la dosificación de metabisulfito de sodio, la pérdida de la aireación o la desviación operativa del proceso, que reduce la eficiencia de conversión y eleva la concentración de cianuro residual en las colas. La consecuencia primaria del evento es de calidad del efluente y no de dispersión atmosférica, dado que el cianuro residual permanece en la fase líquida y su destino es el espesamiento y la disposición de jales. El vínculo del escenario con la modelación se establece por el arrastre de ácido cianhídrico con el aire de proceso de los dos reactores agitados y aireados, cuyo pH de operación sitúa la especiación mayoritariamente en la forma molecular volátil; esta condición constituye la particularidad del nodo, que es el único punto del circuito donde coexisten cianuro en concentración apreciable y pH próximo a la neutralidad. El término fuente adoptado es de 0.0522 kg/min sostenidos durante sesenta minutos, con masa total emitida de 3.13 kg, calculado sobre el caudal de aire de proceso de 0.668 m³/s conforme al apartado I.4.2.5; su gestión corresponde al control de la calidad del efluente, al régimen de ventilación del recinto y a la disponibilidad del lazo de dosificación de metabisulfito.

Escenario 8 — Descarga del recipiente de extracción de carbón cargado. Corresponde al nodo de modelación NM-3, de lavado ácido y desorción de carbón cargado, y se clasifica como Peor Caso. Las condiciones de operación son recipiente de extracción con capacidad de 3 toneladas de carbón por lote, operado mediante desorción a presión con solución de 0.15 % de cianuro y 1.25 % de cáustico a razón de dos volúmenes de lecho por hora, con solución precalentada a 135 °C y recipiente mantenido a 550 kPa manométricos para impedir la ebullición; el inventario de solución dentro del recipiente y su circuito inmediato se adopta en 8.0 m³ con densidad de 1,020 kg/m³.

El evento iniciador es la pérdida de contención del recipiente o de su circuito de recirculación, por falla de sello, de brida, de válvula de seguridad o de la propia envolvente. La descarga presenta una particularidad que ningún otro escenario de la instalación reúne: el fluido se encuentra treinta y cinco

grados por encima de su punto de ebullición a presión atmosférica, de modo que una fracción de la masa, calculada en 6.48 %, se evapora de forma instantánea al despresurizarse. La nube inicial se compone de vapor de agua y de aerosol de solución cáustica y cianurada arrastrado por la propia expansión, y el remanente forma un charco de 7,102 kg y 80 m² a cien grados centígrados que sostiene la emisión mientras se enfría.

La envolvente del escenario no es la emisión desde el charco sino la fase dispersa que proyecta el flasheo. La emisión desde el charco, que persiste a lo largo del evento, es de 0.00128 kg/min con el charco a pH 11.0. La vaporización instantánea del 6.48 % de la masa liberada arrastra una masa igual de aerosol, de modo que 1,058 kg de solución, equivalentes a 1.037 m³ con 1.5 kg/m³ de cianuro libre, abandonan la superficie en fase dispersa y transportan 1.56 kg de cianuro, equivalentes a 1.62 kg de ácido cianhídrico, que se adoptan íntegramente como especie tóxica disponible conforme al criterio conservador del apartado I.4.2.5. El término fuente adoptado es en consecuencia de 0.108 kg/min sostenidos durante quince minutos, que comprenden la descarga, el flasheo y la dispersión de la fase arrastrada. La zona de peligro por toxicidad no agota sin embargo la consecuencia del escenario: su consecuencia dominante es la quemadura térmica y química por proyección de solución cáustica a cien grados centígrados sobre el personal del área, condición que se gestiona mediante el criterio de aproximación y enfriamiento del procedimiento operativo correspondiente y no mediante distancias de amortiguamiento.

Escenario 9 — Acidificación directa de solución cianurada por contacto con ácido clorhídrico. Corresponde al nodo de modelación NM-3 y se clasifica como Peor Caso. El área de manejo de carbón aloja de forma simultánea el circuito de lavado ácido, alimentado con ácido clorhídrico, y el circuito de elución, que contiene solución cianurada; esta concurrencia física constituye la particularidad del nodo y establece la vía de generación de ácido cianhídrico de mayor rendimiento de la instalación. A diferencia de la totalidad de los escenarios precedentes, en los que la emisión se encuentra acotada por la transferencia de masa a través de una interfase, la acidificación directa convierte el cianuro en ácido cianhídrico molecular de forma prácticamente cuantitativa y libera la especie por desplazamiento del equilibrio y no por difusión, de modo que el término fuente resulta entre uno y dos órdenes de magnitud superior al de los escenarios de volatilización.

El evento iniciador es la ruptura o la fuga de la línea de ácido clorhídrico dentro del área de manejo de carbón, con escurrimiento del ácido hacia el circuito de elución o hacia el cárcamo que recibe su drenaje, o bien la maniobra errónea de trasiego que introduce ácido en un recipiente que contiene solución cianurada. El contacto produce el desprendimiento inmediato de ácido cianhídrico gaseoso conforme a la estequiometría de desplazamiento del ácido débil por el ácido fuerte, con generación de 12.47 kg sobre el inventario cianurado contactado de 8.0 m³ a 1.5 kg/m³. El término fuente adoptado es de 0.831 kg/min sostenidos durante quince minutos. La duración corresponde al tiempo de mezcla y reacción de los dos inventarios dentro del recinto y constituye el parámetro de mayor sensibilidad del escenario: una duración menor eleva el término fuente de forma proporcional sin alterar la masa total emitida.

El contacto del ácido clorhídrico con el inventario íntegro de solución de cianuro de sodio del almacenamiento constituye la cota superior absoluta de generación de ácido cianhídrico de la instalación y se consigna de forma expresa por completitud del análisis. Esta cota no se adopta como escenario de modelación: el almacén de cianuro y el almacén de ácido se encuentran segregados mediante muro estructural, separación libre no inferior a 15 m, diques independientes y redes de drenaje sin punto de confluencia, de modo que su concurrencia exige la falla simultánea de cuatro barreras independientes de segregación. La prevención de este evento descansa en la integridad de

la segregación y no en la capacidad de respuesta, y su tratamiento corresponde al régimen de almacenamiento de reactivos incompatibles y no a la definición de distancias de amortiguamiento.

Las condiciones de modelación son comunes a la totalidad de los escenarios y corresponden a las del emplazamiento establecidas en el apartado I.4.2.3: clase de estabilidad B de Pasquill, velocidad de viento de 2.2 m/s medidos a 3 metros de altura, dirección predominante del noroeste, temperatura de 25 °C, humedad relativa de 65 %, rugosidad de campo abierto y tasa de renovación de aire de la edificación del entorno de 0.41 renovaciones por hora. La totalidad de las corridas se configura como fuente directa de tipo continuo, con las tres zonas de amenaza correspondientes a los umbrales de exposición aguda para sesenta minutos consignados en el apartado I.4.2.6.

La duración de la liberación es de sesenta minutos en siete de los nueve escenarios, valor que constituye el límite de cálculo del programa de modelación. Los Escenarios 8 y 9 son los únicos cuya duración difiere, y su particularidad se enuncia de forma expresa para evitar una captura errónea. La masa liberada del Escenario 8 asciende a 1.62 kg de ácido cianhídrico equivalente y corresponde a la fase dispersa que proyecta el flasheo, de modo que su liberación concluye a los quince minutos. En cuanto al Escenario 9, su masa liberada es finita y asciende a 12.47 kg, determinada por el inventario cianurado efectivamente contactado, de modo que la liberación concluye a los quince minutos por agotamiento del reactivo y no por el transcurso del período de modelación. La normalización de este escenario a sesenta minutos mediante el promedio de su tasa no resulta admisible, dado que repartir la misma masa sobre un período cuatro veces mayor produce una tasa de 0.208 kg/min y una concentración máxima sustancialmente inferior a la real, con lo cual subestimaría las zonas de peligro.

La descripción precedente completa la cadena de trazabilidad del análisis: cada escenario procede de una desviación registrada en las sesiones del apartado I.4.2.4, su término fuente se calcula en el apartado I.4.2.5, su severidad relativa se ordena en el apartado I.4.2.6 y su descripción formal, con las condiciones de captura que la modelación exige, queda establecida en el presente apartado. No existe escenario de modelación que carezca de nodo de origen, ni consecuencia de liberación registrada que carezca de escenario asociado.

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

PROYECTO

“CONTINUIDAD AL DESARROLLO DEL RECINTO MINERO ANA PAULA MEDIANTE EXPLOTACIÓN MINERA SUBTERRÁNEA”

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES

Índice

II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES . 6
II.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN 6
II.1.1. Sustento y memorias de cálculo del modelo de simulación 6
II.1.1.1. Condiciones meteorológicas adoptadas para la modelación 9
II.1.1.2. Selección del algoritmo de dispersión por escenario 11
II.1.1.3. Verificación de la congruencia entre las memorias de cálculo y los datos de entrada 12
II.1.2. Criterios de afectación por toxicidad 14
II.1.2.1. Equivalencia entre los umbrales de la guía y los umbrales de exposición aguda 14
II.1.2.2. Zonas de amenaza obtenidas de la modelación 15
II.1.2.3. Delimitación de la Zona de Alto Riesgo y de la Zona de Amortiguamiento 16
II.1.2.4. Conversión de unidades y relación dosis-respuesta de las especies liberadas . 17
II.1.3. Criterios de afectación por inflamabilidad 18
II.1.3.1. Formulación aplicable a los fenómenos de fuego 19
II.1.3.2. Evaluación de la aplicabilidad al Proyecto 19
II.1.4. Criterios de afectación por explosividad 21
II.1.4.1. Formulación aplicable a los fenómenos de sobrepresión 21
II.1.4.2. Evaluación de la aplicabilidad al Proyecto 22
II.1.5. Representación cartográfica y puntos de interés 24
II.1.5.1. Puntos de interés comprendidos dentro de las zonas de protección 29
II.1.5.2. Componentes ambientales y cuerpos de agua inmersos en las zonas de protección 31
II.2 INTERACCIONES DE RIESGO 32
II.2.1. Análisis de efecto dominó en la planta de beneficio 33
II.2.1.1. Mecanismos de propagación evaluados 33
II.2.1.2. Equipos e instalaciones comprendidos dentro de la Zona de Alto Riesgo 34
II.2.1.3. Secuencias de interacción identificadas 35
II.2.1.4. Secuencia temporal de la propagación y ventana de intervención 37
II.2.2. Medidas preventivas e infraestructura de mitigación de las interacciones 38
II.2.2.1. Distanciamientos mecánicos y de seguridad aplicados en la disposición general 38
II.2.2.2. Medidas de supresión de la dependencia de la intervención humana 39
II.2.2.3. Compatibilidad del Proyecto con la infraestructura existente 39
II.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL 42

II.3.1. Identificación y descripción de componentes vulnerables 42
II.3.1.1. Asentamientos humanos y población del entorno 42
II.3.1.2. Componentes ambientales del entorno 43
II.3.1.3. Especies de flora y fauna en categoría de riesgo y especies endémicas 45
II.3.2. Valoración de efectos sobre la integridad funcional de los ecosistemas 47
II.3.2.1. Magnitud de la masa efectivamente liberada 47
II.3.2.2. Duración acotada del fenómeno y ausencia de persistencia 48
II.3.2.3. Valoración sobre la biodiversidad, la fragilidad y los hábitats locales 48
II.3.2.4. Valoración de las consecuencias sobre la salud humana 51
II.3.2.5. Cuantificación de la deposición sobre el receptor terrestre 52
II.3.2.6. Eficacia de las salvaguardas de ingeniería y determinación de significancia 53
II.3.2.7. Conclusión del Capítulo 55

Índice de tablas

Tabla 1: Memoria de cálculo del gasto y del tiempo de fuga de las líneas de conducción de sustancia listada 7
Tabla 2: Memoria de cálculo de los volúmenes y de las superficies de emisión de los equipos de proceso 8
Tabla 3: Datos de captura en el programa de modelación y masa total liberada por escenario 9
Tabla 4: Condiciones meteorológicas y de entorno adoptadas para la totalidad de las corridas 10
Tabla 5: Algoritmo de dispersión aplicado a cada escenario y fundamento de su selección 11
Tabla 6: Verificación de la trazabilidad del inventario y de la geometría de cada escenario .. 12
Tabla 7: Verificación aritmética de la masa total liberada de cada escenario 13
Tabla 8: Verificación de la especiación del cianuro en función del pH de cada nodo 13
Tabla 9: Umbrales de toxicidad de las sustancias del alcance y equivalencia adoptada 15
Tabla 10: Zonas de amenaza obtenidas de la modelación de consecuencias, por escenario y por umbral 16
Tabla 11: Delimitación de la Zona de Alto Riesgo y de la Zona de Amortiguamiento por escenario 16
Tabla 12: Conversión de los umbrales de exposición aguda a concentración másica 18
Tabla 13: Evaluación de la aplicabilidad del criterio de radiación térmica por sustancia 21
Tabla 14: Evaluación de la aplicabilidad del criterio de sobrepresión por supuesto de explosión 23
Tabla 15: Resumen de la aplicación de los 3 criterios de la guía sobre el Proyecto 23
Tabla 16: Receptores del entorno y su distancia al borde del área del proyecto 29
Tabla 17: Confrontación de los receptores del entorno con las zonas de protección de cada escenario 30
Tabla 18: Componentes ambientales evaluados frente a las zonas de protección del escenario gobernante 32
Tabla 19: Mecanismos de propagación de efecto dominó evaluados sobre la instalación 33

Tabla 20: Áreas de proceso comprendidas dentro de la Zona de Alto Riesgo del escenario gobernante 34
Tabla 21: Secuencias de interacción identificadas y barrera que intercepta cada una 36
Tabla 22: Tiempo de arribo de la pluma y ventana de intervención del escenario gobernante 37
Tabla 23: Distanciamientos mínimos aplicados en la disposición general de la planta de beneficio 38
Tabla 24: Medidas preventivas orientadas a reducir la probabilidad de ocurrencia de la interacción 39
Tabla 25: Evaluación de la compatibilidad del Proyecto con cada elemento de la infraestructura existente 40
Tabla 26: Asentamientos humanos y actividad económica del entorno frente a las zonas de protección 42
Tabla 27: Componentes ambientales del entorno y su posición respecto de las zonas de protección 44
Tabla 28: Especies de flora identificadas en campo en categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 45
Tabla 29: Especies de fauna identificadas en campo en categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 45
Tabla 30: Resumen de la riqueza de especies en categoría de riesgo y endémicas identificadas en campo 46
Tabla 31: Masa liberada por escenario y su relación con el inventario de origen 48
Tabla 32: Valoración del efecto sobre los grupos taxonómicos en categoría de riesgo identificados en campo 50
Tabla 33: Valoración de la consecuencia sobre la salud humana por población expuesta 51
Tabla 34: Deposición superficial estimada por escenario sobre el receptor terrestre 53
Tabla 35: Efecto cuantificado de las salvaguardas de ingeniería sobre la magnitud del riesgo 53
Tabla 36: Determinación de significancia por componente del sistema ambiental 54

Índice de figuras

Figura 1: Escenario 1. Fuga en línea de solución de cianuro de sodio. Término fuente de 0.0470 kg/min de ácido cianhídrico durante 60 min. Zona de Alto Riesgo de 27 m y Zona de Amortiguamiento hasta 52 m 25
Figura 2: Escenario 2. Ruptura total de línea de solución de cianuro de sodio. Término fuente de 0.0562 kg/min de ácido cianhídrico durante 60 min. Zona de Alto Riesgo de 30 m y Zona de Amortiguamiento hasta 56 m 25
Figura 3: Escenario 3. Pérdida de control de pH en el tren de cianuración. Término fuente de 0.0518 kg/min de ácido cianhídrico durante 60 min. Zona de Alto Riesgo de 29 m y Zona de Amortiguamiento hasta 55 m 26
Figura 4: Escenario 4. Falla catastrófica de tanque de cianuración. Término fuente de 0.0664 kg/min de ácido cianhídrico durante 60 min. Zona de Alto Riesgo de 33 m y Zona de Amortiguamiento hasta 61 m 26
Figura 5: Escenario 5. Fuga en línea de ácido clorhídrico. Término fuente de 1.66 kg/min de cloruro de hidrógeno durante 60 min. Zona de Alto Riesgo de 166 m y Zona de Amortiguamiento hasta 617 m 27

Figura 6: Escenario 6. Ruptura total de línea de ácido clorhídrico. Término fuente de 2.83 kg/min de cloruro de hidrógeno durante 60 min. Zona de Alto Riesgo de 220 m y Zona de Amortiguamiento hasta 814 m. Escenario gobernante de la instalación.....27
Figura 7: Escenario 7. Pérdida de eficiencia del circuito de destrucción de cianuro. Término fuente de 0.0522 kg/min de ácido cianhídrico durante 60 min. Zona de Alto Riesgo de 29 m y Zona de Amortiguamiento hasta 55 m.....28
Figura 8: Escenario 8. Descarga del recipiente de extracción de carbón. Término fuente de 0.108 kg/min de ácido cianhídrico durante 60 min. Zona de Alto Riesgo de 42 m y Zona de Amortiguamiento hasta 78 m.....28
Figura 9: Escenario 9. Acidificación de solución cianurada por contacto con ácido clorhídrico. Término fuente de 0.831 kg/min de ácido cianhídrico durante 15 min. Zona de Alto Riesgo de 116 m y Zona de Amortiguamiento hasta 219 m. Escenario gobernante por cianuro.....29

II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES

El presente Capítulo determina las zonas de protección que el Proyecto establece en torno a sus instalaciones, entendidas como la superficie del entorno sobre la que un evento de riesgo de los identificados en el apartado I.4.2 del Capítulo I produciría una consecuencia sobre las personas, sobre los bienes o sobre los componentes ambientales. La determinación se resuelve mediante la aplicación de modelos matemáticos de simulación de consecuencias sobre los 9 escenarios de riesgo que la identificación produjo, y la delimitación resultante se expresa en distancias medidas desde el punto de liberación de cada escenario.

La estructura del Capítulo obedece de forma estricta a la establecida en la guía oficial para la presentación del Estudio de Riesgo Ambiental. El apartado II.1 determina los radios potenciales de afectación, con el sustento de las memorias de cálculo de los volúmenes, de los gastos y de los tiempos de fuga alimentados al modelo, con los criterios de afectación por toxicidad, por inflamabilidad y por explosividad que la guía prescribe, y con la representación cartográfica de las zonas obtenidas. El apartado II.2 analiza las interacciones de riesgo dentro de la Zona de Alto Riesgo, con el examen del efecto dominó y con las medidas orientadas a reducir la probabilidad de su ocurrencia. El apartado II.3 identifica y valora los efectos sobre el sistema ambiental y sobre los asentamientos humanos del entorno.

La totalidad de los parámetros que este Capítulo consigna constituye decisión de diseño adoptada por el Proyecto para la capacidad nominal de 2,000 toneladas por día, y guarda correspondencia exacta con las bases de diseño, con los inventarios y con los escenarios de riesgo desarrollados en el Capítulo I.

II.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN

Los radios potenciales de afectación del Proyecto se determinan mediante la aplicación del programa de modelación de consecuencias ALOHA, versión 5.4.7, sobre la totalidad de los 9 escenarios de riesgo identificados. La determinación se practica de forma individual para cada escenario y para cada sustancia peligrosa manejada, y produce para cada uno de ellos 3 distancias correspondientes a los 3 umbrales de exposición aguda de la sustancia liberada.

El punto de liberación de cada escenario se emplaza en la coordenada del equipo o de la línea que la identificación de riesgos designa como elemento castigado, y no en un punto convencional del predio. Esta condición es la que permite que la representación cartográfica del apartado II.1.5 sitúe cada pluma sobre la geometría real de la instalación y que el análisis de interacciones del apartado II.2 opere sobre distancias efectivas entre equipos y no sobre distancias nominales.

II.1.1. Sustento y memorias de cálculo del modelo de simulación

La guía oficial exige que se incluyan las memorias de cálculo de los volúmenes, de los gastos y de los tiempos de fuga alimentados al modelo matemático de simulación, con el objeto de corroborar la congruencia de dichos datos con los resultados presentados. El presente apartado satisface esa exigencia mediante la remisión expresa a la memoria de castigo mecánico del apartado I.4.2.5 del Capítulo I y mediante la transcripción de los valores efectivamente capturados en el programa.

La cadena de cálculo que sustenta cada dato de entrada arranca en la capacidad nominal de la planta de beneficio, de 2,000 toneladas por día sobre 730,000 toneladas por año, y recorre de forma sucesiva el inventario confinado de cada recipiente, el diámetro nominal de cada línea de conducción, la fracción de castigo mecánico que la guía prescribe, el gasto másico de descarga en

fase líquida, la superficie del charco confinado que la contención secundaria delimita y, finalmente, el término fuente de emisión atmosférica que el programa recibe. Ningún dato de entrada procede de valores adoptados por analogía ni de referencias ajenas a la ingeniería del Proyecto.

La distinción entre el gasto másico de descarga y el término fuente atmosférico constituye el eje de la memoria y merece señalamiento expreso. El gasto de descarga es el caudal de solución acuosa que abandona la línea o el recipiente por la abertura castigada, y se confina íntegramente en la contención secundaria. La especie que se dispersa en la atmósfera es exclusivamente la fracción de ácido cianhídrico o de cloruro de hidrógeno que se transfiere desde la superficie libre del charco así formado hacia la fase gaseosa, gobernada por el coeficiente de transferencia de masa y por el área de esa superficie. El término fuente que el programa recibe es, en consecuencia, esta segunda magnitud, y su relación con la primera no es proporcional.

Las expresiones que gobiernan la determinación del gasto másico de descarga sobre las líneas de conducción son las siguientes.

$$[\ Q(m) = C(d) \cdot A(o) \cdot \sqrt{(2 \cdot \rho \cdot \Delta P)}\ ]$$

$$[\ A(o) = (\pi/4) \cdot d(o)^2\ ]$$

$$[\ d(o) = \varphi \cdot d(n)\ ]$$

$$[\ v = C(d) \cdot \sqrt{(2 \cdot \Delta P / \rho)}\ ]$$

$$[\ t(agot) = M(inv) / Q(m)\ ]$$

En estas expresiones Q(m) es el gasto másico de descarga, C(d) es el coeficiente de descarga por orificio adoptado en 0.61, A(o) es el área de la abertura, d(o) es el diámetro de la abertura, d(n) es el diámetro nominal de la tubería, φ es la fracción de castigo mecánico que la guía establece en 0.20 para el Caso Más Probable y en 1.00 para el Peor Caso, ρ es la densidad de la solución, ΔP es la diferencia de presión a través de la abertura, v es la velocidad de descarga, M(inv) es el inventario disponible y t(agot) es el tiempo de agotamiento de ese inventario.

Las expresiones que gobiernan la conversión del derrame confinado en término fuente atmosférico son las siguientes, y distinguen la volatilización del ácido cianhídrico desde solución alcalina de la evaporación del cloruro de hidrógeno desde charco ácido.

$$[\ Q(HCN) = k(L) \cdot A \cdot f(HCN) \cdot C(CN) \cdot 1.0388 \cdot 60 \qquad \text{con } k(L) = 1.0 \times 10^{-5}\ \text{m/s}\ ]$$

$$[\ Q(HCl) = k(g) \cdot A \cdot (M \cdot P) / (R \cdot T) \qquad \text{con } k(g) = 0.010\ \text{m/s};\ M = 0.03646\ \text{kg/mol};\ P = 8\ \text{kPa a } 25\ ^\circ\text{C}\ ]$$

$$[\ f(HCN) = 1 / (1 + 10\text{^}(pH - pKa)) \qquad \text{con } pKa = 9.24 \text{ a } 25\ ^\circ\text{C}\ ]$$

$$[\ A = V / h \qquad \text{con } A \le A(\text{dique})\ ]$$

La aplicación de esta cadena sobre las 2 líneas de conducción de sustancia listada del Proyecto produce los resultados que la tabla siguiente consigna, y que constituyen el sustento de los términos fuente de los escenarios 1, 2, 5 y 6.

Tabla 1: Memoria de cálculo del gasto y del tiempo de fuga de las líneas de conducción de sustancia listada

Parámetro	Línea troncal de cianuro de sodio	Línea de distribución de ácido clorhídrico
Sustancia conducida	Solución de cianuro de sodio al 25 % p/p	Solución de ácido clorhídrico al 32 % p/p
Densidad de la solución	1,130 kg/m³	1,160 kg/m³
Diámetro nominal	DN 80; 76.2 mm	DN 50; 52.5 mm
Diferencial de presión	300 kPa	200 kPa

Parámetro	Línea troncal de cianuro de sodio	Línea de distribución de ácido clorhídrico
Coeficiente de descarga	0.61	0.61
Velocidad de descarga	14.06 m/s	11.33 m/s
Orificio del 20 % del diámetro	15.24 mm	10.5 mm
Área de descarga por orificio	1.824×10^{-4} m²	8.659×10^{-5} m²
Gasto másico por orificio	2.90 kg/s; 173.8 kg/min	1.138 kg/s; 68.3 kg/min
Área de descarga por ruptura total	4.560×10^{-3} m²	2.165×10^{-3} m²
Gasto másico por ruptura total	72.43 kg/s; 4,346 kg/min	28.44 kg/s; 1,707 kg/min
Inventario disponible	56,500 kg	17,400 kg
Tiempo de agotamiento por ruptura total	780 s; 13.0 min	612 s; 10.2 min
Superficie de charco confinado por orificio	92 m²	23.5 m²
Superficie de charco confinado por ruptura total	110 m²	40.0 m²

La aplicación de la hipótesis de liberación masiva sobre los equipos de proceso y los tanques de almacenamiento produce a su vez los volúmenes, las superficies de charco y los tiempos que la tabla siguiente consigna, y que sustentan los términos fuente de los escenarios 3, 4, 7, 8 y 9.

Tabla 2: Memoria de cálculo de los volúmenes y de las superficies de emisión de los equipos de proceso

Elemento	Volumen o inventario liberado	Superficie de emisión	Condición de cálculo
Tren de cianuración; superficie libre de 5 tanques	No aplica; emisión desde superficie libre	203.6 m²	Desviación de la variable de control de pH sobre la pulpa en operación
Tanque de cianuración 400-TK-002	317.6 m³ de pulpa cianurada	479.3 m² con tirante de 0.663 m	Liberación masiva del 100 % del contenido sobre la contención secundaria
Reactores de destrucción de cianuro 500-TK-001	No aplica; emisión desde superficie libre	29.1 m² en 2 reactores	Pérdida de eficiencia con la pulpa a pH 8.0
Recipiente de extracción de carbón 500-V-001	8.0 m³; 8,160 kg de solución a 135 °C	80 m² a 100 °C	Vaporización instantánea del 6.48 % y arrastre de aerosol de igual magnitud
Inventario cianurado del circuito de elución	8.0 m³ con 1.5 kg/m³ de cianuro	Recinto cerrado	Generación estequiométrica por contacto con ácido clorhídrico

El volumen del tanque de cianuración y la geometría del charco resultante se obtienen de las expresiones siguientes.

$$[\ V(\text{tanque}) = (\pi/4) \cdot (7.2)^2 \times 7.8 = 317.6\ \text{m}^3\ ]$$

$$[\ A(\text{charco}) = 479.3\ \text{m}^2 \qquad h = 317.6 / 479.3 = 0.663\ \text{m}\ ]$$

La fracción de vaporización instantánea del recipiente de extracción de carbón, único elemento del circuito que opera por encima de la temperatura de ebullición del agua a presión atmosférica, se obtiene del balance de calor sensible y latente siguiente.

$$[\ f(\text{evaporación}) = c(p) \cdot (T_1 - T(\text{ebullición})) / \lambda(\text{vaporización}) \qquad \text{con } c(p) = 4.18\ \text{kJ/(kg·K)};\ \lambda = 2{,}257\ \text{kJ/kg}\ ]$$

$$[\ f(\text{evaporación}) = 4.18 \times (135 - 100) / 2{,}257 = 0.0648 = 6.48\ \%\ ]$$

$$[\ m(\text{liberada}) = 8.0\ \text{m}^3 \times 1{,}020\ \text{kg/m}^3 = 8{,}160\ \text{kg}\ ]$$

$$[\ m(\text{vaporizada}) = 8{,}160 \times 0.0648 = 529\ \text{kg}\ ]$$

La generación de ácido cianhídrico por contacto entre la solución cianurada y el ácido clorhídrico, que sustenta el escenario 9, se obtiene por estequiometría directa de la reacción de desplazamiento.

$$[\ NaCN + HCl \rightarrow NaCl + HCN\uparrow \qquad m(HCN) = 0.551 \cdot m(NaCN)\ ]$$

$$[\ \text{Inventario cianurado contactado} = 8.0\ m^3 \times 1.5\ kg/m^3 = 12.0\ kg\ de\ CN\ ]$$

$$[\ HCN\ generado = 12.0 \times 1.0388 = 12.47\ kg\ ]$$

$$[\ Q(HCN) = 12.47 / 15\ min = 0.831\ kg/min\ ]$$

Los datos efectivamente capturados en el programa de modelación para cada uno de los 9 escenarios, con la denominación de la sustancia en el idioma que el propio programa exige para su selección en la base de datos química, son los que la tabla siguiente consigna. La tasa de fuga de cada escenario es el término fuente que la memoria precedente sustenta, y el tiempo de fuga es la duración de la liberación que la misma memoria establece.

Tabla 3: Datos de captura en el programa de modelación y masa total liberada por escenario

Esc.	Sustancia a modelar	Substance to model	Tasa de fuga	Tiempo de fuga	Masa total liberada
1	Ácido cianhídrico	Hydrogen cyanide	0.0470 kg/min; 47 g/min	60 min	2.82 kg
2	Ácido cianhídrico	Hydrogen cyanide	0.0562 kg/min; 56.2 g/min	60 min	3.37 kg
3	Ácido cianhídrico	Hydrogen cyanide	0.0518 kg/min; 51.8 g/min	60 min	3.11 kg
4	Ácido cianhídrico	Hydrogen cyanide	0.0664 kg/min; 66.4 g/min	60 min	3.98 kg
5	Cloruro de hidrógeno	Hydrogen chloride	1.66 kg/min	60 min	99.6 kg
6	Cloruro de hidrógeno	Hydrogen chloride	2.83 kg/min	60 min	170 kg
7	Ácido cianhídrico	Hydrogen cyanide	0.0522 kg/min; 52.2 g/min	60 min	3.13 kg
8	Ácido cianhídrico	Hydrogen cyanide	0.108 kg/min; 108 g/min	60 min	6.48 kg
9	Ácido cianhídrico	Hydrogen cyanide	0.831 kg/min; 831 g/min	15 min	12.5 kg

La totalidad de las corridas se configura con fuente directa de tipo continuo y con altura de liberación de 0 m sobre el nivel del terreno. La adopción de altura nula constituye el criterio de castigo aplicable a las liberaciones de este Proyecto, dado que la totalidad de ellas se produce sobre contención secundaria a nivel de piso y no desde chimenea ni desde venteo elevado, condición que suprime toda dilución por elevación de la pluma y sitúa la máxima concentración sobre el plano de respiración del personal.

La masa total liberada de cada escenario, que la tabla precedente consigna en su última columna, corresponde al producto de la tasa de fuga por el tiempo de fuga y constituye la verificación aritmética de la congruencia entre las memorias de cálculo y los datos de entrada. El escenario de mayor masa liberada es el 6, con 170 kg de cloruro de hidrógeno, seguido del quinto con 99.6 kg de la misma sustancia. La masa liberada de ácido cianhídrico no excede en ningún escenario los 12.5 kg del escenario 9.

II.1.1.1. Condiciones meteorológicas adoptadas para la modelación

La guía oficial establece que para todas las modelaciones deben considerarse las condiciones meteorológicas más críticas del sitio con base en la información de los últimos 10 años. Las condiciones adoptadas para la totalidad de las 9 corridas proceden de esa serie y se aplican de

forma idéntica a los 9 escenarios, condición que hace comparables entre sí las distancias obtenidas y que permite que la jerarquización del apartado I.4.2.6 del Capítulo I sea, además de una ordenación de severidad relativa, una ordenación de alcance efectivo.

La velocidad de viento adoptada es de 2.2 m por segundo, medida a 3 m de altura sobre el nivel del terreno, procedente del anemómetro del emplazamiento. Este valor corresponde a la condición de viento bajo del sitio, que es la crítica para la dispersión, dado que la concentración en el eje de la pluma es inversamente proporcional a la velocidad de viento y que, en consecuencia, toda velocidad superior produciría concentraciones menores y distancias más cortas a igual umbral.

La dirección de viento adoptada es del noroeste, que es la dirección predominante del emplazamiento. Esta selección determina la orientación del eje de las plumas hacia el sureste, dirección en la que se localizan la localidad de Tomixtlahuacán a 829.47 m y las 7 calles que le pertenecen entre 859 y 995 m. La adopción de la dirección predominante constituye por tanto el criterio de castigo, y no una selección de conveniencia, dado que orienta la totalidad de las plumas hacia el conjunto de receptores de mayor sensibilidad del entorno.

La temperatura del aire adoptada es de 25 °C y la humedad relativa de 65 %, ambas procedentes de la serie del sitio. La temperatura gobierna la presión de vapor de las especies volátiles y, con ella, el término fuente de las emisiones desde charco; la humedad relativa gobierna la formación de aerosol ácido en el caso del cloruro de hidrógeno y su comportamiento como gas denso.

La cobertura de nubes adoptada es de 5 décimos y la rugosidad del terreno corresponde a campo abierto. La rugosidad de campo abierto es la que produce el mayor alcance de las plumas, por generar la menor turbulencia mecánica y, en consecuencia, la menor dilución transversal; su adopción constituye criterio de castigo frente a la alternativa de rugosidad urbana o de terreno arbolado, que el entorno boscoso del emplazamiento admitiría parcialmente.

La clase de estabilidad atmosférica resultante de la combinación de velocidad de viento, de cobertura de nubes y de las restantes condiciones del sitio es la clase B de la clasificación de Pasquill. No se considera altura de inversión térmica, condición que suprime el confinamiento vertical de la pluma y que permite su dilución libre en la vertical.

La tasa de renovación de aire de la edificación adoptada para la evaluación del refugio en sitio es de 0.42 renovaciones/h, correspondiente a edificación de una planta con protección. Este parámetro no interviene en la determinación de las distancias de las zonas de amenaza, sino en la evaluación de la concentración interior que alcanzaría el personal refugiado, y su consecuencia se desarrolla en el apartado II.3.2.

Tabla 4: Condiciones meteorológicas y de entorno adoptadas para la totalidad de las corridas

Parámetro	Valor adoptado	Efecto sobre el resultado de la modelación
Localidad del emplazamiento	Tomixtlahuacán, Guerrero, México	Fija el emplazamiento del punto de liberación y de los receptores
Velocidad de viento	2.2 m/s medidos a 3 m de altura	Inversamente proporcional a la concentración en el eje de la pluma
Dirección de viento	Del noroeste	Orienta el eje de las plumas hacia el sureste, donde se localizan los receptores poblados
Temperatura del aire	25 °C	Gobierna la presión de vapor y con ella el término fuente de emisión desde charco
Humedad relativa	65 %	Gobierna la formación de aerosol ácido del cloruro de hidrógeno
Cobertura de nubes	5 décimos	Interviene en la determinación de la clase de estabilidad

Rugosidad del terreno	Campo abierto	Produce el mayor alcance por generar la menor turbulencia mecánica
Clase de estabilidad de Pasquill	B	Gobierna los coeficientes de dispersión lateral y vertical
Altura de la capa de inversión	Sin inversión	Suprime el confinamiento vertical y permite la dilución libre en la vertical
Altura de la liberación	0 m sobre el nivel del terreno	Suprime la dilución por elevación y sitúa la máxima concentración sobre el plano de respiración
Renovaciones de aire de edificación	0.42 por hora	Gobierna la concentración interior en la evaluación del refugio en sitio
Duración máxima de liberación	60 min	Límite de cálculo del programa; se aplica a 8 de los 9 escenarios

II.1.1.2. Selección del algoritmo de dispersión por escenario

El programa de modelación resuelve la dispersión mediante 2 algoritmos de naturaleza distinta, y su selección no es discrecional sino que la determina la densidad de la mezcla liberada respecto de la densidad del aire ambiente. El algoritmo gaussiano se aplica a las especies de densidad relativa igual o inferior a la del aire, cuya pluma se comporta como un trazador pasivo transportado por el viento y difundido por la turbulencia atmosférica. El algoritmo de gas denso se aplica a las especies cuya densidad relativa excede a la del aire, cuya pluma desarrolla una fase inicial de deslizamiento gravitacional sobre el terreno antes de incorporarse al régimen de dispersión pasiva.

El ácido cianhídrico presenta una densidad relativa al aire de 0.94, inferior a la unidad, y su dispersión se resuelve en consecuencia mediante el algoritmo gaussiano en los 7 escenarios que lo involucran. El cloruro de hidrógeno presenta una densidad relativa al aire de 1.27, superior a la unidad, y su dispersión se resuelve mediante el algoritmo de gas denso en los 2 escenarios que lo involucran. Esta diferencia de algoritmo es la causa física de que los escenarios de ácido clorhídrico produzcan alcances de orden superior a los de cianuro pese a manejar umbrales de toxicidad menos restrictivos, y constituye el fundamento del resultado de jerarquización del Capítulo I.

La expresión que gobierna la concentración en el eje de la pluma bajo el algoritmo gaussiano, para fuente continua a nivel de terreno, es la siguiente.

$$[\ C(x) = Q / (\pi \cdot u \cdot \sigma(y)(x) \cdot \sigma(z)(x))\ ]$$

$$[\ \text{En el borde de la zona de amenaza:}\quad C(x) = C(\text{umbral})\ ]$$

$$[\ \pi \cdot u \cdot \sigma(y)(x) \cdot \sigma(z)(x) = Q / C(\text{umbral})\ ]$$

En esta expresión C(x) es la concentración a la distancia x sobre el eje de la pluma, Q es el término fuente, u es la velocidad de viento y σ(y) y σ(z) son los coeficientes de dispersión lateral y vertical, que son funciones exclusivas de la distancia y de la clase de estabilidad. Dado que el producto de los coeficientes de dispersión es una función monótona creciente de la distancia, y dado que la velocidad de viento y la clase de estabilidad son idénticas para la totalidad de los escenarios, el orden de las distancias a las que cada escenario alcanza un umbral dado es exactamente el orden del cociente entre su término fuente y ese umbral.

Tabla 5: Algoritmo de dispersión aplicado a cada escenario y fundamento de su selección

Esc.	Sustancia	Densidad relativa al aire	Algoritmo aplicado	Fundamento
1	Ácido cianhídrico	0.94	Gaussiano	Densidad relativa inferior a la unidad; pluma pasiva
2	Ácido cianhídrico	0.94	Gaussiano	Densidad relativa inferior a la unidad;

Esc.	Sustancia	Densidad relativa al aire	Algoritmo aplicado	Fundamento
				pluma pasiva
3	Ácido cianhídrico	0.94	Gaussiano	Densidad relativa inferior a la unidad; pluma pasiva
4	Ácido cianhídrico	0.94	Gaussiano	Densidad relativa inferior a la unidad; pluma pasiva
5	Cloruro de hidrógeno	1.27	Gas denso	Densidad relativa superior a la unidad; deslizamiento gravitacional inicial
6	Cloruro de hidrógeno	1.27	Gas denso	Densidad relativa superior a la unidad; deslizamiento gravitacional inicial
7	Ácido cianhídrico	0.94	Gaussiano	Densidad relativa inferior a la unidad; pluma pasiva
8	Ácido cianhídrico	0.94	Gaussiano	Densidad relativa inferior a la unidad; pluma pasiva
9	Ácido cianhídrico	0.94	Gaussiano	Densidad relativa inferior a la unidad; pluma pasiva

El programa consigna, para los 2 escenarios de cloruro de hidrógeno, la advertencia de que la sustancia puede experimentar ebullición súbita o producir flujo bifásico. Esta advertencia es consistente con la condición de la solución al 32 % en peso, cuya presión de vapor de cloruro de hidrógeno a temperatura ambiente sostiene la emisión desde el charco durante la totalidad del periodo de 60 min, y no modifica la selección del algoritmo de gas denso ni el término fuente adoptado.

II.1.1.3. Verificación de la congruencia entre las memorias de cálculo y los datos de entrada

La guía oficial condiciona la aceptación de los resultados de la modelación a la corroboración de la congruencia entre los datos de volúmenes, de gastos y de tiempos de fuga alimentados al modelo y las memorias de cálculo que los sustentan. El presente apartado practica esa corroboración de forma explícita y elemento por elemento, con el objeto de que el evaluador disponga de la cadena completa sin necesidad de reconstruirla.

La verificación se practica sobre 4 planos. El primero es la trazabilidad del inventario, que confronta el inventario de cada recipiente que el término fuente supone con el que el inventario maestro de recipientes del Capítulo I consigna. El segundo es la trazabilidad geométrica, que confronta el diámetro nominal y la superficie de emisión que el cálculo emplea con las dimensiones que el propio inventario maestro establece. El tercero es la trazabilidad aritmética, que verifica el producto de la tasa de fuga por el tiempo de fuga contra la masa total liberada que el programa reporta. El cuarto es la trazabilidad de la especiación, que verifica la fracción molecular de ácido cianhídrico adoptada contra el pH de operación del nodo correspondiente.

Tabla 6: Verificación de la trazabilidad del inventario y de la geometría de cada escenario

Esc.	Elemento de origen	Inventario o dimensión que el cálculo supone	Apartado del Capítulo I que lo establece	Resultado de la verificación
1 y 2	Línea troncal de solución de cianuro de sodio	DN 80; 76.2 mm; inventario de 50 m³ a 1,130 kg/m³ igual a 56,500 kg	I.1.1.7; tanque 400-TK-003 de 3.9 por 4.2 m y 50 m³	Congruente

Esc.	Elemento de origen	Inventario o dimensión que el cálculo supone	Apartado del Capítulo I que lo establece	Resultado de la verificación
3	Tren de cianuración; superficie libre de 5 tanques	203.6 m² de superficie libre y 350 mg/L de cianuro libre	I.1.1.5; 5 tanques 400-TK-002 de 7.2 por 7.8 m	Congruente
4	Tanque de cianuración 400-TK-002	317.6 m³ de contenido y charco de 479.3 m² con tirante de 0.663 m	I.1.1.5; volumen unitario de 317.6 m³	Congruente
5 y 6	Línea de distribución de ácido clorhídrico	DN 50; 52.5 mm; inventario de 15 m³ a 1,160 kg/m³ igual a 17,400 kg	I.1.1.7; tanque 500-TK-005 de 2.6 por 2.8 m y 15 m³	Congruente
7	Reactores de destrucción de cianuro 500-TK-001	29.1 m² de superficie libre en 2 reactores y pH de 8.0 a 8.5	I.1.1.7; 2 reactores de 4.3 por 4.6 m y 66.8 m³ cada uno	Congruente
8	Recipiente de extracción de carbón 500-V-001	8.0 m³ de solución a 1,020 kg/m³; 135 °C y 550 kPa manométricos	I.1.1.6; recipiente de 1.6 por 4.7 m y 9.5 m³	Congruente
9	Inventario cianurado del circuito de elución	8.0 m³ con 1.5 kg/m³ de cianuro; 12.0 kg de cianuro contactado	I.1.1.6; recipiente de lavado ácido 500-TK-003 de 8.0 m³	Congruente

La verificación aritmética del producto de la tasa de fuga por el tiempo de fuga contra la masa total liberada que el programa reporta produce el resultado siguiente, con desviación nula en los 9 escenarios dentro de la precisión de 3 cifras significativas con la que el programa reporta.

Tabla 7: Verificación aritmética de la masa total liberada de cada escenario

Esc.	Tasa de fuga	Tiempo de fuga	Producto calculado	Masa reportada por el programa	Desviación
1	0.0470 kg/min	60 min	2.820 kg	2.82 kg	Nula
2	0.0562 kg/min	60 min	3.372 kg	3.37 kg	Nula
3	0.0518 kg/min	60 min	3.108 kg	3.11 kg	Nula
4	0.0664 kg/min	60 min	3.984 kg	3.98 kg	Nula
5	1.66 kg/min	60 min	99.60 kg	99.6 kg	Nula
6	2.83 kg/min	60 min	169.8 kg	170 kg	Nula
7	0.0522 kg/min	60 min	3.132 kg	3.13 kg	Nula
8	0.108 kg/min	60 min	6.480 kg	6.48 kg	Nula
9	0.831 kg/min	15 min	12.47 kg	12.5 kg	Nula

La verificación de la especiación se practica sobre la relación entre el pH de operación de cada nodo y la fracción molecular de ácido cianhídrico que de él resulta, conforme a la ecuación de disociación que el apartado II.1.1 estableció. Los valores que gobiernan los escenarios de cianuro son los siguientes, y su congruencia con las consignas de operación que el Capítulo I establece queda acreditada en la última columna.

Tabla 8: Verificación de la especiación del cianuro en función del pH de cada nodo

pH de la solución	Fracción molecular como ácido cianhídrico	Nodo o condición asociada	Escenario que la emplea
13.0	0.017 %	Solución de elución con 1.25 % de sosa cáustica	8
11.5	0.547 %	Solución concentrada de cianuro en almacenamiento	1 y 2
11.0	1.708 %	Consigna del tanque de ajuste de pH	3, en condición de diseño
10.5	5.209 %	Umbral de disparo del enclavamiento de corte de cianuro	3, en condición de disparo
9.50	35.465 %	Desviación severa del	3 y 4, en condición de

pH de la solución	Fracción molecular como ácido cianhídrico	Nodo o condición asociada	Escenario que la emplea
		control de pH	deriva
8.50	84.605 %	Banda superior del circuito de destrucción	7
8.00	94.559 %	Banda inferior del circuito de destrucción	7
7.00	99.428 %	Acidificación por contacto con ácido fuerte	9

La congruencia de la cadena completa queda por tanto acreditada sobre los 4 planos de verificación. Ningún dato de entrada del modelo carece de sustento en la ingeniería del Proyecto, y ninguna magnitud reportada por el programa se aparta del valor que la memoria de cálculo predice.

II.1.2. Criterios de afectación por toxicidad

La guía oficial establece que, para definir y justificar las zonas de protección en torno al proyecto por el criterio de toxicidad expresada como concentración atmosférica, la Zona de Alto Riesgo se determina mediante el valor de concentración inmediatamente peligrosa para la vida y la salud, conocido por sus siglas en inglés como IDLH, y la Zona de Amortiguamiento mediante el valor umbral límite de exposición para jornada de 8 h, conocido por sus siglas en inglés como TLV-8. Ambos criterios se aplican en el presente Capítulo en los términos que este apartado desarrolla.

El valor IDLH corresponde a la concentración máxima de una sustancia a la que un trabajador puede quedar expuesto durante 30 min sin sufrir efectos irreversibles sobre la salud ni efectos que le impidan escapar por sus propios medios. Su naturaleza es la de un umbral de escape, y su aplicación a la delimitación de la Zona de Alto Riesgo obedece a que dentro de esa superficie la permanencia sin protección respiratoria compromete la capacidad de evacuación de las personas. El valor TLV-8 corresponde a la concentración media ponderada en el tiempo a la que la práctica totalidad de los trabajadores puede quedar expuesta de forma repetida durante una jornada de 8 h sin efecto adverso. Su naturaleza es la de un umbral de exposición crónica ocupacional, y su aplicación a la delimitación de la Zona de Amortiguamiento obedece a que fuera de esa superficie la exposición carece de significación toxicológica aun en régimen prolongado.

II.1.2.1. Equivalencia entre los umbrales de la guía y los umbrales de exposición aguda

La modelación de consecuencias del Proyecto se resuelve sobre los umbrales de exposición aguda conocidos por sus siglas en inglés como AEGL, que constituyen el conjunto de referencia que el programa de modelación incorpora en su base de datos química y que la práctica internacional del análisis de consecuencias ha adoptado. La correspondencia entre uno y otro conjunto de umbrales es la que este apartado establece de forma expresa, y es la que permite que las distancias obtenidas de la modelación se traduzcan de forma directa en las zonas que la guía exige.

El umbral de exposición aguda de tercer nivel, o AEGL-3, corresponde a la concentración por encima de la cual la exposición durante el periodo de referencia produce efectos que amenazan la vida o la muerte. El umbral de segundo nivel, o AEGL-2, corresponde a la concentración por encima de la cual la exposición produce efectos adversos irreversibles, de larga duración, o que comprometen la capacidad de escape. El umbral de primer nivel, o AEGL-1, corresponde a la concentración por encima de la cual la exposición produce molestia sensible, irritación o efectos no sensoriales asintomáticos, todos ellos transitorios y reversibles al cesar la exposición.

La comparación de definiciones establece que el umbral de segundo nivel a 60 min es el equivalente funcional del valor IDLH, dado que ambos se definen por la pérdida de la capacidad de

escape y por la aparición de efectos irreversibles, y que el umbral de primer nivel a 60 min es el equivalente funcional del valor TLV-8 en su aplicación a una liberación accidental, dado que ambos delimitan el inicio del efecto perceptible sin consecuencia sobre la salud. La adopción de esta equivalencia produce, para las 2 sustancias del alcance, un criterio de castigo respecto de la aplicación literal de los valores IDLH y TLV-8, en los términos que la tabla siguiente cuantifica.

Tabla 9: Umbrales de toxicidad de las sustancias del alcance y equivalencia adoptada

Parámetro	Ácido cianhídrico	Cloruro de hidrógeno	Criterio de aplicación
Fórmula	HCN	HCl	Identificación de la especie
Número CAS	74-90-8	7647-01-0	Identificación normalizada
Masa molecular	27.03 g/mol	36.46 g/mol	Conversión entre partes por millón y miligramos por metro cúbico
Estado a 25 °C	Líquido volátil	Gas	Determina la vía de liberación
Punto de ebullición normal	23.1 °C	−86.8 °C	Condiciona la volatilidad a temperatura ambiente
Densidad relativa al aire	0.94	1.27	Determina el algoritmo de dispersión
Umbral de primer nivel a 60 min	2.0 ppm	1.8 ppm	Zona de Amortiguamiento
Umbral de segundo nivel a 60 min	7.1 ppm	22 ppm	Zona de Alto Riesgo
Umbral de tercer nivel a 60 min	15 ppm	100 ppm	Zona de consecuencia letal; se reporta y no delimita zona
Concentración inmediatamente peligrosa para la vida y la salud	50 ppm	50 ppm	Valor de referencia de la guía; el umbral de segundo nivel resulta más restrictivo
Concentración de saturación ambiente	1,000,000 ppm; 100.0 %	No aplica	Acredita la volatilidad total del ácido cianhídrico a temperatura ambiente
Estado del valor de los umbrales	Final	Final	Umbrales definitivos, no provisionales

La consecuencia cuantitativa de la equivalencia adoptada es la siguiente. Para el ácido cianhídrico, el umbral de segundo nivel de 7.1 ppm es 7.04 veces más restrictivo que el valor IDLH de 50 ppm, de modo que la Zona de Alto Riesgo que el presente Capítulo delimita es sensiblemente mayor que la que resultaría de la aplicación literal del valor de la guía. Para el cloruro de hidrógeno, el umbral de segundo nivel de 22 ppm es 2.27 veces más restrictivo que el valor IDLH de 50 ppm, con idéntica consecuencia. La delimitación que este Capítulo establece es, por tanto, conservadora respecto del criterio reglamentario, y no una atenuación de él.

II.1.2.2. Zonas de amenaza obtenidas de la modelación

La aplicación del modelo sobre los 9 escenarios con las condiciones meteorológicas y los términos fuente que el apartado II.1.1 sustenta produce, para cada escenario, 3 distancias correspondientes a los 3 umbrales de exposición aguda de la sustancia liberada. El programa designa estas 3 distancias mediante los colores rojo, naranja y amarillo, correspondientes de forma respectiva a los umbrales de tercer, segundo y primer nivel. Los resultados de la totalidad de las corridas son los siguientes.

Tabla 10: Zonas de amenaza obtenidas de la modelación de consecuencias, por escenario y por umbral

Esc.	Sustancia	Término fuente	Modelo	Zona roja; tercer nivel	Zona naranja; segundo nivel	Zona amarilla; primer nivel
1	Ácido cianhídrico	0.0470 kg/min	Gaussiano	19 m a 15 ppm	27 m a 7.1 ppm	52 m a 2 ppm
2	Ácido cianhídrico	0.0562 kg/min	Gaussiano	20 m a 15 ppm	30 m a 7.1 ppm	56 m a 2 ppm
3	Ácido cianhídrico	0.0518 kg/min	Gaussiano	20 m a 15 ppm	29 m a 7.1 ppm	55 m a 2 ppm
4	Ácido cianhídrico	0.0664 kg/min	Gaussiano	22 m a 15 ppm	33 m a 7.1 ppm	61 m a 2 ppm
5	Cloruro de hidrógeno	1.66 kg/min	Gas denso	76 m a 100 ppm	166 m a 22 ppm	617 m a 1.8 ppm
6	Cloruro de hidrógeno	2.83 kg/min	Gas denso	100 m a 100 ppm	220 m a 22 ppm	814 m a 1.8 ppm
7	Ácido cianhídrico	0.0522 kg/min	Gaussiano	20 m a 15 ppm	29 m a 7.1 ppm	55 m a 2 ppm
8	Ácido cianhídrico	0.108 kg/min	Gaussiano	28 m a 15 ppm	42 m a 7.1 ppm	78 m a 2 ppm
9	Ácido cianhídrico	0.831 kg/min	Gaussiano	80 m a 15 ppm	116 m a 7.1 ppm	219 m a 2 ppm

El programa consigna, para los 7 escenarios de ácido cianhídrico cuyas zonas roja y naranja no exceden los 42 m, la nota de que dichas zonas no se trazan en la representación gráfica porque los efectos de heterogeneidad de campo cercano hacen menos confiable la predicción de dispersión a distancias cortas. Esta nota no invalida el valor numérico de la distancia, que el propio programa reporta, sino que advierte que en el campo próximo a la fuente la concentración real presenta una estructura de bolsas y filamentos que el promedio del modelo no reproduce. La consecuencia práctica de esta advertencia es de refuerzo del criterio de castigo: dentro de esas distancias la concentración instantánea puede exceder puntualmente a la que el modelo predice, condición que este Capítulo resuelve mediante la exigencia de protección respiratoria en la totalidad de la superficie del recinto de proceso y no únicamente dentro de la zona calculada.

II.1.2.3. Delimitación de la Zona de Alto Riesgo y de la Zona de Amortiguamiento

La aplicación de la equivalencia de umbrales sobre los resultados de la modelación produce la delimitación de las 2 zonas que la guía exige. La Zona de Alto Riesgo de cada escenario es la superficie comprendida dentro de la distancia correspondiente al umbral de segundo nivel, y la Zona de Amortiguamiento es la corona comprendida entre esa distancia y la correspondiente al umbral de primer nivel. La delimitación resultante, ordenada de mayor a menor alcance, es la siguiente.

Tabla 11: Delimitación de la Zona de Alto Riesgo y de la Zona de Amortiguamiento por escenario

Esc.	Descripción del escenario	Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento	Ancho de la corona
6	Ruptura total de línea de ácido clorhídrico	220 m	De 220 a 814 m	594 m
5	Fuga en línea de ácido clorhídrico	166 m	De 166 a 617 m	451 m
9	Acidificación de solución cianurada por ácido clorhídrico	116 m	De 116 a 219 m	103 m
8	Descarga del recipiente de extracción de carbón	42 m	De 42 a 78 m	36 m

Esc.	Descripción del escenario	Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento	Ancho de la corona
4	Falla catastrófica de tanque de cianuración	33 m	De 33 a 61 m	28 m
2	Ruptura total de línea de solución de cianuro	30 m	De 30 a 56 m	26 m
3	Pérdida de control de pH en el tren de cianuración	29 m	De 29 a 55 m	26 m
7	Pérdida de eficiencia del circuito de destrucción	29 m	De 29 a 55 m	26 m
1	Fuga en línea de solución de cianuro de sodio	27 m	De 27 a 52 m	25 m

La envolvente de la instalación queda definida por el escenario 6, correspondiente a la ruptura total de la línea de distribución de ácido clorhídrico. Su Zona de Alto Riesgo alcanza 220 m desde el punto de liberación y su Zona de Amortiguamiento se extiende hasta 814 m. Esta distancia constituye el radio potencial de afectación máximo del Proyecto y es la que gobierna la totalidad del análisis de los apartados II.2 y II.3.

La estructura de la delimitación acredita una asimetría de comportamiento entre las 2 sustancias que merece señalamiento. En los escenarios de ácido cianhídrico el ancho de la corona de amortiguamiento es del orden de la propia Zona de Alto Riesgo, con una razón entre la distancia del umbral de primer nivel y la del umbral de segundo nivel comprendida entre uno punto 8 y uno punto 9. En los escenarios de cloruro de hidrógeno esa razón se eleva a 3.7, de modo que la corona de amortiguamiento es aproximadamente 3 veces y media más ancha que la Zona de Alto Riesgo. La causa de esta asimetría es el comportamiento como gas denso del cloruro de hidrógeno, cuya pluma desarrolla una fase inicial de deslizamiento gravitacional que la mantiene confinada sobre el terreno y que retrasa su dilución vertical, sosteniendo concentraciones bajas a distancias largas.

La consecuencia de esta asimetría sobre la gestión del riesgo es directa y determina el planteamiento de los apartados siguientes. En los escenarios de cianuro, el problema es de exposición aguda del personal de operación dentro del propio recinto de proceso, y su control corresponde a la detección fija de gas, a la protección respiratoria y a la evacuación. En los escenarios de ácido clorhídrico, el problema incorpora además la exposición de baja concentración de receptores externos situados a distancias de varios centenares de metros, y su control corresponde a la supresión de la liberación en su origen y al aviso a la población, cuya infraestructura el Capítulo I desarrolla en su apartado de sistemas auxiliares de alerta.

II.1.2.4. Conversión de unidades y relación dosis-respuesta de las especies liberadas

Los umbrales de exposición aguda se expresan en partes por millón en volumen, que es la unidad que el programa de modelación emplea. Su conversión a concentración másica, necesaria para la comparación con los criterios expresados en miligramos por metro cúbico y para el dimensionamiento de los medios de protección respiratoria, se resuelve mediante la expresión siguiente para las condiciones de temperatura y presión del emplazamiento.

$$[\ C(mg/m^3) = C(ppm) \cdot M / V(m) \qquad \text{con } V(m) = 24.45 \text{ L/mol a } 25\ ^\circ\text{C y 1 atm}\ ]$$

$$[\ C(mg/m^3) = C(ppm) \cdot M / 24.45\ ]$$

La aplicación de esta conversión sobre los umbrales de las 2 especies del alcance produce los valores que la tabla siguiente consigna, y que constituyen la referencia para la especificación de los detectores fijos y de los equipos de protección respiratoria del Proyecto.

Tabla 12: Conversión de los umbrales de exposición aguda a concentración másica

Umbral	Ácido cianhídrico en ppm	Ácido cianhídrico en mg/m³	Cloruro de hidrógeno en ppm	Cloruro de hidrógeno en mg/m³
Primer nivel a 60 min	2.0	2.21	1.8	2.68
Segundo nivel a 60 min	7.1	7.85	22	32.81
Tercer nivel a 60 min	15	16.58	100	149.12
Concentración inmediatamente peligrosa para la vida y la salud	50	55.28	50	74.56
Alarma de campo de la red de detección	4.7	5.20	No instrumentado	No instrumentado
Alarma crítica de la red de detección	10	11.06	No instrumentado	No instrumentado

La relación dosis-respuesta de las 2 especies presenta diferencias que condicionan la naturaleza de la consecuencia y que este apartado consigna de forma expresa. El ácido cianhídrico actúa por inhibición de la citocromo oxidasa mitocondrial, con bloqueo de la respiración celular y aparición de efecto sistémico sin signo previo de irritación local. Su curva de dosis-respuesta es abrupta: la razón entre el umbral de tercer nivel y el de primer nivel es de 7.5, de modo que el intervalo que separa la molestia sensible de la consecuencia letal es estrecho. Esta condición determina que la detección deba anticiparse al umbral y no acompañarlo, y es la que fundamenta el escalonamiento de la alarma de campo en 4.7 ppm, por debajo del umbral de segundo nivel.

El cloruro de hidrógeno actúa por irritación directa de las mucosas del tracto respiratorio superior, con aparición inmediata de signo perceptible a concentraciones muy inferiores a la de consecuencia sistémica. Su curva de dosis-respuesta es tendida: la razón entre el umbral de tercer nivel y el de primer nivel es de 55.6, más de 7 veces la del ácido cianhídrico. Esta condición determina que la propia percepción sensorial del expuesto constituya un mecanismo de alerta eficaz, y que la consecuencia sobre la población del entorno situada en la Zona de Amortiguamiento sea de molestia perceptible y no de daño.

[Razón de la curva de dosis-respuesta del HCN: 15 ppm / 2.0 ppm = 7.5]

[Razón de la curva de dosis-respuesta del HCl: 100 ppm / 1.8 ppm = 55.6]

II.1.3. Criterios de afectación por inflamabilidad

La guía oficial establece que, para definir y justificar las zonas de protección en torno al proyecto por el criterio de inflamabilidad expresada como radiación térmica, la Zona de Alto Riesgo se determina mediante el radio en el que la radiación térmica incidente alcanza los 5.0 kilovatios por metro cuadrado y la Zona de Amortiguamiento mediante el radio en el que dicha radiación alcanza los 1.4 kilovatios por metro cuadrado. Estos 2 umbrales se adoptan de forma estricta y sin atenuación como criterio del presente Capítulo.

El fundamento fisiológico de ambos umbrales es el siguiente. El umbral de 5.0 kilovatios por metro cuadrado corresponde a la intensidad de radiación que produce quemadura de segundo grado sobre piel desnuda tras una exposición del orden de decenas de segundos, y que la propia guía identifica de forma expresa como la condición que no debe excederse durante varios segundos. Su aplicación a la delimitación de la Zona de Alto Riesgo obedece a que dentro de esa superficie la permanencia sin protección produce lesión incapacitante en un tiempo inferior al necesario para la

evacuación. El umbral de 1.4 kilovatios por metro cuadrado corresponde a la intensidad que produce dolor tras exposición prolongada sin causar lesión, y es del orden de la radiación solar directa en condición de cielo despejado; su aplicación a la delimitación de la Zona de Amortiguamiento obedece a que fuera de esa superficie la radiación carece de consecuencia sobre las personas.

II.1.3.1. Formulación aplicable a los fenómenos de fuego

La determinación de los radios de afectación por radiación térmica se resuelve mediante el modelo de fuente sólida equivalente, que representa la llama como un cuerpo geométrico radiante de poder emisivo superficial uniforme y calcula la intensidad incidente sobre un receptor mediante el factor de vista geométrico entre la superficie emisora y el receptor, afectado por la transmisividad atmosférica. La expresión general es la siguiente.

$$[\ I(x) = E(s) \cdot F(v)(x) \cdot \tau(a)(x)\ ]$$

$$[\ E(s) = \eta \cdot m(c) \cdot \Delta H(c) / A(\text{llama})\ ]$$

$$[\ \tau(a)(x) = 2.02 \cdot (P(w) \cdot x)^{(-0.09)}\ ]$$

$$[\ I(\text{alto riesgo}) = 5.0\ \text{kW/m}^2 \qquad I(\text{amortiguamiento}) = 1.4\ \text{kW/m}^2\ ]$$

En estas expresiones I(x) es la intensidad de radiación incidente a la distancia x, E(s) es el poder emisivo superficial de la llama, F(v) es el factor de vista geométrico entre la superficie de la llama y el receptor, τ(a) es la transmisividad atmosférica, η es la fracción de la energía de combustión emitida como radiación, m(c) es el gasto másico de combustible, ΔH(c) es el calor de combustión, A(llama) es el área de la superficie radiante y P(w) es la presión parcial del vapor de agua en la atmósfera.

Los fenómenos de fuego cuya modelación la guía contempla son el dardo de fuego, que se produce cuando un gas inflamable a presión se libera por una abertura y se inflama de inmediato formando una llama turbulenta orientada según el eje de la descarga, y la bola de fuego por expansión explosiva de vapor de líquido en ebullición, que se produce cuando un recipiente que contiene un líquido inflamable por encima de su punto de ebullición normal falla de forma catastrófica y su contenido se vaporiza e inflama de forma súbita. Para el primero, la geometría radiante es un cilindro inclinado; para el segundo, una esfera cuyo diámetro y duración son funciones de la masa involucrada, conforme a las expresiones siguientes.

$$[\ D(\text{bola}) = 5.8 \cdot M^{(1/3)}\ ]$$

$$[\ t(\text{bola}) = 0.45 \cdot M^{(1/3)} \qquad \text{para } M < 30{,}000\ \text{kg}\ ]$$

$$[\ H(\text{centro}) = 0.75 \cdot D(\text{bola})\ ]$$

En estas expresiones D(bola) es el diámetro de la bola de fuego en metros, M es la masa de combustible involucrada en kilogramos, t(bola) es la duración del fenómeno en segundos y H(centro) es la altura del centro de la esfera sobre el nivel del terreno.

II.1.3.2. Evaluación de la aplicabilidad al Proyecto

La aplicación de los criterios precedentes a las sustancias que el Proyecto maneja exige la verificación previa de la concurrencia de las 3 condiciones necesarias de todo fenómeno de fuego: la presencia de una sustancia inflamable, la existencia de una mezcla con el aire dentro del intervalo de inflamabilidad, y la disponibilidad de una fuente de ignición de energía suficiente. La verificación se practica sobre las 2 sustancias del alcance de modelación y sobre el conjunto de los inventarios del Proyecto.

El cloruro de hidrógeno no es una sustancia inflamable. Carece de límite inferior y de límite superior de explosividad y no participa en reacción de combustión con el oxígeno atmosférico. La primera condición necesaria no concurre, y en consecuencia los escenarios 5 y 6 no producen radio de afectación alguno por radiación térmica.

El ácido cianhídrico sí es una sustancia inflamable. Su límite inferior de explosividad es de 5.6 % en volumen, equivalente a 56,000 ppm, su límite superior es de 40.0 % en volumen, equivalente a 400,000 ppm, y su temperatura de autoignición es de 538 °C. La primera condición necesaria concurre, y procede en consecuencia la verificación de la segunda.

La verificación de la segunda condición se resuelve por comparación entre la concentración máxima que los escenarios del Proyecto producen y el límite inferior de explosividad. La concentración de referencia de la modelación es el umbral de exposición aguda de tercer nivel del ácido cianhídrico, de 15 ppm, que delimita la superficie de consecuencia letal por toxicidad. La razón entre el límite inferior de explosividad y ese umbral es la siguiente.

[56,000 ppm / 15 ppm = 3,733]

[56,000 ppm / 10 ppm = 5,600 respecto de la alarma crítica de la red de detección]

[56,000 ppm / 7.1 ppm = 7,887 respecto del umbral que delimita la Zona de Alto Riesgo]

La concentración necesaria para alcanzar el límite inferior de explosividad excede en 3,733 veces a la concentración que produce la muerte por toxicidad, en 5,600 veces a la concentración que dispara la alarma crítica de la red de detección de gases del Área 400, y en 7,887 veces a la concentración que delimita la Zona de Alto Riesgo. Ningún punto del recinto de proceso, en ninguno de los 9 escenarios modelados, alcanza una concentración que se aproxime en 3 órdenes de magnitud al límite inferior de explosividad. La segunda condición necesaria no concurre, y en consecuencia los 7 escenarios de ácido cianhídrico no producen radio de afectación alguno por radiación térmica.

Este resultado es la expresión cuantitativa de una condición estructural de la instalación que el Capítulo I establece en su apartado I.4.2.1 y que conviene reiterar aquí de forma expresa: la consecuencia tóxica del ácido cianhídrico se materializa a concentraciones 3 órdenes y medio de magnitud inferiores a las que tendrían significación inflamable, de modo que la persona expuesta habría sucumbido por toxicidad mucho antes de que la atmósfera alcanzase condición de mezcla explosiva. La inflamabilidad del ácido cianhídrico es, para este Proyecto, una propiedad sin consecuencia práctica.

La verificación se extiende, por exhaustividad, al conjunto de los inventarios del Proyecto ajenos al alcance de modelación. La instalación no almacena ni maneja gas licuado de petróleo, gas natural, hidrógeno a presión ni hidrocarburo líquido en cantidad y condición que produzca dardo de fuego o bola de fuego. El único inventario de líquido combustible es el de combustible de los hornos y el del motor diésel de la bomba de incendio, cuyo escenario de incendio de charco es el que gobierna el dimensionamiento del sistema contra incendio del apartado I.1.3 del Capítulo I y cuya consecuencia se confina dentro del propio recinto por acción de la contención y de la supresión fija con espuma mecánica. Las celdas de electrodeposición generan hidrógeno por electrólisis, condición que el Capítulo I resuelve mediante detección de hidrógeno y dilución por ventilación forzada, y que impide por diseño la formación de atmósfera explosiva.

Tabla 13: Evaluación de la aplicabilidad del criterio de radiación térmica por sustancia

Sustancia	¿Inflamable?	Límite inferior de explosividad	Concentración máxima del escenario	Razón entre ambas	Radio por radiación térmica
Cloruro de hidrógeno	No	No aplica	100 ppm en la zona roja del escenario 6	No aplica	No se genera
Ácido cianhídrico	Sí	56,000 ppm; 5.6 % vol.	15 ppm en la zona roja de los escenarios de cianuro	3,733 veces	No se genera
Cianuro de sodio en solución	No	No aplica	No aplica; sustancia no volátil	No aplica	No se genera
Combustible de hornos y de bomba de incendio	Sí	Aplicable al líquido	Confinado en contención con supresión fija	No aplica	Confinado al recinto; gobierna el sistema contra incendio del apartado I.1.3

La conclusión del presente apartado es categórica. El Proyecto Ana Paula no genera radios potenciales de afectación por inflamabilidad, y en consecuencia no se delimitan Zona de Alto Riesgo ni Zona de Amortiguamiento por el criterio de radiación térmica de 5.0 y 1.4 kilovatios por metro cuadrado. Esta conclusión no obedece a la omisión del análisis sino a su ejecución, y queda sustentada en la verificación cuantitativa que este apartado desarrolla.

II.1.4. Criterios de afectación por explosividad

La guía oficial establece que, para las simulaciones por explosividad, deberá considerarse en la determinación de las Zonas de Alto Riesgo y de Amortiguamiento el 10 % de la energía total liberada, y que la Zona de Alto Riesgo se delimita en el radio en el que la sobrepresión de la onda de choque alcanza 1.0 libra por pulgada cuadrada y la Zona de Amortiguamiento en el radio en el que dicha sobrepresión alcanza 0.5 libra por pulgada cuadrada. Los 3 criterios se adoptan de forma estricta y sin atenuación en el presente Capítulo.

El fundamento del factor de rendimiento de 10 % es el siguiente. La energía químicamente disponible en una nube de vapor inflamable excede en varios órdenes de magnitud a la que efectivamente se convierte en onda de presión, dado que la mayor parte de ella se disipa como radiación térmica y como expansión de los productos de combustión sin generar sobrepresión apreciable. La práctica reglamentaria resuelve esta condición mediante la adopción de un factor de rendimiento, que la guía fija en el 10 % de la energía total liberada, valor que se sitúa en el extremo conservador del intervalo que la literatura de análisis de consecuencias reporta para explosiones de nube de vapor no confinada.

El fundamento de los 2 umbrales de sobrepresión es el siguiente. La sobrepresión de 1.0 libra por pulgada cuadrada, equivalente a 6.9 kilopascales, corresponde a la intensidad que produce la rotura generalizada de los vidrios de las edificaciones con proyección de fragmentos y el colapso parcial de elementos no estructurales ligeros, y constituye el umbral por debajo del cual la lesión a las personas por efecto directo de la onda es improbable. La sobrepresión de 0.5 libra por pulgada cuadrada, equivalente a 3.4 kilopascales, corresponde a la intensidad que produce la rotura ocasional de vidrios sin proyección significativa y carece de consecuencia estructural.

II.1.4.1. Formulación aplicable a los fenómenos de sobrepresión

La determinación de los radios de afectación por sobrepresión se resuelve mediante el método de la masa equivalente de trinitrotolueno, que convierte la energía efectivamente disponible para la generación de onda en una masa equivalente de explosivo de referencia y obtiene la distancia a

cada umbral de sobrepresión mediante la ley de escalamiento cúbico. Las expresiones son las siguientes.

$$[\ E(\text{total}) = M(\text{combustible}) \cdot \Delta H(c)\ ]$$

$$[\ W(\text{TNT}) = \eta(e) \cdot E(\text{total}) / \Delta H(\text{TNT}) \qquad \text{con } \eta(e) = 0.10 \text{ y } \Delta H(\text{TNT}) = 4{,}680 \text{ kJ/kg}\ ]$$

$$[\ Z = R / W(\text{TNT})^{(1/3)}\ ]$$

$$[\ R(1.0 \text{ psi}) = Z(1.0) \cdot W(\text{TNT})^{(1/3)} \qquad R(0.5 \text{ psi}) = Z(0.5) \cdot W(\text{TNT})^{(1/3)}\ ]$$

En estas expresiones E(total) es la energía total liberada, M(combustible) es la masa de sustancia inflamable que participa en la nube, ΔH(c) es su calor de combustión, W(TNT) es la masa equivalente de trinitrotolueno, η(e) es el factor de rendimiento que la guía fija en 0.10, ΔH(TNT) es el calor de detonación del explosivo de referencia, Z es la distancia escalada de Hopkinson y R es la distancia real a la que se alcanza el umbral de sobrepresión correspondiente.

El método exige, para su aplicación, la determinación previa de la masa de sustancia inflamable que efectivamente participa en la nube. Esta masa no es la del inventario total del recipiente, sino exclusivamente la fracción que se encuentra en fase gaseosa dentro del intervalo de inflamabilidad en el instante de la ignición. Su determinación constituye por tanto la condición previa de todo el cálculo, y es la que el apartado siguiente resuelve para el Proyecto.

II.1.4.2. Evaluación de la aplicabilidad al Proyecto

La aplicación del criterio de explosividad a las instalaciones del Proyecto exige la verificación de la concurrencia de las condiciones necesarias de todo fenómeno de sobrepresión: la existencia de una masa de sustancia inflamable en fase gaseosa dentro del intervalo de inflamabilidad, la presencia de una fuente de ignición, y, para las explosiones confinadas, la existencia de un volumen cerrado capaz de sostener el desarrollo de la presión. La verificación se practica sobre 3 supuestos distintos.

El primer supuesto es la explosión de nube de vapor no confinada de ácido cianhídrico. Su verificación se resuelve por la misma vía que el apartado II.1.3.2 desarrolla: la formación de una nube dentro del intervalo de inflamabilidad exige una concentración mínima de 56,000 ppm, que excede en 3,733 veces a la concentración de consecuencia letal por toxicidad y que ninguno de los 9 escenarios modelados produce ni se aproxima a producir. La masa de sustancia inflamable dentro del intervalo de inflamabilidad es nula en la totalidad de los escenarios, la energía total liberada es en consecuencia nula, y el método no produce radio alguno.

El segundo supuesto es la explosión confinada dentro de un recipiente de proceso. Su verificación exige el examen del único recipiente del circuito que opera fuera de las condiciones ambientales, que es el recipiente de extracción de carbón. Este recipiente opera a 135 °C y a 550 kilopascales manométricos, contiene solución acuosa de cianuro al 0.15 % y de sosa cáustica al 1.25 %, y no aloja atmósfera inflamable: la fase gaseosa en su interior es vapor de agua en equilibrio con la solución, y el ácido cianhídrico que la solución pudiera liberar se encuentra, a pH 13.0, en una fracción molecular de 1.74×10^{-4}, esto es de 0.017 %, 3 órdenes de magnitud por debajo del límite inferior de explosividad. La condición de atmósfera inflamable confinada no concurre.

La falla de este recipiente por sobrepresión constituye, en consecuencia, una rotura mecánica por presión de vapor de agua y no una explosión química, y su energía disponible es la de expansión del fluido comprimido y no la de combustión. Esta energía se encuentra acotada por 2 condiciones de diseño que el Capítulo I establece: la válvula de seguridad tarada en 605 kilopascales con acumulación máxima admisible del 10 %, que sitúa la presión máxima de alivio en 665 kilopascales y que impide por diseño que el recipiente alcance su presión de rotura; y el espesor comercial de

placa de 8 milímetros adoptado sobre un requerido de cálculo de 6.5 milímetros conforme a ASME BPVC Sección VIII División 1, que confiere un margen de resistencia del 23 % sobre la condición de diseño. La consecuencia de la pérdida de contención de este recipiente es la que el escenario 8 cuantifica como liberación de solución caliente con vaporización instantánea del 6.48 %, y su efecto dominante sobre las personas es la quemadura térmica y química por proyección de solución cáustica a 100 °C, no la onda de sobrepresión.

El tercer supuesto es la explosión de polvo combustible. Su verificación se resuelve por la naturaleza de los sólidos que la instalación maneja. El mineral triturado y molido es una matriz silicatada y sulfurosa sin poder calorífico apreciable en las condiciones de manejo, el cemento del silo de la planta de pastas es un material incombustible, la cal viva del silo del Área 400 es un óxido incombustible, y el carbón activado del circuito de adsorción se maneja húmedo y en lecho sumergido durante la totalidad del ciclo. La condición de nube de polvo combustible en suspensión dentro del intervalo de explosividad no concurre en ningún recinto de la instalación.

Tabla 14: Evaluación de la aplicabilidad del criterio de sobrepresión por supuesto de explosión

Supuesto de explosión	Condición necesaria	Verificación practicada	Determinación
Nube de vapor no confinada de ácido cianhídrico	Masa en fase gaseosa dentro del intervalo de 5.6 a 40.0 % en volumen	La concentración máxima de los 9 escenarios es de 15 ppm; el límite inferior exige 56,000 ppm	No concurre; masa participante nula y energía total nula
Explosión confinada en recipiente de proceso	Atmósfera inflamable confinada en volumen cerrado	La fase gaseosa del recipiente de extracción es vapor de agua; la fracción molecular de ácido cianhídrico a pH 13.0 es de 0.017 %	No concurre; la falla es rotura mecánica por presión de vapor, no explosión química
Explosión de polvo combustible	Nube de polvo combustible en suspensión dentro del intervalo de explosividad	El mineral es matriz silicatada y sulfurosa; el cemento y la cal son incombustibles; el carbón activado se maneja húmedo y sumergido	No concurre en ningún recinto de la instalación
Expansión explosiva de vapor de líquido en ebullición	Recipiente con líquido inflamable por encima de su punto de ebullición normal	El único recipiente por encima de 100 °C contiene solución acuosa alcalina, no líquido inflamable	No concurre; la sustancia contenida no es inflamable

La conclusión del presente apartado es asimismo categórica. El Proyecto Ana Paula no genera radios potenciales de afectación por explosividad, y en consecuencia no se delimitan Zona de Alto Riesgo ni Zona de Amortiguamiento por el criterio de sobrepresión de 1.0 y 0.5 libra por pulgada cuadrada. La aplicación del factor de rendimiento del 10 % de la energía total liberada que la guía prescribe carece de objeto sobre una energía total nula, condición que la verificación de los 3 supuestos acredita.

La consecuencia integrada de los apartados II.1.2, II.1.3 y II.1.4 es que las zonas de protección del Proyecto quedan delimitadas de forma exclusiva por el criterio de toxicidad expresada como concentración atmosférica. Este resultado confirma, sobre la evidencia de la modelación, la determinación que el apartado I.4.2.1 del Capítulo I establece respecto de la naturaleza del peligro dominante de la instalación, y constituye la condición que estructura la totalidad de las medidas preventivas y de los sistemas de seguridad del Proyecto.

Tabla 15: Resumen de la aplicación de los 3 criterios de la guía sobre el Proyecto

Criterio de la guía	Umbral de Zona de Alto Riesgo	Umbral de Zona de Amortiguamiento	¿Genera radio en el Proyecto?	Alcance máximo obtenido
Toxicidad; concentración atmosférica	Concentración inmediatamente peligrosa para la vida	Valor umbral límite de 8 h; se adopta el umbral de primer	Sí; en los 9 escenarios	220 m de Alto Riesgo y 814 m de Amortiguamiento;

Criterio de la guía	Umbral de Zona de Alto Riesgo	Umbral de Zona de Amortiguamiento	¿Genera radio en el Proyecto?	Alcance máximo obtenido
	y la salud; se adopta el umbral de segundo nivel a 60 min	nivel a 60 min		escenario 6
Inflamabilidad; radiación térmica	5.0 kW/m²	1.4 kW/m²	No	No aplica; la concentración de los escenarios es 3,733 veces inferior al límite inferior de explosividad
Explosividad; sobrepresión de onda de choque	1.0 lb/in²	0.5 lb/in²	No	No aplica; masa participante nula en los 3 supuestos verificados

II.1.5. Representación cartográfica y puntos de interés

La guía oficial exige representar las zonas de alto riesgo y de amortiguamiento obtenidas sobre fotomapas y planos a escala mínima de 1:50,000, en los que puedan identificarse los puntos de interés que se encuentren inmersos dentro de dichas zonas, comprendidos entre ellos los componentes ambientales, las áreas naturales protegidas, los asentamientos humanos, las zonas de reserva ecológica y los cuerpos de agua. Exige asimismo que esta información sea acorde con lo manifestado en el capítulo de descripción del sistema ambiental. El presente apartado satisface ambas exigencias.

La representación se resuelve sobre fotomapa de imagen satelital del emplazamiento, con sobreposición de 3 conjuntos de elementos. El primero es la traza de las obras e instalaciones del Proyecto, que delimita la geometría real de la planta de beneficio, de las vialidades internas y de las estructuras asociadas. El segundo es el borde del área del proyecto, que delimita la superficie ocupada por dichas obras. El tercero es la envolvente de las zonas de amenaza de cada escenario, trazada desde el punto de liberación que la identificación de riesgos designa y orientada según la dirección de viento predominante del noroeste.

La escala de representación de cada fotomapa se selecciona en función del alcance del escenario representado, con el objeto de que la totalidad de la pluma quede contenida en el encuadre y de que la geometría de la instalación conserve legibilidad. Los escenarios de alcance inferior a 100 m se representan con barra de escala de 100 m; los escenarios 5 y 9, de alcance intermedio, con barra de 200 m; y el escenario 6, que constituye la envolvente de la instalación, con barra de 400 m. La totalidad de los fotomapas conserva resolución superior a la que la escala mínima de 1:50,000 exige, condición que permite la identificación individual de las edificaciones y de las trazas de camino del entorno.

Las 9 representaciones se presentan a continuación en el orden de los escenarios que el Capítulo I establece, y cada una consigna el punto de liberación identificado como origen de la pluma y la envolvente de las zonas de amenaza correspondientes a los umbrales que el apartado II.1.2 desarrolla.



Figura 1: Escenario 1. Fuga en línea de solución de cianuro de sodio. Término fuente de 0.0470 kg/min de ácido cianhídrico durante 60 min. Zona de Alto Riesgo de 27 m y Zona de Amortiguamiento hasta 52 m

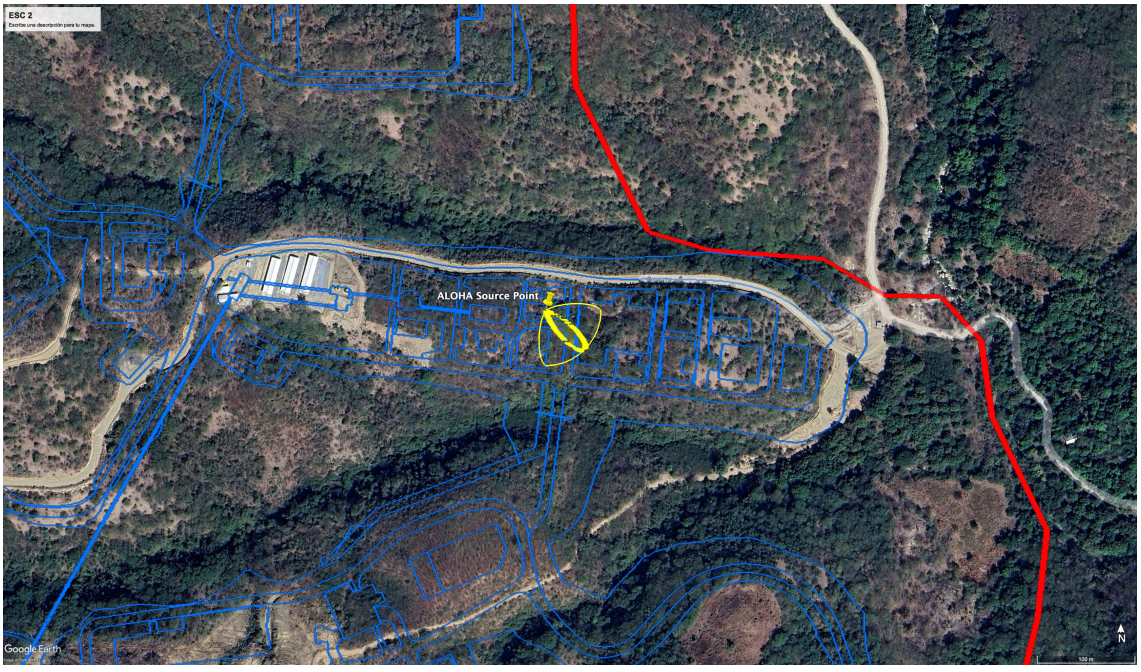


Figura 2: Escenario 2. Ruptura total de línea de solución de cianuro de sodio. Término fuente de 0.0562 kg/min de ácido cianhídrico durante 60 min. Zona de Alto Riesgo de 30 m y Zona de Amortiguamiento hasta 56 m



Figura 3: Escenario 3. Pérdida de control de pH en el tren de cianuración. Término fuente de 0.0518 kg/min de ácido cianhídrico durante 60 min. Zona de Alto Riesgo de 29 m y Zona de Amortiguamiento hasta 55 m

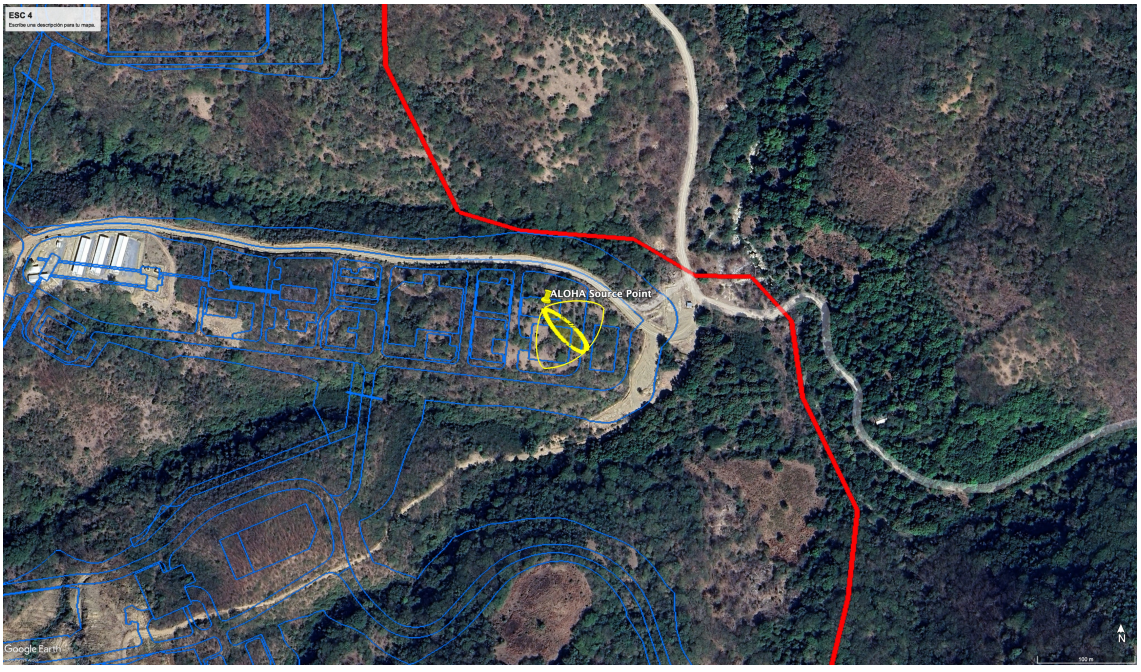


Figura 4: Escenario 4. Falla catastrófica de tanque de cianuración. Término fuente de 0.0664 kg/min de ácido cianhídrico durante 60 min. Zona de Alto Riesgo de 33 m y Zona de Amortiguamiento hasta 61 m

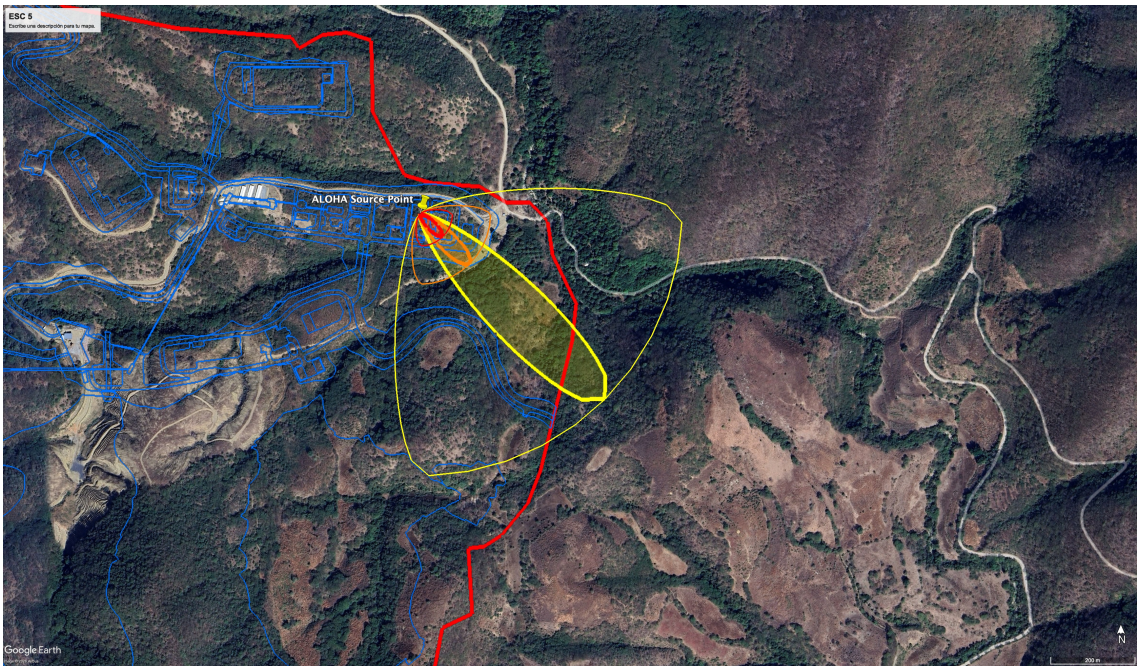


Figura 5: Escenario 5. Fuga en línea de ácido clorhídrico. Término fuente de 1.66 kg/min de cloruro de hidrógeno durante 60 min. Zona de Alto Riesgo de 166 m y Zona de Amortiguamiento hasta 617 m

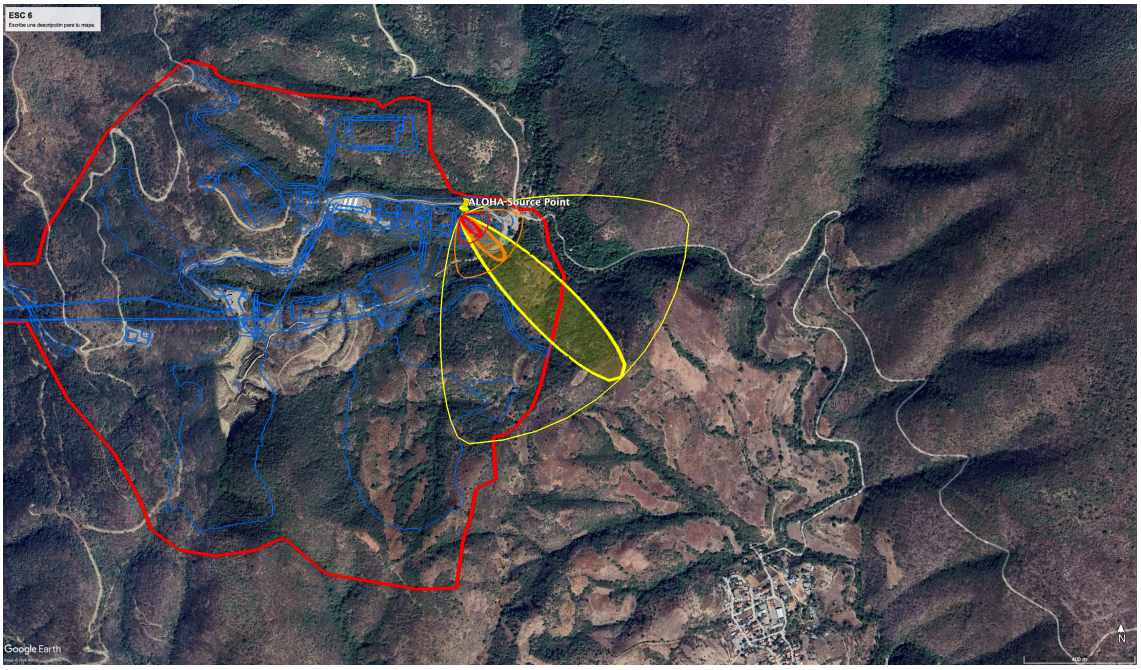


Figura 6: Escenario 6. Ruptura total de línea de ácido clorhídrico. Término fuente de 2.83 kg/min de cloruro de hidrógeno durante 60 min. Zona de Alto Riesgo de 220 m y Zona de Amortiguamiento hasta 814 m. Escenario gobernante de la instalación

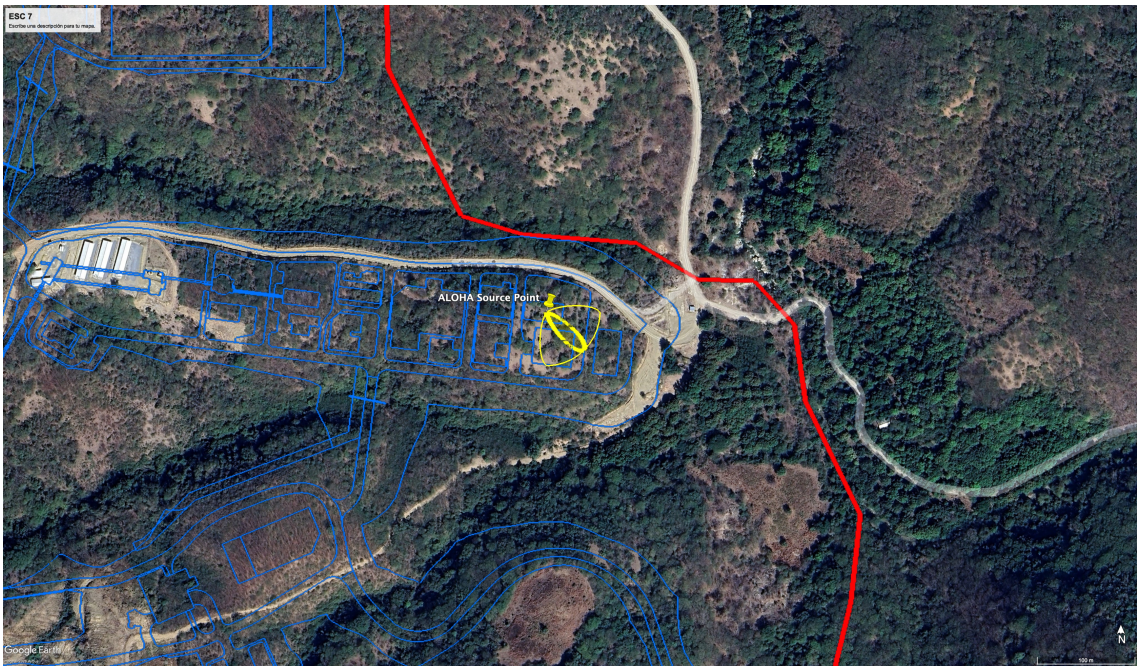


Figura 7: Escenario 7. Pérdida de eficiencia del circuito de destrucción de cianuro. Término fuente de 0.0522 kg/min de ácido cianhídrico durante 60 min. Zona de Alto Riesgo de 29 m y Zona de Amortiguamiento hasta 55 m

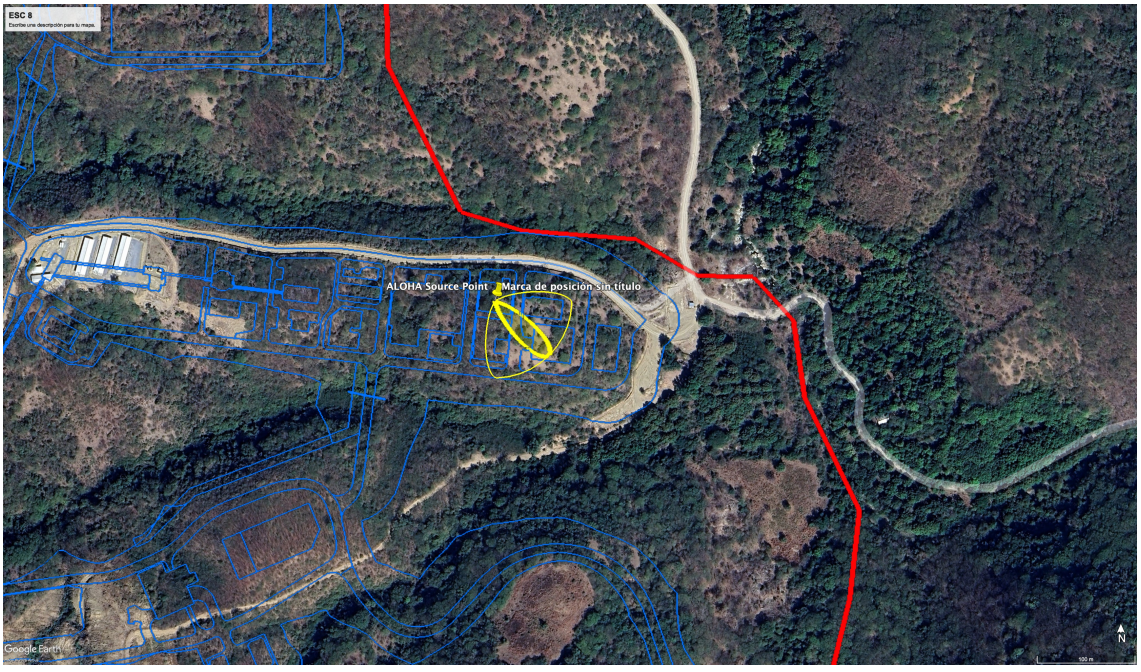


Figura 8: Escenario 8. Descarga del recipiente de extracción de carbón. Término fuente de 0.108 kg/min de ácido cianhídrico durante 60 min. Zona de Alto Riesgo de 42 m y Zona de Amortiguamiento hasta 78 m

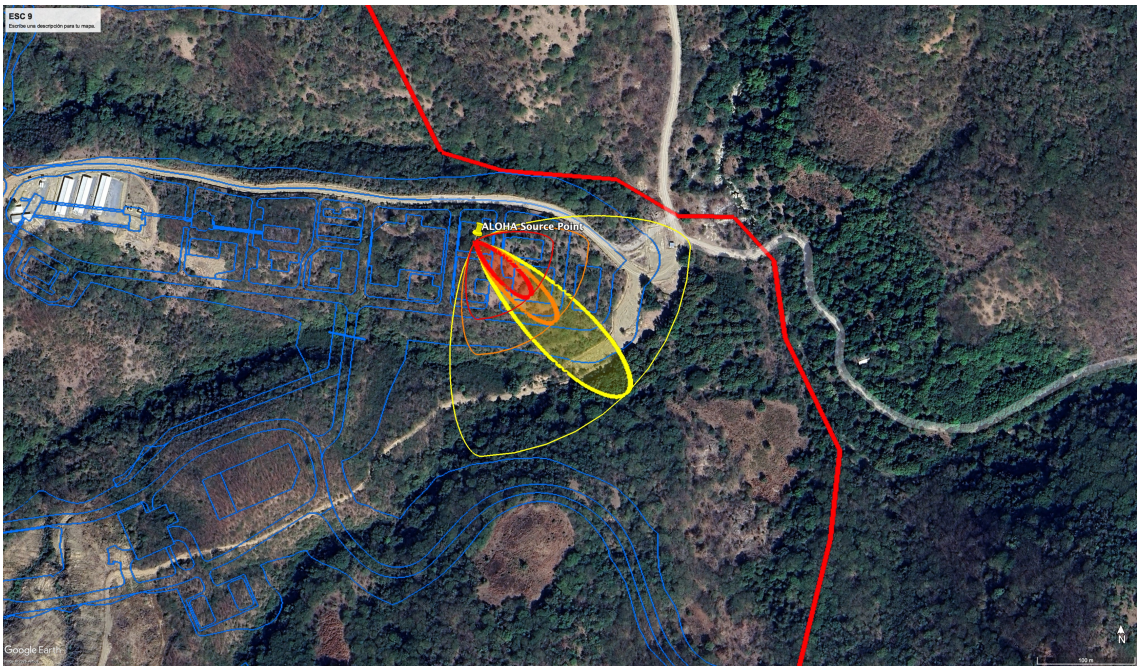


Figura 9: Escenario 9. Acidificación de solución cianurada por contacto con ácido clorhídrico. Término fuente de 0.831 kg/min de ácido cianhídrico durante 15 min. Zona de Alto Riesgo de 116 m y Zona de Amortiguamiento hasta 219 m. Escenario gobernante por cianuro

II.1.5.1. Puntos de interés comprendidos dentro de las zonas de protección

La identificación de los puntos de interés inmersos dentro de las zonas de protección se practica sobre el inventario de receptores que el apartado I.1.5.3 del Capítulo I desarrolla, el cual comprende 43 elementos de infraestructura distribuidos en 6 categorías y 181 unidades económicas distribuidas en 12 categorías de actividad, todos ellos caracterizados por su naturaleza, por su distancia al borde del área del proyecto y por su orientación respecto de ella. La caracterización que sigue confronta ese inventario con las distancias de las zonas de amenaza que la modelación produjo.

Tabla 16: Receptores del entorno y su distancia al borde del área del proyecto

Categoría de receptor	Elementos	Dentro del área del proyecto	Distancia mínima	Distancia máxima	Orientaciones
Edificación	8	4	0 m	929.20 m	E, N, NE, O, SE, SO
Calle	7	0	859.48 m	995.48 m	SE
Línea de transmisión eléctrica	3	0	320.65 m	851.84 m	E, N, NE, S, SE
Camino	23	9	0 m	982.28 m	N, NE, NO, O, SO
Localidad de tipo área	1	0	829.47 m	829.47 m	SE
Localidad puntual	1	0	33.12 m	33.12 m	NE
Total de infraestructura	43	13	0 m	995.48 m	Todas
Unidades económicas	181	0	5,419.9 m	7,062.1 m	NE en 180 unidades; SE en una

La confrontación de este inventario con las distancias de las zonas de amenaza produce 4 resultados que este apartado consigna de forma expresa y ordenada por su consecuencia.

El primer resultado corresponde a la localidad puntual de El Rodeo, de carácter rural, situada a 33.12 m del borde del área del proyecto en dirección noreste. Esta distancia la sitúa dentro de la Zona de Alto Riesgo de los escenarios 5, 6 y 9, cuyos alcances de segundo nivel son de 166, 220 y 116 m respectivamente, y dentro de la Zona de Amortiguamiento de los escenarios 4 y 8. Constituye en consecuencia el receptor de mayor sensibilidad del entorno inmediato y el elemento que gobierna la planeación de la respuesta a emergencia. Debe consignarse, no obstante, que la orientación de esta localidad es noreste, mientras que el eje de la totalidad de las plumas se orienta hacia el sureste por efecto de la dirección de viento predominante, condición que sitúa a la localidad fuera del eje de máxima concentración y dentro exclusivamente de la superficie de las líneas de confianza de dirección de viento.

El segundo resultado corresponde a la primera línea de transmisión eléctrica, de postería doble en configuración H, situada a 320.65 m con desarrollo desde el norte hasta el sureste. Esta distancia la sitúa fuera de la Zona de Alto Riesgo de la totalidad de los 9 escenarios, cuyo alcance máximo de segundo nivel es de 220 m, y dentro de la Zona de Amortiguamiento de los escenarios 5 y 6. La consecuencia de esta ubicación se desarrolla en el apartado II.2.1, dado que la línea constituye infraestructura de terceros susceptible de interacción.

El tercer resultado corresponde a la localidad de Tomixtlahuacán, de carácter rural y delimitada como área, situada a 829.47 m en dirección sureste, y a las 7 calles que le pertenecen, situadas entre 859.48 y 995.48 m en la misma dirección. Estas distancias las sitúan fuera de la Zona de Alto Riesgo de la totalidad de los escenarios y dentro de la Zona de Amortiguamiento exclusivamente del escenario 6, cuyo alcance de primer nivel es de 814 m. La localidad se sitúa por tanto15 m por fueradel límite de amortiguamiento del escenario gobernante, y las 7 calles quedan íntegramente fuera de él. Esta condición es la de mayor consecuencia del presente Capítulo y la que estructura la valoración del apartado II.3.

El cuarto resultado corresponde a las 181 unidades económicas del entorno. Ninguna de ellas se localiza dentro de la Zona de Alto Riesgo ni dentro de la Zona de Amortiguamiento de ninguno de los 9 escenarios. La más próxima se sitúa a 5,419.9 m, valor que excede en 6.65 veces al alcance de amortiguamiento del escenario gobernante. Las 7 escuelas identificadas se sitúan entre 6,368.3 y 7,052.2 m, y los 4 consultorios médicos entre 6,266.9 y 6,633.5 m. La totalidad de los usos de mayor sensibilidad del entorno se localiza, en consecuencia, a más de 7 veces el alcance máximo del Proyecto.

Tabla 17: Confrontación de los receptores del entorno con las zonas de protección de cada escenario

Receptor	Distancia	Orientación	Escenarios cuya Zona de Alto Riesgo lo alcanza	Escenarios cuya Zona de Amortiguamiento lo alcanza
Localidad puntual El Rodeo	33.12 m	NE	5, 6 y 9	4 y 8
Línea de transmisión de postería H	320.65 m	De N a SE	Ninguno	5 y 6
Línea de transmisión sobre torre de acero	736 m	De SE a S	Ninguno	6
Localidad de área Tomixtlahuacán	829.47 m	SE	Ninguno	6
Línea de transmisión de postería H	851.84 m	SE	Ninguno	Ninguno
Calles de Tomixtlahuacán	De 859.48 a 995.48 m	SE	Ninguno	Ninguno

Receptor	Distancia	Orientación	Escenarios cuya Zona de Alto Riesgo lo alcanza	Escenarios cuya Zona de Amortiguamiento lo alcanza
Unidad económica más próxima	5,419.9 m	NE	Ninguno	Ninguno
Consultorio médico más próximo	6,266.9 m	NE	Ninguno	Ninguno
Escuela más próxima	6,368.3 m	NE	Ninguno	Ninguno

II.1.5.2. Componentes ambientales y cuerpos de agua inmersos en las zonas de protección

La identificación de los componentes ambientales comprendidos dentro de las zonas de protección se practica sobre la misma cartografía y con el mismo criterio de delimitación. El emplazamiento se sitúa en un entorno de topografía accidentada, con cobertura de selva baja caducifolia en distinto grado de conservación sobre las laderas y con vegetación secundaria y superficie desprovista sobre los lomeríos y las áreas de aprovechamiento agrícola de temporal del sector oriental y meridional.

La verificación de la incidencia del Proyecto con los instrumentos de conservación de la biodiversidad se practica sobre el reporte general de incidencias que el Capítulo III de la Manifestación de Impacto Ambiental desarrolla, y su resultado se transcribe a continuación por constituir la referencia obligada de la evaluación de las zonas de protección.

El Proyecto no incide en área natural protegida alguna de competencia federal, estatal ni municipal. La más próxima es el Área Natural Protegida federal Sierra Tecuani, situada a 36.20 km en el extremo occidental, distancia que excede en 44 veces al alcance de amortiguamiento del escenario gobernante. Tampoco incide en Región Terrestre Prioritaria, siendo la más cercana la número 118, Cañón del Zopilote, a 10 km al sureste; ni en Región Hidrológica Prioritaria, siendo la más cercana la número 67, Río Amacuzac y Lagunas de Zempoala, a 59 km al noreste; ni en Área de Importancia para la Conservación de las Aves, siendo la más próxima la AICA 18, Cañón del Zopilote, a 5.90 km al oriente; ni en Unidad de Manejo Ambiental, siendo la más próxima la Comunidad la Coronilla a 202 km al suroeste; ni en corredor bioclimático; ni en sitio Ramsar.

El Proyecto sí presenta incidencia con 2 instrumentos de priorización de la conservación, condición que este Capítulo consigna de forma expresa y sin atenuación. La primera es la incidencia de una porción del área del proyecto, en su parte nororiental, con un Sitio Prioritario Acuático Epicontinental de prioridad media. La segunda es la incidencia con una zona clasificada como Sitio Prioritario para la Restauración, asimismo de prioridad media. Respecto de los Sitios Prioritarios Terrestres, el área del proyecto se encuentra fuera de las zonas delimitadas, y los más cercanos, de prioridad media, se localizan al oriente y al sur.

Respecto de los cuerpos de agua, la cartografía de humedales potenciales del Instituto Nacional de Estadística y Geografía identifica, en la zona suroriental, una incidencia con un humedal de tipo creado, y la cartografía de la Comisión Nacional del Agua identifica en la misma zona una incidencia de clase fluvial. No se identifica cuerpo de agua superficial permanente dentro de la envolvente de 814 m del escenario gobernante. El sistema hidrológico superficial del entorno se estructura sobre escurrimientos de régimen torrencial asociados al periodo de lluvias, que descargan hacia el sureste siguiendo la pendiente general del terreno, y la totalidad del área del proyecto y de su área de influencia se sitúa sobre el acuífero Tlacotepec.

La consecuencia de estas incidencias sobre la evaluación de las zonas de protección exige precisión. Los 2 sitios prioritarios y las 2 incidencias de humedal se refieren a la ocupación permanente del terreno por las obras del Proyecto, materia que corresponde a la evaluación de

impacto ambiental y no al presente Estudio. Para los efectos de este Capítulo, lo relevante es que ninguno de esos elementos constituye receptor de una liberación gaseosa: la vía de afectación de los 9 escenarios modelados es la atmosférica, con deposición sobre superficie terrestre, y la condición de intermitencia de los escurrimientos suprime la vía hídrica directa. El apartado II.3.2 desarrolla esta determinación de forma extensa y la cuantifica.

Tabla 18: Componentes ambientales evaluados frente a las zonas de protección del escenario gobernante

Componente ambiental	Presencia dentro de la envolvente de 814 m	Consecuencia sobre la valoración
Área natural protegida federal	No incide; la más próxima, Sierra Tecuani, a 36.20 km al occidente	No procede evaluación de afectación a régimen de protección
Área natural protegida estatal o municipal	No incide	No procede evaluación de afectación a régimen de protección
Región Terrestre Prioritaria	No incide; la más próxima, RTP 118 Cañón del Zopilote, a 10 km al sureste	Fuera del alcance de la totalidad de las zonas de protección
Región Hidrológica Prioritaria	No incide; la más próxima, RHP 67 Río Amacuzac y Lagunas de Zempoala, a 59 km al noreste	Fuera del alcance de la totalidad de las zonas de protección
Área de Importancia para la Conservación de las Aves	No incide; la más próxima, AICA 18 Cañón del Zopilote, a 5.90 km al oriente	Fuera del alcance de la totalidad de las zonas de protección
Unidad de Manejo Ambiental	No incide; la más próxima, Comunidad la Coronilla, a 202 km al suroeste	Fuera del alcance de la totalidad de las zonas de protección
Sitio Prioritario Acuático Epicontinental	Sí incide, en la porción nororiental del área del proyecto, con prioridad media	Incidencia por ocupación del terreno; no constituye receptor de liberación gaseosa
Sitio Prioritario para la Restauración	Sí incide, con clasificación de prioridad media	Incidencia por ocupación del terreno; no constituye receptor de liberación gaseosa
Sitio Prioritario Terrestre	No incide; los más cercanos al oriente y al sur, de prioridad media	Fuera del alcance de la totalidad de las zonas de protección
Corredor bioclimático	No incide	No procede
Sitio Ramsar	No incide	No procede
Humedal	Sí incide, en la zona suroriental; de tipo creado y de clase fluvial	Sin caudal permanente; la vía de afectación de los escenarios es atmosférica
Cuerpo de agua superficial permanente	No se identifica dentro de la envolvente de 814 m	La vía de afectación de los escenarios es exclusivamente atmosférica
Escurrimiento de régimen torrencial	Sí; con descarga hacia el sureste	Sin interacción con liberación gaseosa; se atiende en el balance hídrico del Proyecto
Pastizal inducido y vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	Sí; constituye la cobertura del área del proyecto y de su área de influencia	Receptor de la deposición de la pluma; se valora en el apartado II.3.2
Asentamiento humano	Sí; localidad puntual El Rodeo y localidad de área Tomixtlahuacán	Receptores de mayor sensibilidad; se valoran en los apartados II.3.1 y II.3.2

II.2 INTERACCIONES DE RIESGO

La guía oficial exige realizar un análisis y evaluación de posibles interacciones de riesgo con otras áreas, equipos, ductos o instalaciones que se encuentren dentro de la Zona de Alto Riesgo, considerando la posibilidad de un efecto dominó, e indicar las medidas preventivas orientadas a la reducción de la probabilidad de ocurrencia de dicha interacción. Exige asimismo determinar y justificar la compatibilidad del proyecto con la infraestructura existente, considerando los distanciamientos entre una y otra. El presente apartado satisface ambas exigencias sobre la delimitación de zonas que el apartado II.1 estableció.

II.2.1. Análisis de efecto dominó en la planta de beneficio

El efecto dominó se define, para los efectos del presente análisis, como la secuencia en la que la consecuencia física de una pérdida de contención inicial en un nodo de proceso compromete la integridad mecánica o funcional de un equipo, de una línea o de una instalación adyacente, y provoca en esta una segunda pérdida de contención cuya consecuencia se suma a la primera. Su análisis exige la determinación previa de los equipos e instalaciones comprendidos dentro de la Zona de Alto Riesgo de cada escenario, y la identificación del mecanismo físico por el cual la consecuencia inicial podría producir la falla secundaria.

II.2.1.1. Mecanismos de propagación evaluados

Los mecanismos físicos por los que una consecuencia inicial puede producir una falla secundaria son 3, y el presente análisis los evalúa de forma individual sobre la instalación.

El primer mecanismo es la propagación por radiación térmica. Consiste en el debilitamiento de la envolvente metálica de un recipiente adyacente por elevación de su temperatura de pared, con la consiguiente reducción de su resistencia mecánica y su falla bajo la presión interna de operación. La intensidad de radiación que la práctica internacional identifica como umbral de daño a equipo es del orden de 37.5 kilovatios por metro cuadrado sobre acero desnudo y de 12.5 kilovatios por metro cuadrado sobre equipo con aislamiento térmico. La verificación del apartado II.1.3.2 estableció que el Proyecto no genera fenómeno de fuego alguno y que, en consecuencia, la intensidad de radiación en todo punto de la instalación es la ambiental. Este mecanismo de propagación no concurre en el Proyecto Ana Paula.

El segundo mecanismo es la propagación por sobrepresión de onda de choque. Consiste en la deformación o la rotura de la envolvente de un recipiente adyacente, o en la proyección de fragmentos que impactan sobre él, por efecto de la onda de presión generada por una explosión inicial. El umbral de daño estructural a equipo de proceso que la práctica identifica es del orden de las 10 libras por pulgada cuadrada sobre recipiente atmosférico y de las 20 libras por pulgada cuadrada sobre recipiente sujeto a presión. La verificación del apartado II.1.4.2 estableció que el Proyecto no genera fenómeno de sobrepresión alguno sobre los 3 supuestos examinados. Este mecanismo de propagación tampoco concurre en el Proyecto Ana Paula.

El tercer mecanismo es la propagación por concentración tóxica. Consiste en la incapacitación del personal de operación situado dentro de la Zona de Alto Riesgo de la liberación inicial, con la consiguiente pérdida de la capacidad de ejecutar las maniobras manuales de aislamiento, de corte y de control que la respuesta a la emergencia requiere, y la consiguiente prolongación o agravamiento de la liberación inicial o el desencadenamiento de una segunda por falta de atención. Este mecanismo no actúa sobre la integridad mecánica del equipo adyacente sino sobre la capacidad de intervención humana, y es el único de los 3 que efectivamente concurre en el Proyecto. La totalidad del análisis que sigue se desarrolla sobre él.

Tabla 19: Mecanismos de propagación de efecto dominó evaluados sobre la instalación

Mecanismo de propagación	Umbral de daño a equipo	Condición generadora en el Proyecto	¿Concurre?	Fundamento de la determinación
Radiación térmica sobre envolvente metálica	37.5 kW/m² sobre acero desnudo; 12.5 kW/m² sobre equipo aislado	Fenómeno de fuego de tipo dardo o bola de fuego	No	El apartado II.1.3.2 acredita que la concentración de los escenarios es 3,733 veces inferior al límite inferior de explosividad

Mecanismo de propagación	Umbral de daño a equipo	Condición generadora en el Proyecto	¿Concurre?	Fundamento de la determinación
Sobrepresión de onda de choque	10 lb/in² sobre recipiente atmosférico; 20 lb/in² sobre recipiente a presión	Explosión de nube de vapor, confinada o de polvo	No	El apartado II.1.4.2 acredita masa participante nula en los 3 supuestos de explosión verificados
Concentración tóxica sobre el personal de operación	Umbral de exposición aguda de segundo nivel; 7.1 ppm de HCN y 22 ppm de HCl	Liberación tóxica de los 9 escenarios modelados	Sí	Los 9 escenarios producen Zona de Alto Riesgo con alcance de 27 a 220 m
Proyección de solución caliente	Contacto directo sobre el personal	Descarga del recipiente de extracción a 100 °C con solución cáustica	Sí; de alcance local	El escenario 8 produce proyección de solución a 100 °C; su consecuencia es la quemadura térmica y química

II.2.1.2. Equipos e instalaciones comprendidos dentro de la Zona de Alto Riesgo

La determinación de los equipos e instalaciones comprendidos dentro de la Zona de Alto Riesgo de cada escenario se practica por confrontación entre el alcance de segundo nivel que el apartado II.1.2.3 estableció y la disposición general de la planta de beneficio, que distribuye el circuito en 7 áreas de proceso desde el Área 100 de conminución hasta el Área 700 de subestación principal.

Los escenarios de ácido cianhídrico 1, 2, 3, 4, 7 y 8 producen Zonas de Alto Riesgo de 27 a 42 m. Esta magnitud es del orden de la dimensión de un recinto individual de proceso, de modo que la superficie comprometida se circunscribe al propio nodo de la liberación y a los equipos inmediatamente contiguos dentro de la misma área. La consecuencia es local y no alcanza a las áreas adyacentes.

El escenario 9, de acidificación de solución cianurada, produce una Zona de Alto Riesgo de 116 m. Esta magnitud excede la dimensión del recinto individual y comprende, desde su punto de liberación en el circuito de manejo de carbón del Área 500, la totalidad de esa área y su frontera con el Área 400 de cianuración. La consecuencia alcanza en este caso a 2 áreas de proceso.

Los escenarios 5 y 6, de cloruro de hidrógeno, producen Zonas de Alto Riesgo de 166 y de 220 m respectivamente. Esta magnitud comprende, desde el punto de liberación situado en la línea de distribución ácida del Área 500, la práctica totalidad de la superficie del banco de proceso de la planta de beneficio, y constituye por tanto el escenario cuyo análisis de interacción resulta gobernante.

Tabla 20: Áreas de proceso comprendidas dentro de la Zona de Alto Riesgo del escenario gobernante

Área de proceso	Contenido principal	¿Comprendida en la Zona de Alto Riesgo del escenario 6?	Inventario de sustancia listada	Mecanismo de interacción evaluado
Área 100	Conminución, molienda y concentración gravimétrica	Sí, en su porción oriental	No aloja inventario de sustancia listada	Incapacitación del personal de operación
Área 200	Flotación, espesamiento de concentrado y remolienda	Sí	Xantato amílico y sulfato de cobre; no listadas en estado gaseoso	Incapacitación del personal de operación
Área 300	Oxidación biológica, lavado en contracorriente y neutralización	Sí	No aloja inventario de sustancia listada	Incapacitación del personal de operación

Área de proceso	Contenido principal	¿Comprendida en la Zona de Alto Riesgo del escenario 6?	Inventario de sustancia listada	Mecanismo de interacción evaluado
Área 400	Ajuste de pH, cianuración y almacén segregado de cianuro de sodio	Sí	50 m³ de solución de cianuro de sodio al 25 % p/p; 5 tanques de 317.6 m³	Incapacitación del personal; imposibilidad de maniobra manual sobre el circuito de cianuro
Área 500	Elución, refinería, destrucción de cianuro y almacén de ácido clorhídrico	Sí; contiene el punto de liberación	15 m³ de ácido clorhídrico al 32 % p/p; 8.0 m³ de solución cianurada de elución	Origen de la liberación; imposibilidad de maniobra manual sobre la válvula de aislamiento
Área 600	Planta de pastas y depósito de jales filtrados	Parcialmente	Cianuro residual en pasta y en jales	Incapacitación del personal de operación
Área 700	Subestación principal	Sí	No aloja inventario de sustancia listada	Incapacitación del personal; la pérdida de la subestación conduce la planta al estado seguro por desenergización

II.2.1.3. Secuencias de interacción identificadas

La aplicación del mecanismo de propagación por concentración tóxica sobre la disposición de la planta produce 5 secuencias de interacción, que este apartado desarrolla de forma individual con su condición iniciadora, su cadena de propagación y la barrera que la intercepta.

La primera secuencia parte del escenario 6 y se propaga hacia el circuito de cianuración del Área 400. La liberación de cloruro de hidrógeno desde la línea de distribución ácida produce, a los 220 m de su punto de origen, una concentración de 22 ppm que compromete la capacidad de escape del personal situado en el Área 400. La imposibilidad de ejecutar la maniobra manual de corte sobre el circuito de cianuro prolongaría una eventual segunda liberación concurrente en esa área. La barrera que intercepta esta secuencia es la automatización íntegra de la función de corte de cianuro, que el Capítulo I establece en su matriz de enclavamientos: la válvula 400-XV-011 y el paro de las bombas dosificadoras 400-P-011A y B actúan por disparo del arreglo analítico de 3 canales con resolución por votación 2 de 3, sin intervención humana y con retardo de 30 s.

La segunda secuencia parte del escenario 6 y se propaga hacia el propio almacén de ácido clorhídrico. La liberación inicial desde la línea de distribución produce una atmósfera que impide el acceso del personal a la válvula manual de aislamiento 500-HV-051, cuyo cierre es la única acción que detiene la liberación antes del agotamiento del inventario. La consecuencia de esta secuencia es la prolongación de la liberación inicial hasta los 10.2 min que el tiempo de agotamiento establece, con la masa total liberada de 170 kg que la modelación incorpora. Esta secuencia se encuentra internalizada en el propio término fuente del escenario, dado que la modelación adopta el agotamiento del inventario y no un tiempo de aislamiento reducido. La recomendación de ingeniería del apartado I.4.2.4 del Capítulo I, consistente en incorporar una válvula de corte automático con actuación desde el Cuarto de Control Central, es la barrera que suprimiría esta secuencia.

La tercera secuencia parte del escenario 9 y se propaga sobre el propio circuito de manejo de carbón. La generación de ácido cianhídrico por contacto entre la solución cianurada y el ácido clorhídrico produce, dentro del recinto cerrado del Área 500, una atmósfera que impide la separación de los 2 reactivos en contacto y que sostiene la reacción hasta el agotamiento del

inventario cianurado. La barrera que intercepta esta secuencia es la segregación en 4 planos concurrentes que el Capítulo I establece, y de forma específica la secuencia obligatoria de enjuague entre el recipiente de lavado ácido y el recipiente de extracción, que impide la concurrencia física de ambas sustancias.

La cuarta secuencia parte del escenario 4 y se propaga hacia los tanques contiguos del propio tren de cianuración. La falla catastrófica de un tanque de 317.6 m³ descarga su contenido sobre la contención secundaria común a los 5 tanques, condición que somete a los 4 restantes al empuje hidrostático del charco formado y a la erosión de su cimentación. La barrera que intercepta esta secuencia es el diseño de la contención como losa continua de concreto reforzado sin juntas pasantes con muros perimetrales y pendiente dirigida hacia sumideros de recuperación, cuya capacidad se dimensiona al 110 % del recipiente de mayor capacidad del área y cuyo tirante calculado de 0.663 m no compromete la estabilidad de los recipientes contiguos.

La quinta secuencia parte del escenario 8 y se propaga sobre el personal del recinto de elución. La descarga del recipiente de extracción proyecta 8 m³ de solución cáustica a 100 °C, cuya consecuencia dominante sobre las personas es la quemadura térmica y química por contacto directo y no la exposición a la pluma de ácido cianhídrico, cuya Zona de Alto Riesgo alcanza 42 m. La barrera que intercepta esta secuencia es la protección contra sobrepresión por válvula de seguridad tarada en 605 kilopascales con alivio máximo en 665 kilopascales, el interbloqueo de temperatura con corte automático del sistema de calentamiento, y el margen de espesor de placa del 23 % sobre el requerido de cálculo.

Tabla 21: Secuencias de interacción identificadas y barrera que intercepta cada una

Secuencia	Escenario iniciador	Elemento receptor de la interacción	Mecanismo de propagación	Barrera que la intercepta
Primera	6; ruptura total de línea de ácido clorhídrico	Circuito de cianuración del Área 400	Incapacitación del personal por concentración tóxica	Automatización íntegra del corte de cianuro por votación 2 de 3, sin intervención humana
Segunda	6; ruptura total de línea de ácido clorhídrico	Válvula manual de aislamiento 500-HV-051 del propio almacén	Impedimento de acceso del personal a la maniobra de cierre	Internalizada en el término fuente por adopción del agotamiento del inventario; se suprimiría con válvula de corte automático
Tercera	9; acidificación de solución cianurada	Circuito de manejo de carbón del Área 500	Sostenimiento de la reacción por impedimento de separación de los reactivos	Segregación en 4 planos concurrentes y secuencia obligatoria de enjuague entre recipientes
Cuarta	4; falla catastrófica de tanque de cianuración	4 tanques contiguos del mismo tren	Empuje hidrostático y erosión de cimentación por el charco formado	Losa continua sin juntas pasantes con muros perimetrales; tirante calculado de 0.663 m
Quinta	8; descarga del recipiente de extracción	Personal del recinto de elución	Proyección de solución cáustica a 100 °C	Válvula de seguridad tarada en 605 kPa, interbloqueo de temperatura y margen de espesor del 23 %

El resultado del análisis de efecto dominó es que la instalación no presenta secuencia alguna de propagación por radiación térmica ni por sobrepresión, que son los 2 mecanismos que producen falla mecánica en cascada, y que las 5 secuencias identificadas operan de forma exclusiva sobre la capacidad de intervención humana o sobre la estabilidad de la contención. La totalidad de ellas se

encuentra interceptada por barreras de diseño ya incorporadas al Proyecto, con la única excepción de la segunda, cuya supresión constituye la recomendación de ingeniería de mayor prioridad del Estudio.

II.2.1.4. Secuencia temporal de la propagación y ventana de intervención

La evaluación del efecto dominó por concentración tóxica exige, además de la determinación geométrica de la superficie comprometida, la determinación del tiempo del que el personal dispone entre el inicio de la liberación y la pérdida de su capacidad de intervención. Ese intervalo, que este apartado denomina ventana de intervención, es la magnitud que determina si la secuencia de interacción se materializa o si la respuesta la intercepta.

El tiempo de arribo de la pluma a una distancia dada se obtiene de la razón entre esa distancia y la velocidad de viento, conforme a la expresión siguiente, que desprecia el tiempo de desarrollo inicial de la pluma por ser de un orden inferior.

$$[\ t(\text{arribo}) = x / u \qquad \text{con } u = 2.2 \text{ m/s}\ ]$$

La aplicación de esta expresión sobre los alcances de las zonas de protección del escenario gobernante produce los tiempos que la tabla siguiente consigna. La lectura de esa tabla debe practicarse en conjunto con el umbral de disparo de la red de detección: la alarma de campo actúa a 4.7 ppm, esto es, antes de que la concentración alcance el umbral de segundo nivel, de modo que la ventana de intervención efectiva del personal es superior al tiempo de arribo que la tabla consigna para el límite de la Zona de Alto Riesgo.

Tabla 22: Tiempo de arribo de la pluma y ventana de intervención del escenario gobernante

Distancia desde el punto de liberación	Condición que corresponde a esa distancia	Tiempo de arribo de la pluma	Consecuencia sobre la capacidad de intervención
27 m	Límite de Alto Riesgo de los escenarios de cianuro de menor alcance	12 s	Intervención únicamente con protección respiratoria previamente portada
100 m	Límite de la zona de tercer nivel del escenario gobernante	45 s	Consecuencia letal sin protección; evacuación inmediata
220 m	Límite de Alto Riesgo del escenario gobernante	100 s	Pérdida de la capacidad de escape sin protección respiratoria
320.65 m	Traza de transmisión eléctrica más próxima	146 s	Fuera de Alto Riesgo; sin consecuencia sobre la intervención
617 m	Límite de Amortiguamiento del escenario 5	280 s; 4.7 min	Molestia perceptible; intervención posible
814 m	Límite de Amortiguamiento del escenario gobernante	370 s; 6.2 min	Molestia perceptible; intervención posible
829.47 m	Localidad de área Tomixtlahuacán	377 s; 6.3 min	Margen para la difusión de la alerta y el refugio en sitio

La consecuencia de esta secuencia temporal sobre el diseño de las barreras es determinante y confirma el criterio que el apartado II.2.2.2 desarrolla. La ventana de intervención en el límite de la Zona de Alto Riesgo del escenario gobernante es de 100 s, magnitud que no admite el desplazamiento del personal hasta una válvula manual, su operación y su retirada. La única barrera compatible con esa ventana es la actuación automática, y es por ello que la totalidad de las funciones de protección de consecuencia mayor del Proyecto se resuelve por enclavamiento y no por procedimiento. La ventana disponible para la difusión de la alerta a la localidad de Tomixtlahuacán es, en cambio, de 6.3 min, magnitud que sí admite la actuación del sistema de alerta y la adopción del refugio en sitio por parte de la población.

II.2.2. Medidas preventivas e infraestructura de mitigación de las interacciones

Las medidas orientadas a reducir la probabilidad de ocurrencia de las interacciones que el apartado precedente identifica se estructuran en 4 planos concurrentes: el distanciamiento mecánico entre instalaciones incompatibles, la segregación de las contenciones secundarias, la automatización de las funciones de protección que suprime la dependencia de la intervención humana, y la detección temprana con alerta a la totalidad de la superficie del Proyecto. El presente apartado desarrolla cada uno de ellos y justifica sobre esa base la compatibilidad del Proyecto con la infraestructura existente.

II.2.2.1. Distanciamientos mecánicos y de seguridad aplicados en la disposición general

La disposición general de la planta de beneficio aplica un régimen de distanciamiento cuyo criterio rector es la incompatibilidad química de las sustancias almacenadas y no la mera separación funcional de las operaciones. El elemento que gobierna ese régimen es la segregación entre el almacén de cianuro de sodio del Área 400 y el almacén de ácido clorhídrico del Área 500, cuya concurrencia constituye el escenario gobernante por cianuro de la instalación.

Esa segregación se materializa en 4 planos independientes y concurrentes. El primero es un muro estructural interpuesto entre ambos recintos, que impide la proyección directa de líquido de uno sobre otro. El segundo es una separación libre no inferior a 15 m adicional al muro, que garantiza la separación aun ante la falla del muro. El tercero es la disposición de diques de contención independientes, de 55 m³ para el cianuro y de 16.5 m³ para el ácido, ambos equivalentes al 110 % del volumen del recipiente que protegen. El cuarto es la ausencia de punto de confluencia entre las redes de drenaje de una y otra contención, condición acreditada mediante prueba hidráulica y no mediante verificación documental.

El régimen de distanciamiento se extiende a los restantes elementos de la instalación conforme al criterio que la tabla siguiente consigna, y cuya justificación técnica reside en la naturaleza del riesgo que cada separación intercepta.

Tabla 23: Distanciamientos mínimos aplicados en la disposición general de la planta de beneficio

Elementos separados	Distanciamiento aplicado	Riesgo que la separación intercepta
Almacén de cianuro de sodio del Área 400 y almacén de ácido clorhídrico del Área 500	Muro estructural más separación libre no inferior a 15 m	Generación de ácido cianhídrico por contacto entre ácido fuerte y sal de cianuro; escenario 9
Dique de contención del tanque de cianuro y dique del tanque de ácido	Contenciones independientes sin comunicación, acreditada por prueba hidráulica	Confluencia de derrames simultáneos sobre una contención común
Redes de drenaje de una y otra contención	Ausencia de punto de confluencia en la totalidad de su desarrollo	Contacto diferido de los 2 reactivos por vía de drenaje
Cuarto de Control Central y fuentes potenciales de emisión de ácido cianhídrico	Separación física máxima compatible con la disposición del banco de proceso	Pérdida del centro de supervisión y comando durante la emergencia
Contención secundaria del tren de cianuración y sistema pluvial	Segregación absoluta con recolección íntegra del agua de contacto y retorno al proceso	Rebase de la contención por aporte pluvial extraordinario
Recipiente de lavado ácido 500-TK-003 y recipiente de extracción 500-V-001	Recipientes independientes con líneas dedicadas y secuencia obligatoria de enjuague intermedio	Contacto entre el ácido de lavado y la solución cianurada de extracción; escenario 9
Subestación principal del Área 700 y áreas de proceso	Estación de supresión dedicada con desenergizado previo a la aplicación de agua	Incendio de aceite dieléctrico con aplicación de agua sobre equipo energizado
Celdas de electrodeposición y fuentes de ignición	Dilución por ventilación forzada con detección de hidrógeno	Formación de atmósfera potencialmente explosiva por electrólisis

II.2.2.2. Medidas de supresión de la dependencia de la intervención humana

El análisis del apartado II.2.1 estableció que el único mecanismo de propagación que concurre en la instalación opera sobre la capacidad de intervención humana. La medida preventiva de mayor eficacia sobre ese mecanismo no es el distanciamiento sino la supresión de la propia dependencia, esto es, la automatización de las funciones de protección de modo que su actuación no requiera la presencia de personal dentro de la Zona de Alto Riesgo.

El Proyecto incorpora esa automatización sobre las funciones de protección de mayor consecuencia. El corte de la dosificación de cianuro actúa por disparo del arreglo analítico de 3 canales independientes con resolución por votación 2 de 3 ante pH inferior a 10.5, con retardo de 30 s, y comanda de forma simultánea el cierre de la válvula 400-XV-011 y el paro de las 2 bombas dosificadoras. El corte del sistema de calentamiento del recipiente de extracción actúa por interbloqueo de temperatura. El ajuste de la dosificación de lechada de cal en el circuito de destrucción actúa de forma automática ante desviación fuera del intervalo de 8.0 a 8.5. La protección contra sobrepresión del recipiente de extracción actúa por válvula de seguridad mecánica, esto es, por un dispositivo cuya actuación no depende ni de energía ni de señal.

La detección temprana constituye el complemento necesario de esa automatización, dado que la alerta al personal es la condición de su evacuación antes de que la concentración alcance el umbral incapacitante. La red de detección fija de ácido cianhídrico escalona alarma de campo a 4.7 ppm y alarma crítica a 10 ppm, valores que se sitúan de forma respectiva en el 66 y en el 141 % del umbral de exposición aguda de segundo nivel de 7.1 ppm. La alarma de campo se dispara, en consecuencia, antes de que la concentración alcance el umbral que delimita la Zona de Alto Riesgo, condición que confiere al personal el margen de tiempo necesario para la evacuación.

Tabla 24: Medidas preventivas orientadas a reducir la probabilidad de ocurrencia de la interacción

Medida preventiva	Secuencia de interacción sobre la que actúa	Naturaleza de la actuación
Corte automático de la dosificación de cianuro por votación 2 de 3	Primera	Automática, sin intervención humana, con retardo de 30 s
Válvula de corte automático recomendada sobre la línea de ácido clorhídrico	Segunda	Automática desde el Cuarto de Control Central; constituye recomendación de ingeniería
Secuencia obligatoria de enjuague entre lavado ácido y extracción	Tercera	Procedimental, con enclavamiento de secuencia recomendado
Segregación en 4 planos entre almacenes incompatibles	Tercera	Pasiva, por disposición física; no depende de actuación alguna
Losa continua de contención sin juntas pasantes	Cuarta	Pasiva, por diseño civil; no depende de actuación alguna
Válvula de seguridad e interbloqueo de temperatura del recipiente de extracción	Quinta	Automática; la válvula de seguridad no depende de energía ni de señal
Red de detección fija de ácido cianhídrico con alarma escalonada	Todas	Automática; dispara la alarma de campo antes del umbral de Alto Riesgo
Sistema de alerta y de telecomunicaciones de emergencia	Todas	Automática y manual; difunde la alarma a la totalidad de la superficie del Proyecto
Sistema de paro de emergencia por desenergización	Todas	Automática; la pérdida de energía conduce la planta al estado seguro

II.2.2.3. Compatibilidad del Proyecto con la infraestructura existente

La determinación de la compatibilidad del Proyecto con la infraestructura existente se practica sobre el inventario de receptores que el apartado II.1.5.1 estableció y sobre las distancias efectivas

entre el Proyecto y cada elemento de esa infraestructura. La justificación técnica reside en la confrontación de esas distancias con las zonas de protección que la modelación produjo.

La infraestructura existente en el entorno del Proyecto comprende 3 trazas de transmisión eléctrica, una red de caminos de terracería, las vialidades de la localidad de Tomixtlahuacán y las edificaciones asociadas a ambas localidades. No se identifica en el entorno instalación industrial alguna, ducto de transporte de hidrocarburo, planta de proceso ajena ni almacenamiento de sustancia peligrosa de terceros, condición que suprime de origen la posibilidad de interacción entre el Proyecto y una instalación de riesgo externa.

Las 3 trazas de transmisión eléctrica constituyen el único elemento de infraestructura de terceros susceptible de interacción, y su evaluación produce el resultado siguiente. Ninguna de las 3 se sitúa dentro de la Zona de Alto Riesgo de ninguno de los 9 escenarios, cuyo alcance máximo de segundo nivel es de 220 m frente a la distancia mínima de 320.65 m de la traza más próxima. La primera y la segunda trazas se sitúan dentro de la Zona de Amortiguamiento de los escenarios 5 y 6, condición que expone a la infraestructura a concentraciones comprendidas entre el umbral de primer nivel y el de segundo nivel del cloruro de hidrógeno.

La consecuencia de esa exposición sobre la infraestructura eléctrica es de naturaleza distinta de la consecuencia sobre las personas y merece evaluación específica. El cloruro de hidrógeno en fase gaseosa húmeda es corrosivo sobre el acero galvanizado de las torres y sobre los herrajes de las líneas, y su deposición prolongada produciría corrosión superficial. Ahora bien, la duración de la liberación es de 60 min, la masa total liberada es de 170 kg distribuidos sobre una superficie de varias hectáreas, y la concentración a la distancia de la traza más próxima es del orden del umbral de primer nivel, esto es, de uno punto 8 ppm. La deposición resultante de un evento único de esa magnitud y duración es inferior en varios órdenes a la que produce la exposición atmosférica ordinaria del emplazamiento a lo largo de un año, y carece en consecuencia de consecuencia sobre la integridad de la infraestructura.

La compatibilidad del Proyecto con la infraestructura existente queda por tanto acreditada sobre 3 fundamentos concurrentes. El primero es que ningún elemento de infraestructura de terceros se sitúa dentro de la Zona de Alto Riesgo de ningún escenario. El segundo es que los 2 elementos comprendidos dentro de la Zona de Amortiguamiento del escenario gobernante lo están a concentraciones cuya consecuencia sobre la integridad material es despreciable. El tercero es que el entorno carece de instalación industrial o de almacenamiento de sustancia peligrosa de terceros, condición que suprime la posibilidad de interacción entre riesgos de origen distinto.

Tabla 25: Evaluación de la compatibilidad del Proyecto con cada elemento de la infraestructura existente

Elemento de infraestructura existente	Distancia mínima al Proyecto	Zona en la que queda comprendido	Consecuencia evaluada	Determinación de compatibilidad
Línea de transmisión de postería doble en configuración H	320.65 m	Amortiguamiento de los escenarios 5 y 6	Deposición de cloruro de hidrógeno a concentración del orden de 1.8 ppm durante 60 min	Compatible; deposición inferior en varios órdenes a la exposición atmosférica anual ordinaria
Línea de transmisión sobre torre de acero	736 m	Amortiguamiento del escenario 6	Deposición de magnitud inferior a la anterior	Compatible
Segunda línea de transmisión de postería doble	851.84 m	Fuera de toda zona de protección	Ninguna	Compatible
Red de caminos de	0 m; 9 caminos dentro del área del	Alto Riesgo de los escenarios de mayor	Exposición de	Compatible con control de acceso y

Elemento de infraestructura existente	**Distancia mínima al Proyecto**	**Zona en la que queda comprendido**	**Consecuencia evaluada**	**Determinación de compatibilidad**
terracería del entorno	proyecto	alcance	personas en tránsito	aviso; se atiende en el plan de respuesta
Vialidades de la localidad de Tomixtlahuacán	859.48 m	Fuera de toda zona de protección	Ninguna	Compatible
Instalación industrial de terceros	No se identifica en el entorno	No aplica	No procede	No existe posibilidad de interacción entre riesgos de origen distinto
Ducto de transporte de hidrocarburo o de sustancia peligrosa	No se identifica en el entorno	No aplica	No procede	No existe posibilidad de interacción entre riesgos de origen distinto

II.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL

La guía oficial establece que, con apoyo de la información del diagnóstico ambiental, deberán identificarse y describirse los componentes ambientales y los asentamientos humanos que puedan ser afectados por los eventos de riesgo identificados, y que dicha información permitirá determinar la viabilidad ambiental del proyecto considerando la significancia o la magnitud de los posibles eventos. El presente apartado satisface esa exigencia sobre la delimitación de zonas del apartado II.1 y sobre el diagnóstico del sistema ambiental del Proyecto.

II.3.1. Identificación y descripción de componentes vulnerables

La identificación de los componentes vulnerables se practica sobre 2 conjuntos de naturaleza distinta. El primero es el de los asentamientos humanos y la población, cuya vulnerabilidad se expresa en términos de exposición a concentración tóxica. El segundo es el de los componentes ambientales bióticos y abióticos, cuya vulnerabilidad se expresa en términos de deposición y de alteración de la función ecosistémica. Ambos se caracterizan por su naturaleza, por su distancia al punto de liberación y por su posición respecto de las zonas de protección.

II.3.1.1. Asentamientos humanos y población del entorno

El entorno del Proyecto comprende 2 asentamientos humanos dentro del área de afectación de 1,000 m que el Capítulo I establece como criterio de delimitación de receptores. El primero es la localidad puntual de El Rodeo, de carácter rural, situada a 33.12 m del borde del área del proyecto en dirección noreste. El segundo es la localidad de Tomixtlahuacán, de carácter rural y delimitada como área, situada a 829.47 m en dirección sureste, a la que pertenecen las 7 calles identificadas entre 859 y 995 m y las edificaciones asociadas.

La caracterización de la población se practica sobre el registro de unidades económicas, cuyo emplazamiento constituye el indicador espacial de la concentración de personas y cuya clasificación por actividad permite distinguir los usos de mayor sensibilidad. La identificación arroja 181 unidades distribuidas en 12 categorías de actividad, de las cuales 171, equivalentes al 94.5 %, declaran una ocupación de 0 a 5 personas. Ninguna de las 181 unidades se localiza dentro del área de afectación, y la más próxima se sitúa a 5,419.9 m del borde del área del proyecto.

La distribución espacial de esas unidades es concluyente en cuanto a su orientación. 180 de las 181 se localizan en dirección noreste y corresponden a la cabecera municipal de Cuetzala del Progreso; una sola, de comercio al por menor, se sitúa en dirección sureste. El entorno inmediato del Proyecto carece por tanto de concentración de actividad económica, y la población del área de afectación se limita a la de los 2 asentamientos rurales identificados.

Los usos de mayor sensibilidad del entorno se consignan de forma expresa. Se identifican 7 escuelas, situadas entre 6,368.3 y 7,052.2 m, con ocupación declarada de 11 a 30 personas, y 4 consultorios médicos, situados entre 6,266.9 y 6,633.5 m. La totalidad de ambos conjuntos se localiza a distancias que exceden en más de 7 veces al alcance de amortiguamiento del escenario gobernante.

Tabla 26: Asentamientos humanos y actividad económica del entorno frente a las zonas de protección

Receptor humano	Distancia mínima	Orientación	Ocupación	Posición respecto de las zonas
Localidad puntual El Rodeo	33.12 m	NE	Rural dispersa	Dentro de la Zona de Alto Riesgo de los escenarios 5, 6 y 9; fuera del eje de máxima concentración

Receptor humano	Distancia mínima	Orientación	Ocupación	Posición respecto de las zonas
Localidad de área Tomixtlahuacán	829.47 m	SE	Rural	Dentro de la Zona de Amortiguamiento exclusivamente del escenario 6, por 15 m
Calles de Tomixtlahuacán	859.48 m	SE	Vialidad de localidad rural	Fuera de la totalidad de las zonas de protección
Unidad económica más próxima	5,419.9 m	NE	0 a 5 personas	Fuera de la totalidad de las zonas; a 6.65 veces el alcance del escenario gobernante
Consultorios médicos	De 6,266.9 a 6,633.5 m	NE	0 a 5 personas	Fuera de la totalidad de las zonas; a más de 7.7 veces el alcance del escenario gobernante
Escuelas	De 6,368.3 a 7,052.2 m	NE	11 a 30 personas	Fuera de la totalidad de las zonas; a más de 7.8 veces el alcance del escenario gobernante
Cabecera municipal de Cuetzala del Progreso	5,419.9 m	NE	180 unidades económicas	Fuera de la totalidad de las zonas y en dirección opuesta al eje de las plumas

II.3.1.2. Componentes ambientales del entorno

Los componentes ambientales susceptibles de recibir la deposición de las plumas modeladas se caracterizan a continuación por su naturaleza y por su posición respecto de las zonas de protección, sobre la caracterización del sistema ambiental que el Capítulo III de la Manifestación de Impacto Ambiental desarrolla.

La cobertura del área del proyecto y de su área de influencia, esto es, la superficie sobre la que se emplazan la totalidad de los puntos de liberación y sobre la que se desarrolla la porción de mayor concentración de las 9 plumas, corresponde a pastizal inducido y a vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino. Esta determinación procede de la cartografía de uso de suelo y vegetación de la serie séptima del Instituto Nacional de Estadística y Geografía y de su verificación en campo, y es determinante para la valoración del presente apartado: la superficie efectivamente expuesta no corresponde a comunidad vegetal primaria ni a fase conservada, sino a 2 coberturas de origen antrópico cuya estructura resulta del desmonte, del pastoreo y del fuego periódico previos al Proyecto.

El pastizal inducido es, por definición, la comunidad dominada por gramíneas que aparece como consecuencia del desmonte de cualquier tipo de vegetación y que permanece como tal mientras perdura la actividad humana que la mantiene, sea el pastoreo intenso o el fuego periódico. La vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino es la fase sucesional que resulta del disturbio de la comunidad primaria de Quercus, y su presencia acredita que el disturbio antecede al Proyecto.

En el conjunto de la región ecológica delimitada, y por tanto fuera del área de influencia, se identifican además bosque de encino en fase primaria y secundaria y selva baja caducifolia en fase secundaria, así como usos no forestales de agricultura de temporal anual y cuerpo de agua. La comunidad dominante de la región ecológica es la vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino, la misma que ocupa el área del proyecto.

La fauna asociada a esa cobertura corresponde a la propia de la cuenca del Balsas en condición de hábitat fragmentado. Su composición, su riqueza y su estatus de conservación se desarrollan en el apartado II.3.1.3, que este Capítulo incorpora de forma expresa por exigirlo la valoración de efectos sobre la biodiversidad que la guía oficial prescribe.

El suelo del emplazamiento y de su entorno inmediato es de desarrollo somero sobre sustrato de caliza y esquisto intruido por cuerpos ígneos, con pedregosidad superficial elevada y con capacidad de amortiguamiento químico apreciable por efecto de la propia naturaleza carbonatada del sustrato. Esta condición es determinante para la valoración de la deposición ácida que el apartado II.3.2 desarrolla.

El sistema hidrológico superficial se estructura sobre escurrimientos intermitentes de régimen torrencial asociados al periodo de lluvias. No se identifica cuerpo de agua superficial permanente dentro de la envolvente de 814 m del escenario gobernante ni dentro del área de afectación de 1,000 m. Tampoco se identifica área natural protegida ni zona de reserva ecológica decretada dentro de esas envolventes.

Tabla 27: Componentes ambientales del entorno y su posición respecto de las zonas de protección

Componente ambiental	Caracterización	Posición respecto de las zonas de protección	Vía de afectación potencial
Pastizal inducido	Comunidad dominada por gramíneas de origen antrópico, mantenida por pastoreo y fuego periódico; cobertura del área del proyecto	Comprendida en las zonas de Alto Riesgo y de Amortiguamiento de la totalidad de los escenarios	Deposición seca y húmeda de la pluma sobre el estrato herbáceo
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	Fase sucesional resultante del disturbio previo de la comunidad primaria de Quercus; cobertura dominante del área de influencia y de la región ecológica	Comprendida en el eje de las plumas por efecto de la dirección de viento del noroeste	Deposición seca y húmeda de la pluma sobre el follaje
Bosque de encino en fase primaria y secundaria	Presente en la región ecológica, fuera del área de influencia	Fuera de las zonas de protección de la totalidad de los escenarios	No procede
Selva baja caducifolia en fase secundaria	Presente en la región ecológica, fuera del área de influencia	Fuera de las zonas de protección de la totalidad de los escenarios	No procede
Agricultura de temporal anual	Uso no forestal de la región ecológica, sobre el sector oriental y meridional	Comprendida en la Zona de Amortiguamiento de los escenarios 5 y 6	Deposición sobre cultivo de temporal
Fauna de la cuenca del Balsas en hábitat fragmentado	22 especies en categoría de riesgo y 29 endémicas o semiendémicas identificadas en campo; véase el apartado II.3.1.3	Comprendida en la totalidad de las zonas	Exposición aguda por inhalación durante el evento
Suelo somero sobre sustrato de caliza y esquisto	Pedregosidad superficial elevada; capacidad de amortiguamiento químico por naturaleza carbonatada	Comprendido en la totalidad de las zonas	Deposición ácida sobre el horizonte superficial
Escurrimientos intermitentes de régimen torrencial	Sin caudal permanente; descarga hacia el sureste	Atravesados por las zonas de los escenarios 5 y 6	Arrastre de deposición durante el periodo de lluvias
Cuerpo de agua superficial permanente	No se identifica en el entorno de 1,000 m	No aplica	No procede
Área natural protegida o zona de reserva ecológica	No se identifica en el entorno de 1,000 m	No aplica	No procede

II.3.1.3. Especies de flora y fauna en categoría de riesgo y especies endémicas

La valoración de los efectos sobre la biodiversidad que la guía oficial exige requiere la identificación nominal de las especies que el muestreo de campo registró en categoría de riesgo conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 y de las especies endémicas, dado que son estas las que confieren valor de conservación al hábitat comprendido dentro de las zonas de protección y las que determinan la sensibilidad del receptor biótico. La relación que sigue procede del Capítulo III de la Manifestación de Impacto Ambiental y se transcribe de forma íntegra.

El muestreo de flora registró 5 especies comprendidas en la Norma Oficial Mexicana, la totalidad de ellas en la categoría de amenazada. Su composición es predominantemente arbórea y corresponde a elementos característicos de la selva baja caducifolia y del bosque tropical del Balsas.

Tabla 28: Especies de flora identificadas en campo en categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010

Familia	Género	Especie	Nombre común	Categoría
Anacardiaceae	Astronium	Astronium graveolens	Amargoso	Amenazada
Fabaceae	Dalbergia	Dalbergia retusa	Cocobolo	Amenazada
Bignoniaceae	Handroanthus	Handroanthus impetiginosus	Tlameyahual	Amenazada
Sapotaceae	Sideroxylon	Sideroxylon capiri	Tempisque	Amenazada
Asteraceae	Zinnia	Zinnia violacea	Mal de ojo	Amenazada

El muestreo de flora registró asimismo 47 especies endémicas, con predominancia marcada del género Bursera de la familia Burseraceae, cuya radiación en la cuenca del Balsas constituye uno de los centros de endemismo vegetal reconocidos del territorio nacional. Entre ellas se encuentran Bursera aptera, Bursera ariensis, Bursera aspleniifolia, Bursera bicolor, Bursera confusa, Bursera copallifera, Bursera cuneata y Bursera lancifolia, así como Amphipterygium adstringens, conocido como cuachalalate, Aristolochia cardiantha, conocida como guaco del Balsas, y la orquídea Barkeria vanneriana.

El muestreo de fauna registró 22 especies comprendidas en la Norma Oficial Mexicana, distribuidas en 18 especies sujetas a protección especial y 4 especies amenazadas, y repartidas entre 4 clases: anfibios, aves, mamíferos y reptiles. La composición por clase acredita el predominio de los reptiles, con 9 especies, seguidos de los anfibios y de las aves con 6 y 5 respectivamente.

Tabla 29: Especies de fauna identificadas en campo en categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común	Categoría
Amphibia	Anura	Craugastoridae	Craugastor omiltemanus	Rana ladrona de Omilteme	Protección especial
Amphibia	Anura	Hylidae	Dryophytes arenicolor	Ranita de cañón	Protección especial
Amphibia	Anura	Eleutherodactylidae	Eleutherodactylus nitidus	Rana fisgona deslumbrante	Protección especial
Amphibia	Anura	Ranidae	Rana berlandieri	Rana leopardo del río grande	Protección especial
Amphibia	Anura	Ranidae	Rana forreri	Rana leopardo	Protección especial
Amphibia	Anura	Hylidae	Smilisca baudinii	Rana arborícola mexicana	Protección especial
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	Buteogallus anthracinus	Aguililla negra menor	Protección especial
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	Buteogallus urubitinga	Aguililla negra mayor	Protección especial

Aves	Piciformes	Picidae	Campephilus guatemalensis	Carpintero pico plateado	Protección especial
Aves	Psittaciformes	Psittacidae	Eupsittula canicularis	Perico frente naranja	Protección especial
Aves	Apodiformes	Trochilidae	Heliomaster longirostris	Colibrí picudo coroniazul	Protección especial
Mammalia	Carnivora	Procyonidae	Bassariscus sumichrasti	Cacomixtle tropical	Protección especial
Mammalia	Carnivora	Felidae	Herpailurus yagouaroundi	Yaguarundí	Amenazada
Reptilia	Squamata	Teiidae	Aspidoscelis costatus	Huico llanero	Protección especial
Reptilia	Squamata	Viperidae	Crotalus culminatus	Cascabel tropical del Pacífico	Protección especial
Reptilia	Squamata	Iguanidae	Ctenosaura pectinata	Iguana negra de cola espinosa	Amenazada
Reptilia	Testudines	Kinosternidae	Kinosternon hirtipes	Tortuga casquito de pata rugosa	Protección especial
Reptilia	Testudines	Kinosternidae	Kinosternon integrum	Tortuga pecho quebrado mexicana	Protección especial
Reptilia	Squamata	Loxocemidae	Loxocemus bicolor	Serpiente chatilla	Amenazada
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	Phrynosoma asio	Camaleón gigante	Amenazada
Reptilia	Squamata	Dipsadidae	Pseudoleptodeira latifasciata	Culebra ojo de gato falsa cabeza roja	Protección especial
Reptilia	Squamata	Columbidae	Salvadora mexicana	Culebra chata del Pacífico	Protección especial

El muestreo de fauna registró además 29 especies de distribución restringida, de las cuales 28 son endémicas y una semiendémica, con predominancia de anfibios de los géneros Incilius, Craugastor, Eleutherodactylus, Agalychnis y Rana, y de aves de las familias Cracidae, Odontophoridae, Cardinalidae y Furnaridae, entre ellas la chachalaca *Ortalis poliocephala*, la codorniz barrada *Philortyx fasciatus*, el colorín pecho naranja *Passerina leclancherii* y el trepatroncos mexicano *Lepidocolaptes leucogaster*.

Tabla 30: Resumen de la riqueza de especies en categoría de riesgo y endémicas identificadas en campo

Grupo	Especies en categoría de riesgo	Distribución por categoría	Especies endémicas o semiendémicas	Grupos dominantes
Flora	5	5 amenazadas	47	Género Bursera de la familia Burseraceae; radiación del Balsas
Fauna: anfibios	6	6 sujetas a protección especial	9 endémicas	Géneros Incilius, Craugastor, Eleutherodactylus, Agalychnis y Rana
Fauna: aves	5	5 sujetas a protección especial	Presentes entre las endémicas	Familias Accipitridae, Picidae, Psittacidae, Trochilidae, Cracidae y Odontophoridae
Fauna: mamíferos	2	1 sujeta a protección especial y 1 amenazada	Presentes entre las endémicas	Familias Procyonidae y Felidae
Fauna: reptiles	9	6 sujetas a protección especial y 3 amenazadas	Presentes entre las endémicas	Órdenes Squamata y Testudines
Total de fauna	22	18 sujetas a protección especial y	29	4 clases: Amphibia, Aves, Mammalia y

Grupo	Especies en categoría de riesgo	Distribución por categoría	Especies endémicas o semiendémicas	Grupos dominantes
		4 amenazadas		Reptilia

Debe consignarse de forma expresa, para la correcta lectura de las tablas precedentes, que el registro de estas especies corresponde al conjunto del muestreo desarrollado sobre el área del proyecto, su área de influencia y la región ecológica, y no de forma exclusiva a la superficie comprendida dentro de las zonas de protección que este Capítulo delimita. La cobertura efectiva del área del proyecto es pastizal inducido y vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino, condición que determina que la presencia de las especies arbóreas amenazadas y de las especies faunísticas de mayor exigencia de hábitat se concentre en las superficies conservadas de la región ecológica y no en la superficie expuesta a las plumas.

II.3.2. Valoración de efectos sobre la integridad funcional de los ecosistemas

La valoración de los efectos que los eventos de riesgo identificados producirían sobre la integridad funcional de los ecosistemas del entorno y sobre la salud humana se desarrolla sobre 4 argumentos técnicos concurrentes, cada uno de los cuales se sustenta en una magnitud calculada del presente Estudio y no en una apreciación cualitativa. Los 4 argumentos son la magnitud de la masa efectivamente liberada, la duración acotada del fenómeno, la naturaleza no persistente ni bioacumulable de las especies liberadas, y la eficacia acreditada de las salvaguardas de ingeniería incorporadas al diseño.

II.3.2.1. Magnitud de la masa efectivamente liberada

El primer argumento es el de la magnitud. La masa total liberada del escenario gobernante de la instalación es de 170 kg de cloruro de hidrógeno, distribuidos a lo largo de 60 min sobre una superficie de pluma que a 814 m de alcance comprende varias hectáreas. La masa total liberada del escenario gobernante por cianuro es de 12.5 kg de ácido cianhídrico distribuidos a lo largo de 15 min. Las masas de los 7 escenarios restantes se sitúan entre 2.82 y 99.6 kg.

Estas magnitudes deben leerse en relación con la escala del inventario que las origina y con la del medio que las recibe. La masa de cloruro de hidrógeno liberada en el escenario 6, de 170 kg, representa el 3.05 % del inventario de 5,568 kg de cloruro de hidrógeno que el tanque de almacenamiento contiene; el 96.95 % restante permanece confinado en la contención secundaria en fase líquida y se recupera para su neutralización. La masa de ácido cianhídrico liberada en el escenario 9, de 12.5 kg, representa el 0.16 % de los 7,790 kg de ácido cianhídrico potencial que el inventario de cianuro de sodio de la instalación representa.

[170 kg / 5,568 kg = 3.05 % fracción del inventario de HCl efectivamente emitida a la atmósfera]

[12.5 kg / 7,790 kg = 0.16 % fracción del HCN potencial efectivamente emitida a la atmósfera]

La consecuencia de esta relación es que la contención secundaria y la propia física de la transferencia de masa desde el charco confinado actúan como un limitador de la emisión de un orden de magnitud superior al de cualquier medida activa. El diseño de la instalación convierte una pérdida de contención de varios miles de kilogramos en una emisión atmosférica de decenas de kilogramos.

Tabla 31: Masa liberada por escenario y su relación con el inventario de origen

Esc.	Masa total liberada a la atmósfera	Inventario de origen	Fracción del inventario emitida	Duración de la emisión
1	2.82 kg de HCN	7,790 kg de HCN potencial	0.036 %	60 min
2	3.37 kg de HCN	7,790 kg de HCN potencial	0.043 %	60 min
3	3.11 kg de HCN	7,790 kg de HCN potencial	0.040 %	60 min
4	3.98 kg de HCN	7,790 kg de HCN potencial	0.051 %	60 min
5	99.6 kg de HCl	5,568 kg de HCl	1.79 %	60 min
6	170 kg de HCl	5,568 kg de HCl	3.05 %	60 min
7	3.13 kg de HCN	7,790 kg de HCN potencial	0.040 %	60 min
8	6.48 kg de HCN	7,790 kg de HCN potencial	0.083 %	60 min
9	12.5 kg de HCN	7,790 kg de HCN potencial	0.16 %	15 min

II.3.2.2. Duración acotada del fenómeno y ausencia de persistencia

El segundo argumento es el de la duración. La totalidad de los escenarios modelados corresponde a emisión continua durante 60 min, con la única excepción del escenario 9, cuya duración de 15 min procede del agotamiento estequiométrico del inventario cianurado contactado. Cesada la emisión, la pluma se disipa por advección y por dilución turbulenta en un tiempo del orden de la razón entre el alcance y la velocidad de viento, esto es, de 6.2 min para el alcance de 814 m del escenario gobernante.

$$[\ t(\text{disipación}) \approx x(\text{alcance}) / u = 814\ m / 2.2\ m/s = 370\ s = 6.2\ min\ ]$$

El tercer elemento de este argumento es la naturaleza de las 2 especies liberadas. El cloruro de hidrógeno es un gas altamente soluble en agua que se hidroliza de forma completa e instantánea al contacto con la humedad atmosférica y con la humedad del suelo y del follaje, y cuyo producto es el ion cloruro, especie ubicua en el medio natural y sin toxicidad a las concentraciones resultantes. No es persistente, no es bioacumulable, y su vida atmosférica se mide en horas. El ácido cianhídrico se degrada en la atmósfera por reacción con el radical hidroxilo y, en el medio acuoso y edáfico, por biodegradación aerobia hasta amonio y dióxido de carbono, con una velocidad de degradación que la propia industria del cianuro aprovecha en sus circuitos de destrucción. Tampoco es persistente ni bioacumulable.

La conjunción de duración acotada y ausencia de persistencia determina que ninguno de los 9 escenarios produzca acumulación en el medio ni efecto crónico sobre los receptores. El efecto es, en su totalidad, de exposición aguda durante el evento y durante los minutos posteriores a su cese, y cesa de forma completa con la disipación de la pluma.

II.3.2.3. Valoración sobre la biodiversidad, la fragilidad y los hábitats locales

La valoración del efecto sobre la biodiversidad se practica sobre los 3 atributos que determinan la capacidad de un ecosistema para absorber una perturbación sin alteración de su función: la magnitud de la perturbación respecto de la escala del sistema, la duración de la perturbación respecto de los ciclos biológicos del sistema, y la capacidad de recolonización desde las superficies no afectadas.

Respecto de la magnitud, la superficie comprendida dentro de la Zona de Alto Riesgo del escenario gobernante es la envolvente de 220 m desde el punto de liberación, y la comprendida dentro de la

Zona de Amortiguamiento es la de 814 m. Ambas superficies se circunscriben al entorno inmediato del banco de proceso, cuya cobertura corresponde a pastizal inducido y a vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino, esto es, a 2 comunidades de origen antrópico cuya estructura resulta de un disturbio previo al Proyecto. Ninguna de las 2 constituye comunidad primaria ni fase conservada, y su valor de conservación es, en consecuencia, el menor del conjunto de las coberturas de la región ecológica.

Esta determinación tiene una consecuencia directa sobre la valoración de las especies en categoría de riesgo. Las 5 especies de flora amenazadas que el muestreo registró son elementos arbóreos característicos de la selva baja caducifolia y del bosque tropical, comunidades que en la región ecológica se localizan fuera del área de influencia y, por tanto, fuera de las zonas de protección. La superficie efectivamente expuesta a la deposición de las plumas es la de pastizal inducido y vegetación secundaria arbustiva, donde esas 5 especies no constituyen el elemento estructural de la comunidad. El mismo razonamiento se aplica a las 47 especies endémicas de flora, cuyo núcleo de riqueza es el género Bursera de la selva baja caducifolia.

Respecto de la duración, la perturbación se extiende a lo largo de 60 min y su efecto sobre la vegetación es la deposición de un ácido fuerte de rápida neutralización sobre un sustrato de naturaleza carbonatada cuya capacidad de amortiguamiento químico es elevada, en la magnitud de 4.90 kg/ha que el apartado II.3.2.5 cuantifica. El efecto foliar esperable de una deposición de esa magnitud y duración es la necrosis de punta y de margen sobre las hojas expuestas, fenómeno que en el pastizal inducido se resuelve en el rebrote de la temporada y que en la vegetación secundaria de encino se resuelve en el ciclo de renovación foliar, en ambos casos sin comprometer la supervivencia del individuo ni la persistencia de la comunidad.

Respecto de la fauna, la valoración exige distinguir por grupo taxonómico, dado que la vía de exposición y la capacidad de respuesta difieren entre ellos. Las 5 especies de aves sujetas a protección especial que el muestreo registró, entre ellas las aguilillas negras Buteogallus anthracinus y Buteogallus urubitinga y el perico frente naranja Eupsittula canicularis, presentan la mayor capacidad de desplazamiento del conjunto y abandonan la superficie de la pluma en un tiempo inferior al de su desarrollo. Los 2 mamíferos, el cacomixtle tropical Bassariscus sumichrasti y el yaguarundí Herpailurus yagouaroundi, presentan hábitos crepusculares y nocturnos y una capacidad de desplazamiento asimismo elevada.

Los 9 reptiles y los 6 anfibios constituyen el grupo de menor capacidad de desplazamiento y, en consecuencia, el de mayor exposición potencial. Su valoración se resuelve, sin embargo, sobre la ubicación de su hábitat: los anfibios de los géneros Craugastor, Eleutherodactylus, Rana y Smilisca y los quelonios del género Kinosternon dependen de la presencia de humedad o de cuerpo de agua, condición que en el área del proyecto no concurre por tratarse de pastizal inducido sobre suelo somero con pedregosidad elevada y por carecer la envolvente de las zonas de protección de cuerpo de agua superficial permanente. Su presencia se concentra en los escurrimientos de la región ecológica, situados fuera del alcance de las plumas.

Respecto de la capacidad de recolonización, la superficie potencialmente afectada se encuentra rodeada por cobertura continua de la misma comunidad vegetal secundaria y, más allá de ella, por las superficies conservadas de bosque de encino y de selva baja caducifolia de la región ecológica, condición que garantiza la disponibilidad de fuente de propágulos y de refugio faunístico inmediato. La fragmentación previa del hábitat, que la actividad agrícola de temporal y la red de caminos del entorno produjeron con anterioridad al Proyecto, determina además que las poblaciones presentes en la superficie expuesta correspondan a las de mayor tolerancia al disturbio del conjunto regional.

La conjunción de los 4 atributos determina que la perturbación quede comprendida dentro del rango de variación natural que el ecosistema absorbe sin alteración de su estructura ni de su función, esto es, dentro de su capacidad de resiliencia. No se identifica mecanismo por el cual un evento único, de duración inferior a una hora, de especies químicas no persistentes ni bioacumulables, y de superficie circunscrita a 2 comunidades vegetales de origen antrópico previamente disturbadas, produzca alteración de la homeostasis del sistema ambiental regional ni comprometa la persistencia de ninguna de las 5 especies de flora ni de las 22 especies de fauna en categoría de riesgo que el muestreo identificó.

Tabla 32: Valoración del efecto sobre los grupos taxonómicos en categoría de riesgo identificados en campo

Grupo	Especies en categoría de riesgo	Vía de exposición	Capacidad de respuesta	Ubicación preferente del hábitat	Efecto valorado
Flora arbórea amenazada	5	Deposición sobre follaje	Renovación foliar en el ciclo anual	Selva baja caducifolia y bosque tropical de la región ecológica, fuera de las zonas de protección	No significativo; la superficie expuesta no corresponde a su comunidad estructural
Aves sujetas a protección especial	5	Inhalación durante el evento	Desplazamiento inmediato; la mayor del conjunto	Dosel de la vegetación secundaria y de las superficies conservadas	No significativo; abandonan la superficie de la pluma antes de su desarrollo
Mamíferos en categoría de riesgo	2	Inhalación durante el evento	Desplazamiento elevado; hábitos crepusculares y nocturnos	Vegetación secundaria arbustiva y superficies conservadas	No significativo; capacidad de desplazamiento y retorno posterior
Reptiles en categoría de riesgo	9	Inhalación y contacto con deposición	Desplazamiento reducido	Los quelonios del género Kinosternon dependen de cuerpo de agua, ausente en la envolvente	Bajo; exposición limitada por la ausencia de su hábitat preferente en la superficie expuesta
Anfibios sujetos a protección especial	6	Inhalación y contacto con deposición sobre piel permeable	Desplazamiento reducido; grupo de mayor sensibilidad fisiológica	Escurrimientos y superficies húmedas de la región ecológica, fuera del alcance de las plumas	Bajo; el pastizal inducido sobre suelo somero y pedregoso no constituye su hábitat
Flora endémica	47	Deposición sobre follaje	Renovación foliar en el ciclo anual	Núcleo de riqueza en el género Bursera de la selva baja caducifolia	No significativo; su centro de distribución se localiza fuera de las zonas de protección
Fauna endémica o semiendémica	29	Inhalación y contacto con deposición	Variable según el grupo	Distribuida entre las coberturas de la región ecológica	Bajo; la superficie expuesta corresponde a las poblaciones de mayor tolerancia al disturbio

II.3.2.4. Valoración de las consecuencias sobre la salud humana

La valoración de las consecuencias sobre la salud humana se practica de forma diferenciada sobre 2 poblaciones de exposición distinta: el personal de operación de la instalación y la población del entorno.

El personal de operación constituye la población de mayor exposición, dado que su ubicación durante el evento es la propia superficie del banco de proceso, comprendida dentro de la Zona de Alto Riesgo de la totalidad de los escenarios. Su protección no descansa en la distancia sino en 4 barreras concurrentes que el Capítulo I establece: la detección fija de gas con alarma de campo a 4.7 ppm, esto es, por debajo del umbral de 7.1 ppm que delimita la Zona de Alto Riesgo; el sistema de alerta y de telecomunicaciones de emergencia con cobertura de la totalidad de la superficie del Proyecto; la protección respiratoria de escape disponible en los puntos de trabajo; y los procedimientos de evacuación y de respuesta ante fuga de cianuro que el Proyecto desarrolla en documento específico.

La población del entorno constituye la población de exposición condicionada a la dirección del viento. Su valoración se resuelve sobre las 2 localidades identificadas. La localidad puntual de El Rodeo, a 33.12 m en dirección noreste, queda geométricamente comprendida dentro de la Zona de Alto Riesgo de los escenarios 5, 6 y 9; ahora bien, su orientación al noreste la sitúa fuera del eje de máxima concentración de las plumas, que se orienta al sureste, de modo que su exposición efectiva corresponde a la superficie de las líneas de confianza de dirección de viento y no al eje de la pluma. La localidad de Tomixtlahuacán, a 829.47 m en dirección sureste, sí se sitúa sobre el eje de las plumas, y queda comprendida dentro de la Zona de Amortiguamiento exclusivamente del escenario 6, por un margen de 15 m sobre un alcance de 814.

La consecuencia de esa exposición sobre la población de Tomixtlahuacán es la que corresponde al umbral de exposición aguda de primer nivel del cloruro de hidrógeno, de uno punto 8 ppm, que se define como la concentración por encima de la cual la exposición produce molestia sensible, irritación o efectos no sensoriales asintomáticos, todos ellos transitorios y reversibles al cesar la exposición. No corresponde efecto irreversible, ni efecto de larga duración, ni compromiso de la capacidad de escape, dado que esas consecuencias se sitúan por encima del umbral de segundo nivel de 22 ppm, cuya envolvente de 220 m no alcanza a la localidad por un margen de 609 m.

La evaluación del refugio en sitio como medida de protección de la población complementa esta valoración. Con la tasa de renovación de aire de 0.42 renovaciones/h que corresponde a la edificación de una planta con protección del entorno, la concentración interior alcanza la fracción de la exterior que la expresión siguiente determina.

$$\frac{C_{interior}}{C_{exterior}} = 1 - e^{-n \cdot t} \qquad \text{con } n = 0.42\ h^{-1}$$

[A 10 min: 6.8 % A 30 min: 19.0 % A 60 min: 34.3 %]

La consecuencia de esta relación es que la permanencia en el interior de la edificación durante los 60 min de duración del escenario gobernante limita la concentración interior al 34.3 % de la exterior, esto es, a 0.62 ppm sobre el umbral de uno punto 8. El refugio en sitio constituye por tanto, para la población del entorno, una medida de protección suficiente y de aplicación inmediata, cuya difusión corresponde al sistema de alerta que el Proyecto incorpora.

Tabla 33: Valoración de la consecuencia sobre la salud humana por población expuesta

Población expuesta	Ubicación durante el evento	Zona en la que queda comprendida	Consecuencia esperable	Barrera de protección aplicable
Personal de operación de la planta	Superficie del banco de proceso	Alto Riesgo de la totalidad de los escenarios	Efecto irreversible o compromiso de la capacidad de escape	Detección fija con alarma a 4.7 ppm; alerta; protección

Población expuesta	Ubicación durante el evento	Zona en la que queda comprendida	Consecuencia esperable	Barrera de protección aplicable
			sin protección respiratoria	respiratoria de escape; procedimiento de evacuación
Localidad puntual El Rodeo	33.12 m al noreste	Alto Riesgo geométrico de los escenarios 5, 6 y 9; fuera del eje de máxima concentración	Exposición sobre las líneas de confianza de dirección de viento, no sobre el eje de la pluma	Sistema de alerta; refugio en sitio; procedimiento de aviso a la población
Localidad de área Tomixtlahuacán	829.47 m al sureste, sobre el eje de las plumas	Amortiguamiento exclusivamente del escenario 6, por 15 m	Molestia sensible, irritación o efectos asintomáticos, transitorios y reversibles	Refugio en sitio, que limita la concentración interior al 34.3 % de la exterior a los 60 min
Población de la cabecera municipal	5,419.9 m al noreste	Fuera de la totalidad de las zonas y en dirección opuesta al eje de las plumas	Ninguna	No requiere medida
Ocupantes de escuelas y consultorios médicos	De 6,266.9 a 7,052.2 m al noreste	Fuera de la totalidad de las zonas	Ninguna	No requiere medida

II.3.2.5. Cuantificación de la deposición sobre el receptor terrestre

La valoración del efecto sobre la vegetación y sobre el suelo exige la cuantificación de la deposición superficial que la pluma produce, magnitud que se obtiene del cociente entre la masa liberada y la superficie sobre la que se distribuye. La estimación se practica sobre el escenario gobernante, que es el de mayor masa emitida, y su resultado acota por exceso la deposición de los 8 escenarios restantes.

La superficie de la pluma del escenario gobernante se aproxima por el sector circular que la envolvente de amortiguamiento define, con la apertura angular que las líneas de confianza de dirección de viento delimitan. La expresión y su resultado son los siguientes.

$$[\ A(\text{pluma}) \approx (\theta / 360) \cdot \pi \cdot x^2 \qquad \text{con } x = 814 \text{ m y } \theta = 60^\circ\ ]$$

$$[\ A(\text{pluma}) \approx (60 / 360) \cdot \pi \cdot (814)^2 = 3.47 \times 10^5 \text{ m}^2 = 34.7 \text{ ha}\ ]$$

$$[\ D(\text{superficial}) = m(\text{liberada}) / A(\text{pluma}) = 170 \text{ kg} / 3.47 \times 10^5 \text{ m}^2 = 4.90 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^2\ ]$$

$$[\ D(\text{superficial}) = 0.49 \text{ g/m}^2 = 4.90 \text{ kg/ha}\ ]$$

La deposición superficial media resultante es de 0.49 gramos de cloruro de hidrógeno por metro cuadrado sobre la superficie de la pluma, equivalente a 4.90 kg/ha, bajo la hipótesis conservadora de que la totalidad de la masa emitida se deposita y ninguna fracción abandona el sector. La distribución real no es uniforme sino que concentra la deposición sobre el eje y decrece hacia los bordes, de modo que el valor consignado corresponde al promedio y no al máximo.

La magnitud de esta deposición debe leerse frente a la capacidad de amortiguamiento del receptor. El sustrato del emplazamiento es de naturaleza carbonatada, compuesto por caliza y esquisto, y su capacidad de neutralización de acidez es del orden de cientos de kilogramos de equivalente ácido por hectárea sobre el horizonte superficial. La deposición de 4.90 kg/ha de un evento único queda en consecuencia neutralizada por el propio sustrato sin alteración medible del pH del suelo.

Tabla 34: Deposición superficial estimada por escenario sobre el receptor terrestre

Esc.	Masa liberada	Alcance de amortiguamiento	Superficie de pluma estimada	Deposición superficial media
6	170 kg de HCl	814 m	34.7 ha	4.90 kg/ha; 0.49 g/m²
5	99.6 kg de HCl	617 m	19.9 ha	5.00 kg/ha; 0.50 g/m²
9	12.5 kg de HCN	219 m	2.51 ha	4.98 kg/ha; 0.50 g/m²
8	6.48 kg de HCN	78 m	0.32 ha	20.3 kg/ha; 2.03 g/m²
4	3.98 kg de HCN	61 m	0.19 ha	20.9 kg/ha; 2.09 g/m²
2	3.37 kg de HCN	56 m	0.16 ha	21.1 kg/ha; 2.11 g/m²
7	3.13 kg de HCN	55 m	0.16 ha	19.6 kg/ha; 1.96 g/m²
3	3.11 kg de HCN	55 m	0.16 ha	19.4 kg/ha; 1.94 g/m²
1	2.82 kg de HCN	52 m	0.14 ha	20.1 kg/ha; 2.01 g/m²

La lectura de esta tabla arroja un resultado que conviene señalar de forma expresa. La deposición superficial media de los escenarios de cianuro de menor alcance es superior a la del escenario gobernante, pese a que su masa emitida es 2 órdenes de magnitud inferior, porque la superficie sobre la que se distribuye es 3 órdenes de magnitud menor. Ahora bien, esa superficie se circunscribe al interior del propio banco de proceso, sobre suelo ya intervenido por las obras del Proyecto y desprovisto de cobertura vegetal, de modo que la deposición carece de receptor biótico. La deposición sobre vegetación conservada corresponde de forma exclusiva a la fracción de las plumas de los escenarios 5 y 6 que rebasa el borde del área del proyecto.

II.3.2.6. Eficacia de las salvaguardas de ingeniería y determinación de significancia

El cuarto argumento de la valoración es el de la eficacia acreditada de las salvaguardas de ingeniería incorporadas al diseño. Su desarrollo no descansa en la enumeración de las barreras sino en la cuantificación de su efecto sobre la magnitud del riesgo, que el apartado I.4.2.4 del Capítulo I practica sobre las 31 desviaciones que el Análisis de Riesgos y Operabilidad registró.

El resultado de esa cuantificación es el siguiente. En la evaluación de riesgo inherente, esto es, la que corresponde a la ausencia de salvaguardas, ninguna de las 31 desviaciones alcanza la categoría de riesgo no tolerable, y 12 de ellas resultan de categoría indeseable. En la evaluación de riesgo operacional, esto es, la que corresponde a las salvaguardas efectivamente incorporadas al diseño, ninguna desviación permanece en categoría indeseable: las 12 migran a categoría aceptable con control o a categoría aceptable. La instalación no transfiere a la operación desviación alguna de categoría indeseable.

Tabla 35: Efecto cuantificado de las salvaguardas de ingeniería sobre la magnitud del riesgo

Categoría de riesgo	Denominación	Desviaciones en riesgo inherente	Desviaciones en riesgo operacional	Variación
A	No tolerable	0	0	Sin variación
B	Indeseable	12	0	−12
C	Aceptable con control	19	19	Sin variación
D	Aceptable	0	12	+12
Total	Desviaciones registradas	31	31	Sin variación

La eficacia de las salvaguardas se acredita asimismo sobre la propia estructura de los términos fuente. El escenario gobernante de la instalación emite a la atmósfera el 3.05 % del inventario que pierde contención, y el gobernante por cianuro el 0.16 % del inventario potencial de la instalación. Esas fracciones no son el resultado de una estimación optimista, sino la consecuencia física del confinamiento del derrame en la contención secundaria y de la limitación que la transferencia de

masa desde la superficie libre del charco impone a la emisión. La contención secundaria es, en términos de reducción de la consecuencia ambiental, la salvaguarda de mayor eficacia del Proyecto.

La determinación de significancia que la guía exige se formula, sobre los 4 argumentos desarrollados, en los términos siguientes. La magnitud de la masa efectivamente emitida es de decenas de kilogramos sobre inventarios de miles. La duración del fenómeno no excede los 60 min y su disipación posterior se resuelve en poco más de 6. Las 2 especies liberadas carecen de persistencia y de capacidad de bioacumulación, y su degradación en el medio es rápida y completa. Las salvaguardas incorporadas suprimen la totalidad de las desviaciones de categoría indeseable y limitan la emisión a una fracción porcentual del inventario. Ninguna área natural protegida, zona de reserva ecológica ni cuerpo de agua superficial permanente queda comprendido dentro de las zonas de protección. La totalidad de los usos humanos de mayor sensibilidad se localiza a más de 7 veces el alcance de amortiguamiento del escenario gobernante.

La conjunción de estas condiciones determina que la significancia de los posibles eventos extraordinarios identificados sobre la homeostasis y la resiliencia del sistema ambiental sea baja, y que su magnitud quede comprendida dentro de la capacidad de absorción del ecosistema receptor sin alteración de su estructura ni de su función. Esta determinación no descansa en la improbabilidad de los eventos, que el presente Estudio no invoca como argumento, sino en la magnitud acotada de su consecuencia aun bajo las hipótesis de castigo mecánico más severas que la guía prescribe y bajo las condiciones meteorológicas más desfavorables del emplazamiento.

Tabla 36: Determinación de significancia por componente del sistema ambiental

Componente	Efecto potencial identificado	Duración del efecto	Reversibilidad	Significancia determinada
Calidad del aire	Incremento transitorio de la concentración de HCl o de HCN sobre el eje de la pluma	60 min de emisión más 6.2 min de disipación	Completa; sin acumulación	Baja; el efecto cesa con la disipación de la pluma
Vegetación de selva baja caducifolia	Necrosis de punta y de margen sobre hoja expuesta por deposición ácida	Hasta la renovación foliar del ciclo anual	Completa; sin compromiso de la supervivencia del individuo	Baja; resuelta por la fenología caducifolia de la comunidad
Vegetación secundaria y cultivo de temporal	Deposición ácida sobre follaje de la superficie situada en el eje de la pluma	Hasta la renovación del ciclo de cultivo	Completa	Baja; sobre superficie previamente intervenida
Fauna	Exposición aguda por inhalación durante el evento	Duración del evento	Completa por desplazamiento y retorno posterior	Baja; especies de amplia distribución con capacidad de desplazamiento
Suelo	Deposición ácida sobre el horizonte superficial	Hasta la neutralización por el sustrato carbonatado	Completa	Baja; capacidad de amortiguamiento químico elevada del sustrato
Escurrimientos intermitentes	Arrastre de deposición durante el periodo de lluvias	Hasta el primer evento de lluvia posterior	Completa por dilución	Baja; sin caudal permanente y con especies no persistentes
Población del entorno	Molestia sensible, irritación o efectos asintomáticos en Tomixtlahuacán bajo el escenario 6	Duración del evento	Completa al cesar la exposición	Baja; concentración del orden del umbral de primer nivel y mitigable por refugio en sitio
Personal de operación	Exposición aguda dentro de la Zona de Alto Riesgo	Hasta la evacuación	Condicionada a la actuación de las barreras	Controlada; detección con alarma por debajo del umbral

Componente	Efecto potencial identificado	Duración del efecto	Reversibilidad	Significancia determinada
				de Alto Riesgo y protección respiratoria de escape
Área natural protegida, reserva ecológica o cuerpo de agua permanente	No se identifica elemento de esta naturaleza dentro de las zonas de protección	No aplica	No aplica	Nula; no existe receptor de esta naturaleza

II.3.2.7. Conclusión del Capítulo

Las zonas de protección del Proyecto Ana Paula quedan delimitadas de forma exclusiva por el criterio de toxicidad expresada como concentración atmosférica, dado que la verificación cuantitativa de los apartados II.1.3 y II.1.4 acredita que la instalación no genera radio potencial de afectación alguno por radiación térmica ni por sobrepresión de onda de choque.

La envolvente de la instalación la fija el escenario 6, correspondiente a la ruptura total de la línea de distribución de ácido clorhídrico, cuya Zona de Alto Riesgo alcanza 220 m y cuya Zona de Amortiguamiento se extiende hasta 814 m desde el punto de liberación. El escenario gobernante por cianuro es el 9, con116 y 219 m, respectivamente. Los 7 escenarios restantes producen envolventes comprendidas entre 27 y 42 m de Alto Riesgo y entre 52 y 78 m de Amortiguamiento.

El análisis de interacciones de riesgo establece que la instalación no presenta secuencia alguna de propagación por radiación térmica ni por sobrepresión, y que las 5 secuencias identificadas operan de forma exclusiva sobre la capacidad de intervención humana o sobre la estabilidad de la contención. La totalidad de ellas se encuentra interceptada por barreras de diseño incorporadas al Proyecto, con la sola excepción de la segunda, cuya supresión constituye la recomendación de ingeniería de mayor prioridad del Estudio y consiste en la incorporación de una válvula de corte automático sobre la línea de distribución de ácido clorhídrico.

La compatibilidad del Proyecto con la infraestructura existente queda acreditada sobre la ausencia de elemento alguno de terceros dentro de la Zona de Alto Riesgo de ninguno de los 9 escenarios, sobre la magnitud despreciable de la consecuencia material sobre los 2 elementos comprendidos dentro de la Zona de Amortiguamiento del escenario gobernante, y sobre la ausencia de instalación industrial o de almacenamiento de sustancia peligrosa de terceros en el entorno.

La valoración de efectos sobre el sistema ambiental determina significancia baja sobre la totalidad de los componentes evaluados, sustentada en la magnitud acotada de la masa emitida, que no excede del 3.05 % del inventario de origen en el escenario más desfavorable; en la duración del fenómeno, que no excede los 60 min con disipación posterior de 6.2; en la ausencia de persistencia y de capacidad de bioacumulación de las 2 especies liberadas; y en la eficacia acreditada de las salvaguardas de ingeniería, que suprimen la totalidad de las 12 desviaciones de categoría indeseable que la evaluación de riesgo inherente identificó.

ANEXOS

En la carpeta de ANEXOS correspondiente al capítulo 2 ***CAP II*** se encuentra el anexo *ESCENARIOS* para su consulta.

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

PROYECTO

“CONTINUIDAD AL DESARROLLO DEL RECINTO MINERO ANA PAULA MEDIANTE EXPLOTACIÓN MINERA SUBTERRÁNEA Y PLANTA DE BENEFICIO”

CAPÍTULO III

SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL

Índice

III. SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL....6
III.1 RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS....7
III.1.1 Sistemas de seguridad....11
III.1.1.1 Criterio general de defensa en profundidad y capas de protección independientes....12
III.1.1.2 Sistema instrumentado de seguridad....13
III.1.1.3 Sistema de paro de emergencia....15
III.1.1.4 Instrumentación analítica y control del pH del tren de neutralización....17
III.1.1.5 Instrumentación analítica y control del pH del circuito de cianuración....20
III.1.1.6 Sistemas de contención secundaria de derrames....22
III.1.1.7 Almacenamiento seguro y segregación de reactivos....26
III.1.1.8 Sistemas de destrucción de cianuro y protección de la descarga....30
III.1.1.9 Sistemas de control de emisiones de mercurio de la refinería....31
III.1.1.10 Red de detección de gases, alerta química y telecomunicaciones de emergencia 33
III.1.1.11 Sistema contra incendio....35
III.1.1.12 Estaciones de emergencia, equipo de protección personal y antídoto....39
III.1.1.13 Consolidado de los sistemas de seguridad y plano de localización a escala 1:5,000 41
III.1.2 Medidas preventivas....47
III.1.2.1 Programa de mantenimiento preventivo y jerarquización por criticidad....47
III.1.2.2 Programa de inspección y pruebas de función de los sistemas de seguridad....51
III.1.2.3 Control del consumo, la recepción y el manejo de reactivos....52
III.1.2.4 Gestión del balance de aguas y prevención de descargas no controladas....53
III.1.2.5 Estabilización del arsénico y prevención de la lixiviación....54
III.1.2.6 Control administrativo de los trabajos de alto riesgo....56
III.1.2.7 Programa de contingencias: atención a derrames....58
III.1.2.8 Programa de contingencias: respuesta ante fuga de cianuro....61
III.1.2.9 Programa de contingencias: combate de incendios....63
III.1.2.10 Medidas orientadas a la restauración de la zona afectada en caso de accidente 64
III.1.2.11 Programa de monitoreo ambiental y verificación de la eficacia de las medidas 66
III.1.2.12 Capacitación, simulacros e indicadores integrados de desempeño....67
III.1.2.13 Conclusión del Capítulo....69

Índice de tablas

Tabla 1: Origen metodológico de las recomendaciones técnico-operativas del Proyecto 7
Tabla 2: Recomendaciones técnico-operativas derivadas de las sesiones de Análisis de Riesgos y Operabilidad 8
Tabla 3: Recomendaciones derivadas de la determinación de las zonas de protección y de las interacciones de riesgo 9
Tabla 4: Zonas de protección de los nueve escenarios modelados y prelación de las recomendaciones asociadas 10
Tabla 5: Estado de incorporación de las recomendaciones técnico-operativas 11
Tabla 6: Capas de protección independientes acreditadas en el Proyecto 12
Tabla 7: Asignación de las funciones instrumentadas de seguridad a los nodos del análisis de peligros y operabilidad 13
Tabla 8: Presupuesto de tiempo de respuesta de las funciones instrumentadas de seguridad 14
Tabla 9: Verificación del nivel de integridad de seguridad de las funciones instrumentadas 14
Tabla 10: Distribución de las estaciones de paro de emergencia por área 15
Tabla 11: Funciones instrumentadas gobernadas por el sistema de paro de emergencia 16
Tabla 12: Perfil de consignas de pH del tren de neutralización 17
Tabla 13: Instrumentación analítica del tren de neutralización 18
Tabla 14: Elementos finales del control de pH del tren de neutralización 18
Tabla 15: Secuencia de la función de seguridad del tren de neutralización 19
Tabla 16: Verificación de la integridad del lazo de seguridad del tren de neutralización 19
Tabla 17: Puntos de medición de pH de la instalación, tags y bandas de operación 20
Tabla 18: Umbrales de alarma y acción automática del control de pH del circuito de cianuración 21
Tabla 19: Cascada de corte químico del circuito de cianuración 21
Tabla 20: Aporte pluvial por recinto de contención y caudal de retiro asociado 22
Tabla 21: Verificación volumétrica de los diez sistemas de contención secundaria 23
Tabla 22: Consolidado de los sistemas de contención secundaria del Proyecto 23
Tabla 23: Especificaciones de la obra civil de los sistemas de contención 24
Tabla 24: Tratamiento de juntas de los sistemas de contención 25
Tabla 25: Recubrimientos químicos por recinto de contención 25
Tabla 26: Cárcamos de recuperación, bombeo y destino del fluido recuperado 26
Tabla 27: Inventario consolidado de sustancias almacenadas, capacidad instalada y condición de segregación 26
Tabla 28: Matriz de incompatibilidad y condición de segregación entre sustancias almacenadas 28
Tabla 29: Verificación de la capacidad instalada de almacenamiento frente al inventario de diez días 29
Tabla 30: Contención de los recintos de almacenamiento de líquidos 29
Tabla 31: Equipos y parámetros de diseño del control de emisiones de mercurio 31
Tabla 32: Funciones de seguridad del sistema de control de emisiones de mercurio 31
Tabla 33: Puntos de vigilancia de mercurio en atmósfera de la refinería 32
Tabla 34: Fuentes fijas asociadas al mercurio y régimen normativo aplicable 33
Tabla 35: Escalonamiento de la detección de ácido cianhídrico, actuación automática y actuación del personal 33
Tabla 36: Zonificación de la respuesta ante liberación de ácido cianhídrico 34
Tabla 37: Puntos de reunión y criterio de selección por dirección del viento 35
Tabla 38: Parámetros rectores del sistema de agua contra incendio 35
Tabla 39: Escalonamiento de arranque de los equipos de bombeo contra incendio 36
Tabla 40: Materiales y diámetros de la red de agua contra incendio 37

Tabla 41: Distribución de hidrantes y de monitores fijos por área 37
Tabla 42: Inventario de extintores portátiles y móviles por área 38
Tabla 43: Asignación de agente extintor por clase de fuego 38
Tabla 44: Distancias máximas de recorrido a la unidad extintora por nivel de riesgo 39
Tabla 45: Tipos de unidad extintora, agente y potencial de extinción 39
Tabla 46: Estaciones de emergencia, dotación de antídoto y de oxígeno 39
Tabla 47: Asignación de equipo de protección personal por tarea y nivel 40
Tabla 48: Dotación de los gabinetes de atención a derrames por área 41
Tabla 49: Consolidado de equipos, dispositivos y sistemas de seguridad de la instalación 42
Tabla 50: Criterios de criticidad de activos y sus pesos 47
Tabla 51: Niveles de evaluación de los criterios de criticidad 48
Tabla 52: Frecuencias de mantenimiento preventivo, intervalos y tolerancias de ejecución 48
Tabla 53: Distribución de las tareas de mantenimiento preventivo por área y frecuencia 49
Tabla 54: Indicadores de desempeño del programa de mantenimiento 50
Tabla 55: Verificación cuantitativa de la eficacia del programa de mantenimiento 50
Tabla 56: Programa de pruebas de función y de diagnóstico de los sistemas de seguridad 51
Tabla 57: Consumo de insumos por área, fracción del total y magnitudes de vida de la mina 52
Tabla 58: Balance de aguas por área en condición nominal 53
Tabla 59: Gestión de niveles del depósito de agua y autonomía asociada 54
Tabla 60: Relación molar hierro-arsénico en el circuito y requerimiento de aporte 55
Tabla 61: Límites máximos permisibles aplicables al lodo de neutralización 55
Tabla 62: Retención de arsénico requerida en función de la ley del lodo 55
Tabla 63: Determinaciones de caracterización de la estabilidad del arsénico 56
Tabla 64: Programa de vigilancia de la estabilización del arsénico 56
Tabla 65: Bloques de permiso de trabajo de alto riesgo y firmas exigidas 57
Tabla 66: Condiciones atmosféricas de ingreso a espacio confinado y umbrales de acción 57
Tabla 67: Indicadores de desempeño del control de trabajos de alto riesgo 58
Tabla 68: Clasificación de derrames por nivel 59
Tabla 69: Recursos, notificación y registro asociados a cada nivel de derrame 59
Tabla 70: Aislamiento de la fuente por tipo y condición de verificación 59
Tabla 71: Combinaciones prohibidas durante la atención a derrames 60
Tabla 72: Destino admisible y prohibido del fluido recuperado por corriente 60
Tabla 73: Actividades preventivas del programa de atención a derrames 61
Tabla 74: Estructura de mando de la respuesta y facultades exclusivas 62
Tabla 75: Secuencia de acción individual ante la alerta química 62
Tabla 76: Saneamiento de superficies por sustancia derramada 63
Tabla 77: Programa de verificación e inspección del sistema contra incendio 63
Tabla 78: Clasificación, envase y destino de las corrientes generadas en la atención y restauración 65
Tabla 79: Criterios de conformidad de la restauración y acción ante la no conformidad 65
Tabla 80: Programa de monitoreo ambiental por componente 66
Tabla 81: Contrastes de verificación de la eficacia de las medidas preventivas 67
Tabla 82: Programa integrado de capacitación y simulacros 67
Tabla 83: Indicadores integrados de desempeño de las medidas preventivas 68

Índice de figuras

Figura 1: Plano de localización de los equipos, dispositivos y sistemas de seguridad. Hoja 1 de 3, conjunto del emplazamiento. Escala 1:5,000 44

Figura 2: Plano de localización de los equipos, dispositivos y sistemas de seguridad. Hoja 2 de 3, ampliación del bloque de proceso. Escala 1:1,250 45
Figura 3: Plano de localización de los equipos, dispositivos y sistemas de seguridad. Hoja 3 de 3, simbología y consolidado de los sistemas de seguridad 46

III. SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL

El presente Capítulo reúne el conjunto de medidas de seguridad y preventivas que el Proyecto incorpora para evitar el deterioro del ambiente durante la operación normal de la planta de beneficio, para contener y controlar los eventos extraordinarios identificados en el análisis de riesgos y para restaurar la zona afectada en el supuesto de que alguno de esos eventos llegue a materializarse. El Capítulo no introduce criterio alguno ajeno a los dos Capítulos que lo preceden. Su función es exponer, con el detalle que la evaluación requiere, el modo en que las conclusiones de la identificación de riesgos del Capítulo I y de la determinación de las zonas de protección del Capítulo II quedan traducidas en equipo instalado, en instrumentación con función de seguridad, en obra civil de contención, en programas de mantenimiento y de inspección con periodicidad declarada, y en procedimientos de respuesta con tiempos y responsables asignados.

La capacidad de tratamiento que gobierna la totalidad de los dimensionamientos de este Capítulo es de 2,000 toneladas por día de mineral, equivalentes a 83.33 toneladas por hora en régimen continuo de 365 días al año, esto es, 730,000 toneladas anuales y 6.57 millones de toneladas a lo largo de los once años de vida de la mina. Toda cifra de inventario, de consumo, de volumen de contención, de dotación de equipo de respuesta y de carga de trabajo de mantenimiento que se presenta en los apartados siguientes se deriva de esa capacidad y no de una estimación independiente.

La organización del Capítulo replica la estructura solicitada. El apartado III.1 expone las recomendaciones técnico-operativas que resultan de la aplicación de la metodología de identificación de riesgos y de la evaluación de las zonas de afectación, con la trazabilidad expresa de cada recomendación a la desviación o al escenario que la motiva. El apartado III.1.1 describe a detalle los equipos, dispositivos y sistemas de seguridad con que contará la instalación, considerados para la prevención, el control y la atención de eventos extraordinarios, e incorpora el plano de localización a escala 1:5,000 que la guía requiere. El apartado III.1.2 expone las medidas preventivas, incluidos los programas de mantenimiento e inspección, los programas de contingencias aplicables durante la operación normal del Proyecto y las medidas orientadas a la restauración de la zona afectada en caso de accidente.

III.1 RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS

Las recomendaciones técnico-operativas que se presentan en este apartado son el producto directo de dos ejercicios analíticos ya concluidos y documentados en los Capítulos precedentes. El primero es la aplicación de la metodología de Análisis de Riesgos y Operabilidad sobre los nodos de proceso definidos en el apartado I.4.2, de la que resultan treinta y una desviaciones evaluadas, jerarquizadas por magnitud y clasificadas en las categorías A, B, C y D de la matriz de categorización adoptada. El segundo es la determinación de los radios potenciales de afectación y de las interacciones de riesgo del apartado II.1, de la que resultan nueve escenarios modelados, sus Zonas de Alto Riesgo y de Amortiguamiento, y cinco secuencias de interacción por efecto dominó dentro de la planta de beneficio.

Ninguna recomendación de este apartado procede de una fuente distinta de esos dos ejercicios. Cada una se dirige de forma expresa a la desviación que la motiva, o a la secuencia de interacción sobre la que actúa, y se enuncia en términos de una acción de ingeniería verificable, no de una intención genérica de mejora.

La correspondencia entre el apartado de origen, el producto analítico y la naturaleza de la recomendación que de él se desprende se establece en los términos siguientes.

Tabla 1: Origen metodológico de las recomendaciones técnico-operativas del Proyecto

Apartado de origen	Producto analítico	Naturaleza de la recomendación derivada
I.4.1	Antecedentes de accidentes e incidentes en proyectos similares con cianuro de sodio y con ácido clorhídrico	Verificación de que los mecanismos de falla históricamente registrados quedan interceptados por una salvaguarda del Proyecto
I.4.2.3	Definición de los nodos de proceso y sincronización con la modelación de consecuencias	Instrumentación de la variable de control cuyo valor constituye el término fuente de un escenario modelado
I.4.2.4	Sesiones de Análisis de Riesgos y Operabilidad sobre treinta y una desviaciones	Incorporación de salvaguarda activa, de enclavamiento o de prueba periódica sobre la desviación evaluada
I.4.2.5	Criterios de castigo mecánico para fallas catastróficas	Inspección de los elementos mecánicos cuya falla constituye el mecanismo de consecuencia del escenario catastrófico
I.4.2.6	Jerarquización cuantitativa de los riesgos identificados	Priorización de la ejecución conforme a la categoría de riesgo resultante
II.1.1	Radios potenciales de afectación de los nueve escenarios modelados	Confirmación de que la zona de afectación queda comprendida dentro del perímetro del Proyecto o acotada por una barrera declarada
II.1.2	Interacciones de riesgo y análisis de efecto dominó	Supresión de la dependencia de la intervención humana en la interrupción de la secuencia de propagación
II.1.3	Efectos sobre el sistema ambiental	Sostenimiento en el tiempo de las salvaguardas de las que depende la determinación de no significancia

El criterio de la guía establece que las recomendaciones propuestas en este apartado deben ser el resultado de la identificación de riesgos y de la determinación de las zonas de afectación. La tabla anterior acredita esa condición de forma explícita: no existe en este Capítulo recomendación alguna cuya columna de origen quede vacía.

Las sesiones de Análisis de Riesgos y Operabilidad producen doce recomendaciones de ingeniería. Estas recomendaciones se dirigen a las desviaciones cuya salvaguarda existente resulta de menor robustez que la del escenario homólogo del otro reactivo, o cuya variable de control no se encuentra instrumentada con alarma. Se reproducen a continuación en su redacción original, con la clave de la desviación que las motiva, el efecto esperado sobre el riesgo y el responsable de su ejecución.

Tabla 2: Recomendaciones técnico-operativas derivadas de las sesiones de Análisis de Riesgos y Operabilidad

Clave	Recomendación de ingeniería	Efecto esperado sobre el riesgo	Responsable
1.02.02	Incorporar en la línea de distribución de ácido clorhídrico una válvula de corte automático con actuación desde el Cuarto de Control Central, homóloga de la válvula 400-XV-011 de la línea de cianuro	Reduce el tiempo de fuga del escenario y con ello la masa total liberada	Ingeniería de detalle
1.02.02	Extender la red de detección fija de gas al recinto del almacén de ácido clorhídrico con medición de cloruro de hidrógeno	Adelanta la detección de la fuga al intervalo previo al umbral de Alto Riesgo	Ingeniería de detalle
1.02.02	Enclavar la detección de fuga en el dique del tanque 500-TK-005 con el cierre de la válvula de corte automático recomendada	Convierte la detección en acción automática y suprime la dependencia de la maniobra manual	Ingeniería de detalle
1.03.01	Someter a prueba hidráulica periódica con registro la ausencia de comunicación entre las redes de drenaje del Área 400 y del Área 500	Sostiene en el tiempo la barrera pasiva que impide la mezcla de corrientes incompatibles	Operación y mantenimiento
3.05.01	Incorporar un enclavamiento de secuencia entre el recipiente de lavado ácido 500-TK-003 y el recipiente de extracción 500-V-001 que impida la transferencia de carbón sin el enjuague intermedio acreditado	Suprime el mecanismo iniciador del escenario de generación de ácido cianhídrico en la refinería	Ingeniería de detalle
1.06.01	Instrumentar el pH de la solución concentrada del tanque 400-TK-003 con alarma de bajo pH	Acredita de forma continua la especificación de pH sobre la que se calcula el término fuente de los Escenarios 1 y 2	Ingeniería de detalle
2.01.01	Someter el arreglo analítico de tres canales 400-AIT-001A, B y C a prueba de función periódica con registro individual de canal, incluida la verificación de la resolución por votación dos de tres	Sostiene la integridad declarada de la función instrumentada de seguridad de corte de cianuro	Operación y mantenimiento
4.01.01	Incorporar alarma de alta concentración sobre el analizador de cianuro disociable en ácido débil de la descarga, enclavada al paro de la alimentación al	Impide la propagación del cianuro residual al depósito de jales	Ingeniería de detalle

Clave	Recomendación de ingeniería	Efecto esperado sobre el riesgo	Responsable
	espesamiento de jales		
4.01.01	Incorporar la medición de potencial de óxido-reducción al lazo de control de la dosificación de metabisulfito de sodio, en configuración de control en cascada sobre la lectura de cianuro	Anticipa la desviación del circuito de destrucción antes de que se manifieste en la concentración de descarga	Ingeniería de detalle
2.02.01	Incorporar al programa de inspección la verificación periódica del anclaje de los recipientes atmosféricos del Área 400	Interviene sobre el mecanismo de consecuencia de la solicitación sísmica en esta desviación	Operación y mantenimiento
1.05.01	Verificar en la prueba de aceptación el arranque automático de la bomba dosificadora de reserva 400-P-011B ante la falla de la bomba en operación	Sostiene el descenso de la magnitud del riesgo de producción atribuido a la redundancia instalada	Puesta en marcha
1.07.01 y 2.08.01	Establecer el procedimiento de vaciado programado de los diques de contención previo a la temporada de lluvias, con registro de volumen libre disponible	Sostiene la capacidad de contención frente a la concurrencia de derrame y precipitación	Operación y mantenimiento

De las doce recomendaciones, seis corresponden a la ingeniería de detalle y se incorporan como requisito de diseño; cuatro corresponden a la operación y al mantenimiento y se incorporan como actividad con periodicidad declarada dentro de los programas del apartado III.1.2; una corresponde a la puesta en marcha y se incorpora como prueba de aceptación; y una, la primera de la clave 1.02.02, condiciona a las otras dos de la misma clave, pues la detección extendida y el enclavamiento de la detección sobre el dique carecen de elemento final sobre el cual actuar si la válvula de corte automático no queda instalada.

La determinación de las zonas de protección del apartado II.1 produce un segundo conjunto de recomendaciones. Estas no proceden del examen de desviaciones sino de la evaluación de las consecuencias modeladas y de las secuencias de interacción identificadas dentro de la planta. Su rasgo común es que actúan sobre la propagación del evento una vez iniciado, y no sobre su iniciación.

Tabla 3: Recomendaciones derivadas de la determinación de las zonas de protección y de las interacciones de riesgo

Medida	Secuencia o escenario sobre el que actúa	Naturaleza de la actuación
Corte automático de la dosificación de cianuro por votación dos de tres	Primera secuencia de interacción	Automática, sin intervención humana, con retardo de treinta segundos
Válvula de corte automático sobre la línea de ácido clorhídrico	Segunda secuencia de interacción; Escenarios 5 y 6	Automática desde el Cuarto de Control Central; constituye recomendación de ingeniería
Secuencia obligatoria de enjuague entre lavado ácido y extracción	Tercera secuencia de interacción; Escenario 8	Procedimental, con enclavamiento de secuencia recomendado
Segregación en cuatro planos entre almacenes incompatibles	Tercera secuencia de interacción	Pasiva, por disposición física; no depende de actuación alguna
Losa continua de contención sin juntas pasantes	Cuarta secuencia de interacción; Escenario 9	Pasiva, por diseño civil; no depende de actuación alguna
Válvula de seguridad e interbloqueo de temperatura del recipiente de extracción	Quinta secuencia de interacción; Escenario 8	Automática; la válvula de seguridad no depende de energía ni de señal
Red de detección fija de ácido	Todas las secuencias	Automática; dispara la alarma de

cianhídrico con alarma escalonada		campo antes del umbral de Alto Riesgo
Sistema de alerta y de telecomunicaciones de emergencia	Todas las secuencias	Automática y manual; difunde la alarma a la totalidad de la superficie del Proyecto
Sistema de paro de emergencia por desenergización	Todas las secuencias	Automática; la pérdida de energía conduce la planta al estado seguro

La segunda de estas medidas coincide con la primera recomendación de la clave 1.02.02 de la tabla precedente. La coincidencia no es redundancia: acredita que dos ejercicios analíticos independientes, uno de examen sistemático de desviaciones y otro de modelación de consecuencias y de interacciones, convergen sobre el mismo elemento faltante de la ingeniería. Esa convergencia sitúa la instalación de la válvula de corte automático sobre la línea de ácido clorhídrico como la recomendación de mayor prelación del Capítulo.

El orden de prelación de la ejecución se establece sobre la categoría de riesgo de la desviación de origen y sobre la magnitud de la zona de afectación del escenario asociado. Las zonas resultantes de la modelación, ordenadas de mayor a menor alcance de amortiguamiento, son las siguientes.

Tabla 4: Zonas de protección de los nueve escenarios modelados y prelación de las recomendaciones asociadas

Esc.	Descripción del escenario	Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento	Prelación
6	Ruptura total de línea de ácido clorhídrico	220 m	De 220 a 814 m	Primera
5	Fuga en línea de ácido clorhídrico	166 m	De 166 a 617 m	Primera
9	Acidificación de solución cianurada por ácido clorhídrico	116 m	De 116 a 219 m	Segunda
8	Descarga del recipiente de extracción de carbón	42 m	De 42 a 78 m	Segunda
4	Falla catastrófica de tanque de cianuración	33 m	De 33 a 61 m	Tercera
2	Ruptura total de línea de solución de cianuro	30 m	De 30 a 56 m	Tercera
3	Pérdida de control de pH en el tren de cianuración	29 m	De 29 a 55 m	Tercera
7	Pérdida de eficiencia del circuito de destrucción	29 m	De 29 a 55 m	Tercera
1	Fuga en línea de solución de cianuro de sodio	27 m	De 27 a 52 m	Tercera

Los dos escenarios de mayor alcance corresponden a la línea de ácido clorhídrico y son precisamente aquellos sobre los que actúan las tres recomendaciones de la clave 1.02.02. El escenario de tercer alcance, la acidificación de solución cianurada, queda interceptado por la losa continua de contención sin juntas pasantes y por la prueba hidráulica periódica de la recomendación 1.03.01. El cuarto, la descarga del recipiente de extracción de carbón, queda interceptado por el enclavamiento de secuencia de la recomendación 3.05.01. Los cinco escenarios restantes, todos de ácido cianhídrico y con zona de amortiguamiento inferior a sesenta y dos metros, quedan comprendidos íntegramente dentro del perímetro de la planta de beneficio.

La prelación así establecida no altera la obligatoriedad de ninguna de las doce recomendaciones. Fija únicamente el orden en que su incorporación a la ingeniería de detalle debe acreditarse, de modo que la reducción de riesgo se obtenga primero sobre los escenarios cuya zona de afectación es de mayor extensión.

El estado de incorporación de cada recomendación al cuerpo de la ingeniería, al momento de la presentación de este Estudio, se declara sin excepción en los términos siguientes.

Tabla 5: Estado de incorporación de las recomendaciones técnico-operativas

Recomendación	Vía de incorporación	Apartado de este Capítulo que la desarrolla
Válvula de corte automático en la línea de ácido clorhídrico	Requisito de la ingeniería de detalle	III.1.1.7
Detección fija de cloruro de hidrógeno en el almacén de ácido	Requisito de la ingeniería de detalle	III.1.1.7 y III.1.1.10
Enclavamiento de la detección del dique 500-TK-005 con el corte	Requisito de la ingeniería de detalle	III.1.1.3 y III.1.1.7
Prueba hidráulica periódica de la segregación de drenajes	Actividad del programa de inspección	III.1.2.2 y III.1.2.7
Enclavamiento de secuencia entre lavado ácido y extracción	Requisito de la ingeniería de detalle	III.1.1.9
Alarma de bajo pH en el tanque de solución concentrada 400-TK-003	Requisito de la ingeniería de detalle	III.1.1.5
Prueba de función con registro individual de canal del arreglo 400-AIT-001A, B y C	Actividad del programa de pruebas de función	III.1.2.2
Alarma de alta concentración sobre el analizador de cianuro disociable en ácido débil	Requisito de la ingeniería de detalle	III.1.1.3 y III.1.1.8
Medición de potencial de óxido-reducción en cascada sobre la dosificación de metabisulfito	Requisito de la ingeniería de detalle	III.1.1.8
Verificación periódica del anclaje de recipientes atmosféricos del Área 400	Actividad del programa de inspección	III.1.2.1
Verificación del arranque automático de la bomba 400-P-011B	Prueba de aceptación en puesta en marcha	III.1.2.2
Vaciado programado de diques previo a la temporada de lluvias	Procedimiento operativo con registro	III.1.1.6 y III.1.2.4

Ninguna de las doce recomendaciones queda sin vía de incorporación declarada y sin apartado que la desarrolle. Las seis que constituyen requisito de la ingeniería de detalle se describen en el apartado III.1.1 como elementos del sistema de seguridad del Proyecto; las cuatro que constituyen actividad periódica y las dos restantes se describen en el apartado III.1.2 como medidas preventivas, con la frecuencia, el criterio de aceptación y el registro que las acreditan.

III.1.1 Sistemas de seguridad

Este apartado describe a detalle los equipos, dispositivos y sistemas de seguridad con que contará la instalación, considerados para la prevención, el control y la atención de eventos extraordinarios. La descripción se ordena por sistema y no por área, de modo que cada elemento quede expuesto junto con la variable que vigila, la arquitectura con que se instrumenta, el elemento final sobre el que actúa, el tiempo de respuesta que se le exige y la desviación o el escenario cuya consecuencia intercepta. Al cierre del apartado se presenta el consolidado de todos los sistemas y el plano de localización a escala 1:5,000 que la guía requiere.

III.1.1.1 Criterio general de defensa en profundidad y capas de protección independientes

La totalidad de los sistemas de seguridad del Proyecto se organiza conforme al principio de defensa en profundidad. El principio establece que ningún evento peligroso quede interceptado por una sola barrera, y que las barreras sucesivas sean independientes entre sí, de manera que la falla de una no comprometa el desempeño de las restantes. La independencia se acredita en tres planos: independencia de la variable medida, independencia del elemento final sobre el que se actúa e independencia de la alimentación eléctrica y neumática.

El Proyecto acredita siete capas de protección. Las cuatro primeras son de prevención, esto es, actúan sobre la probabilidad de que el evento peligroso llegue a producirse. Las tres restantes son de mitigación, esto es, actúan sobre la magnitud de la consecuencia una vez que el evento se ha producido. El crédito acreditado a cada capa en el análisis de capas de protección es el que a continuación se declara.

Tabla 6: Capas de protección independientes acreditadas en el Proyecto

Orden	Capa de protección	Naturaleza	Tipo	Crédito acreditado
1	Diseño inherentemente más seguro	Segregación, topografía y secuencia obligatoria	Prevención	No cuantificado; elimina la vía
2	Control distribuido con lazos de regulación	Regulación automática de la variable	Prevención	Factor 10
3	Alarma de proceso con intervención del operador	Acción humana procedimentada y adiestrada	Prevención	Factor 10 solo si el tiempo es holgado
4	Sistema instrumentado de seguridad	Función instrumentada independiente	Prevención	Factor 100 a 1,000 según nivel
5	Alivio mecánico de presión	Dispositivo pasivo sin alimentación	Mitigación	Factor 100
6	Contención secundaria dimensionada	Dique con volumen verificado	Mitigación	Factor 100
7	Detección de gas, ventilación y respuesta	Alerta, evacuación y brigada	Mitigación	Factor 10

La relación entre la frecuencia del evento iniciador, el conjunto de capas independientes y la frecuencia mitigada que resulta es la siguiente.

$$[\ f(\text{mitigada}) = f(\text{iniciador}) \times \Pi\ PFD(\text{capas independientes})\ ]$$

$$[\ RRF(\text{requerido}) = f(\text{mitigada}) / f(\text{tolerable})\ ]$$

$$[\ PFDavg(SIF) \leq 1 / RRF(\text{requerido})\ ]$$

La primera capa no se cuantifica porque no reduce la probabilidad del evento sino que suprime la vía por la que el evento podría producirse. Corresponde a decisiones de disposición general y de secuencia de proceso: la segregación absoluta entre el almacén de cianuro de sodio del Área 400 y el almacén de ácido clorhídrico del Área 500, la ausencia de comunicación entre las redes de drenaje de ambas áreas, la conducción de la escorrentía de cada dique hacia su propio cárcamo de recuperación y la secuencia obligatoria de enjuague entre el lavado ácido y la extracción del carbón cargado.

La tercera capa acredita crédito únicamente cuando el tiempo disponible entre la alarma y la consecuencia es holgado respecto del tiempo de reacción del operador. En las funciones de corte químico del tren de cianuración ese tiempo no es holgado, razón por la cual la capa de alarma con

intervención humana no recibe crédito y la reducción de riesgo recae íntegramente sobre la cuarta capa, el sistema instrumentado de seguridad.

La independencia entre la segunda y la cuarta capa se acredita por segregación física y lógica: el control distribuido y el solucionador lógico de seguridad residen en gabinetes distintos, con alimentación eléctrica redundante e independiente, y la comunicación entre ambos es unidireccional en el sentido del sistema de seguridad hacia el sistema de control. Ninguna señal originada en el sistema de control puede modificar el estado de una función instrumentada de seguridad.

III.1.1.2 Sistema instrumentado de seguridad

El sistema instrumentado de seguridad constituye la cuarta capa de protección y agrupa cinco funciones instrumentadas independientes. Cada función se define sobre un nodo del análisis de peligros y operabilidad, se dirige a una desviación identificada en ese nodo y produce una consecuencia acotada sobre la cual las capas previas ya han actuado. La asignación de funciones a nodos y desviaciones es la siguiente.

Tabla 7: Asignación de las funciones instrumentadas de seguridad a los nodos del análisis de peligros y operabilidad

Función	Nodo	Desviación identificada	Consecuencia no mitigada	Capas previas acreditadas
SIF-01	Bio-oxidación	Nivel alto por falla de la transferencia de descarga	Derrame de pulpa ácida sobre el dique; pérdida de reactor	Control de nivel; alarma alta; contención secundaria
SIF-02	Ajuste de pH y cianuración	Bajo pH por falla de la dosificación de cal	Volatilización de ácido cianhídrico en el tren de cianuración	Control de alcalinidad; alarma; ventilación de área
SIF-03	Elución	Alta presión y alta temperatura en el recipiente de extracción	Liberación de energía y de solución cianurada caliente	Control de calentamiento; alarma; alivio mecánico
SIF-04	Áreas 300, 400 y 500	Presencia de ácido cianhídrico en atmósfera de área	Exposición del personal por inhalación	Prevención por pH; ventilación permanente; procedimiento
SIF-05	Destrucción de cianuro	Nivel alto y pérdida de aireación del circuito	Descarga de colas con cianuro sobre el objetivo	Control de nivel y de aire; alarma; retención de colas

La arquitectura del solucionador lógico es de redundancia con diagnóstico continuo, alojada en gabinetes dedicados con alimentación eléctrica redundante y segregada del sistema de control distribuido. Los módulos de entrada y de salida son certificados para aplicación de seguridad y su comportamiento ante falla conduce a la acción segura. La red de comunicación del sistema de seguridad es un anillo redundante de fibra óptica sobre el que el protocolo aplica el principio de canal negro: la integridad del mensaje se verifica en los extremos, de modo que ningún defecto del medio de transmisión puede producir una acción indebida ni suprimir una acción debida.

Los transmisores de campo son de tipo inteligente con diagnóstico interno. En las variables cuya falla peligrosa no es autodeclarada por el diagnóstico, la arquitectura se refuerza con votación. Las funciones que gobiernan la liberación potencial de ácido cianhídrico emplean votación de dos entre tres, configuración que tolera la falla de un canal sin producir disparo espurio y sin perder la capacidad de actuación; ante la falla declarada de un canal el arreglo degrada de forma controlada

a votación de uno entre dos, condición más exigente, con plazo máximo de setenta y dos horas para la restitución del canal en falla.

Las válvulas de corte de emergencia son de acción por resorte con posición de falla definida y sometidas a prueba de carrera parcial. La prueba de carrera parcial desplaza el obturador una fracción de su recorrido sin interrumpir el proceso, registra la firma de la maniobra y la contrasta con la firma de referencia; su efecto sobre la integridad es la reducción de la probabilidad de falla del elemento final, que constituye el término dominante del presupuesto de la función.

El presupuesto de tiempo de respuesta de cada función se descompone en el tiempo del sensor, el tiempo de ejecución de la lógica y el tiempo de carrera del elemento final. Los valores adoptados son los siguientes.

Tabla 8: Presupuesto de tiempo de respuesta de las funciones instrumentadas de seguridad

Función	Descripción	Sensor	Lógica	Elemento final	Total adoptado
SIF-01	Sobrellenado de reactores de bio-oxidación	1,000 ms	200 ms	1,000 ms	3,000 ms
SIF-02	Corte de cianuro por baja alcalinidad	500 ms	200 ms	2,000 ms	3,000 ms
SIF-02	Cascada completa incluida la válvula de cal	500 ms	200 ms	3,000 ms	4,000 ms
SIF-03	Sobrepresión del recipiente de extracción	300 ms	200 ms	1,000 ms	2,000 ms
SIF-04	Detección de ácido cianhídrico en atmósfera	30,000 ms	200 ms	2,000 ms	35,000 ms
SIF-05	Sobrellenado y falla de aireación del circuito de destrucción	1,000 ms	200 ms	2,000 ms	3,500 ms

El tiempo de sensor de la función SIF-04 es de treinta segundos porque la variable medida es la concentración de ácido cianhídrico en la atmósfera del área y el tiempo declarado corresponde al retardo de la celda electroquímica y al tránsito de la nube hasta el punto de medición, no al tiempo de proceso de la señal. Ese retardo es la razón por la que la función SIF-04 no se acredita como barrera frente a la liberación sino como barrera frente a la exposición del personal.

La verificación del nivel de integridad de cada función se practica sumando la probabilidad media de falla en demanda de los tres subsistemas. El resultado y el factor de reducción de riesgo alcanzado son los siguientes.

Tabla 9: Verificación del nivel de integridad de seguridad de las funciones instrumentadas

Función	Sensores	Solucionador	Elemento final	Total	RRF	Nivel
SIF-01	4.02×10^{-5} (1oo2)	1.00×10^{-4}	3.50×10^{-3}	3.64×10^{-3}	274	SIL 1
SIF-02	5.95×10^{-5} (2oo3)	1.00×10^{-4}	4.16×10^{-3}	4.32×10^{-3}	231	SIL 2
SIF-03	2.74×10^{-5} (2oo3)	1.00×10^{-4}	6.35×10^{-3}	6.48×10^{-3}	154	SIL 2
SIF-04	9.99×10^{-5} (2oo3)	1.00×10^{-4}	4.16×10^{-3}	4.36×10^{-3}	229	SIL 2
SIF-05	1.08×10^{-4} (1oo2)	1.00×10^{-4}	4.16×10^{-3}	4.37×10^{-3}	229	SIL 2

En las cinco funciones el término dominante es la probabilidad de falla del elemento final, que representa entre el noventa y cinco y el noventa y ocho por ciento del total. Esa dominancia gobierna dos decisiones de ingeniería. La primera es la adopción de la prueba de carrera parcial trimestral sobre las válvulas de corte, que reduce la probabilidad de falla del elemento final de 1.095×10^{-2} a 5.201×10^{-3} y con ello eleva el lazo completo de nivel 1 a nivel 2. La segunda es la exigencia de estanqueidad de cierre verificada, pues una válvula que recorre su carrera pero no sella no ejecuta la función de seguridad.

La lógica booleana de la función SIF-02, la de mayor exigencia de tiempo del conjunto, opera sobre seis canales analíticos distribuidos en dos puntos de medición.

$$[\ A = (AIT\text{-}401A \le 10.5)\quad B = (AIT\text{-}401B \le 10.5)\quad C = (AIT\text{-}401C \le 10.5)\ ]$$

$$[\ D = (AIT\text{-}402A \le 10.5)\quad E = (AIT\text{-}402B \le 10.5)\quad F = (AIT\text{-}402C \le 10.5)\ ]$$

$$[\ VOTO_401 = (A \cdot B) + (A \cdot C) + (B \cdot C)\ ]$$

$$[\ VOTO_402 = (D \cdot E) + (D \cdot F) + (E \cdot F)\ ]$$

$$[\ SIF\text{-}02 = VOTO_401 + VOTO_402\ ]$$

La suma lógica entre los dos bloques de votación significa que el disparo se produce cuando cualquiera de los dos puntos de medición confirma la condición por dos de sus tres canales. La confirmación en un solo punto es suficiente porque la desviación de pH en el tanque de ajuste precede necesariamente a la desviación en el primer tanque de cianuración, y esperar la confirmación de ambos puntos consumiría el margen de tiempo sobre el que se dimensiona la respuesta.

III.1.1.3 Sistema de paro de emergencia

El sistema de paro de emergencia es el dispositivo mediante el cual el personal conduce la instalación al estado seguro sin necesidad de diagnóstico previo de la causa. Se distingue del sistema instrumentado de seguridad en que su iniciador es humano y en que su alcance es de área o de planta, no de lazo. Ambos sistemas comparten el solucionador lógico y los elementos finales, y ambos conducen al mismo estado seguro.

El sistema opera en tres niveles de acción. El nivel 1 corresponde al paro total de planta y se activa desde el Cuarto de Control Central y desde los accesos exteriores. El nivel 2 corresponde al paro de área y se activa desde las estaciones de campo del área afectada. El nivel 3 corresponde al paro local de un equipo o de un tren de equipos y se activa desde la estación adyacente al equipo. La distribución de estaciones y las distancias máximas de alcance son las siguientes.

Tabla 10: Distribución de las estaciones de paro de emergencia por área

Área o emplazamiento	Estaciones	Nivel de acción	Distancia máxima	Criterio de emplazamiento
Área 100 — Trituración y molienda	10	Nivel 2 y 3	15 m	Plataformas, cabezas de banda y puntos de transferencia
Área 200 — Gravimetría, flotación y espesamiento	8	Nivel 2 y 3	15 m	Banco de celdas, acondicionamiento y espesadores
Área 300 — Bio-oxidación, CCD y neutralización	12	Nivel 2	10 m	Una por cada dos reactores, más CCD y neutralización
Área 400 — Ajuste de pH y cianuración CIL	10	Nivel 2	10 m	Una por tanque CIL, más ajuste de pH y almacén de reactivos
Área 500 — Elución,	12	Nivel 2	10 m	Lavado ácido,

Área o emplazamiento	Estaciones	Nivel de acción	Distancia máxima	Criterio de emplazamiento
refinería y destrucción de cianuro				extracción, electrodeposición, hornos e INCO
Área 600 — Planta de pastas y jales filtrados	6	Nivel 2 y 3	15 m	Planta de pastas y plataforma de filtros
Cuarto de Control Central	2	Nivel 1	En consola	Activación de paro total con identificación diferenciada
Caseta de vigilancia y puntos de reunión	4	Nivel 1	En acceso	Activación de paro total desde fuera de la planta
TOTAL	64	—	—	Distribución por consecuencia y distancia de alcance

Las sesenta y cuatro estaciones se distribuyen de modo que ningún punto de operación normal del personal quede a más de quince metros de una estación en las áreas de riesgo ordinario, ni a más de diez metros en las áreas que manejan cianuro, ácido o alta temperatura. La distancia menor en las Áreas 300, 400 y 500 responde a que en ellas el tiempo disponible para alcanzar la estación forma parte del margen sobre el que se dimensiona la respuesta a una liberación tóxica.

El sistema de paro de emergencia gobierna nueve funciones instrumentadas de seguridad, de las cuales cinco corresponden a las funciones descritas en el apartado precedente y cuatro son funciones adicionales de nivel de integridad 1. La relación completa, con la variable de disparo, el nivel asignado y la acción de seguridad, es la siguiente.

Tabla 11: Funciones instrumentadas gobernadas por el sistema de paro de emergencia

Función instrumentada	Variable y umbral	SIL	Acción de seguridad
Corte de dosificación de cianuro por pH bajo	pH ≤ 10.5 en tanque de ajuste y CIL 1	SIL 2	Cierre de válvulas de dosificación de cianuro de sodio; dosificación de cal activa
Aislamiento por detección de ácido cianhídrico	HCN ≥ 10 ppm en área	SIL 2	Cierre de líneas cianuradas; ventilación de emergencia; evacuación local
Protección por sobrepresión del recipiente de extracción	Presión > 605 kPa manométricos	SIL 2	Corte de calentamiento; despresurización controlada; alivio mecánico
Corte de combustible de hornos	Gas combustible ≥ 25 % del límite inferior de explosividad o detección de incendio	SIL 2	Cierre de válvula de combustible; paro del quemador; ventilación
Desvío por falla de neutralización	pH de pulpa neutralizada fuera de rango	SIL 2	Desvío a tanque de contingencia; bloqueo de avance a cianuración
Protección por nivel alto-alto en tanques	Nivel > 90 % de la altura útil	SIL 1	Paro de bombas de alimentación aguas arriba; apertura de desvío
Control térmico de reactores de bio-oxidación	Temperatura sostenida sobre el límite bacteriano	SIL 1	Apertura total de enfriamiento; corte de alimentación al reactor
Retención de colas por cianuro residual	Cianuro disociable en ácido débil sobre el objetivo de descarga	SIL 1	Bloqueo de descarga al espesador; retención de colas

Función instrumentada	Variable y umbral	SIL	Acción de seguridad
Interrupción de celdas por hidrógeno	Hidrógeno ≥ 25 % del límite inferior de explosividad	SIL 1	Interrupción de alimentación eléctrica de las celdas

La octava de estas funciones incorpora la recomendación de la clave 4.01.01 relativa a la alarma de alta concentración sobre el analizador de cianuro disociable en ácido débil de la descarga, enclavada al paro de la alimentación al espesamiento de jales. La sexta incorpora, por la vía del nivel alto-alto sobre los tanques del Área 500, el enclavamiento de la detección de fuga en el dique del tanque de ácido clorhídrico con el cierre de la válvula de corte automático recomendada en la clave 1.02.02.

El principio de actuación del sistema es la desenergización. Todo elemento final del sistema de paro de emergencia adopta su posición segura al perder la señal de mando o la alimentación. En consecuencia, la pérdida total de energía eléctrica en la instalación no constituye un modo de falla del sistema de paro de emergencia sino su condición de actuación: la planta se conduce al estado seguro por el mismo mecanismo con el que respondería a un accionamiento deliberado.

III.1.1.4 Instrumentación analítica y control del pH del tren de neutralización

El tren de neutralización del Área 300 recibe el licor ácido procedente de la bio-oxidación y lo conduce, a través de seis tanques en serie, desde un dominio de acidez libre hasta el dominio neutro exigido para el avance a cianuración. El control de pH de este tren no es únicamente un control de proceso: es la barrera que impide que pulpa ácida alcance el circuito cianurado, condición que constituye el mecanismo iniciador de la liberación de ácido cianhídrico de mayor magnitud identificada en el Proyecto.

El perfil de consignas y las bandas admisibles de los seis tanques son los siguientes.

Tabla 12: Perfil de consignas de pH del tren de neutralización

Tanque	Etapa funcional	Consigna	Banda admisible	Función química dominante
1	Neutralización primaria	3.5	3.2 a 3.8	Consumo de acidez libre; inicio de la precipitación de hierro férrico
2	Neutralización primaria	4.5	4.2 a 4.8	Fijación de arsénico como arseniato férrico con sulfato férrico de aporte
3	Neutralización secundaria	5.0	4.8 a 5.2	Punto de anclaje documentado; precipitación de aluminio
4	Neutralización secundaria	5.5	5.3 a 5.7	Oxidación del hierro ferroso remanente y precipitación del férrico resultante
5	Neutralización final	6.5	6.2 a 6.8	Aproximación al dominio neutro; agotamiento de la caliza
6	Neutralización final	7.2	7.0 a 7.5	Punto de anclaje documentado; descarga del circuito y enclavamiento

La instrumentación analítica que sostiene este perfil se dimensiona por consecuencia. Los tanques intermedios llevan medición sencilla, suficiente para el control modulante. El tanque 3, punto de anclaje del perfil, lleva arreglo doble con votación de uno entre dos. El tanque 6, del que depende el enclavamiento de descarga, lleva arreglo triple con votación de dos entre tres. La asignación completa es la siguiente.

Tabla 13: Instrumentación analítica del tren de neutralización

Tanque	Etiqueta del elemento	Arquitectura	Consigna	Conductividad	Función del lazo
1	AIT-311	Sencilla	pH 3.5	CIT-311	Control modulante de la dosificación primaria
2	AIT-312	Sencilla	pH 4.5	—	Control modulante de la dosificación primaria
3	AIT-313A / AIT-313B	Doble, uno de dos	pH 5.0	CIT-313	Control modulante y anclaje documentado del perfil
4	AIT-314	Sencilla	pH 5.5	—	Control modulante de la dosificación secundaria
5	AIT-315	Sencilla	pH 6.5	—	Control modulante de la dosificación final
6	AIT-302A / AIT-302B / AIT-302C	Triple, dos de tres	pH 7.2	CIT-302	Control modulante, alarma SIF-301 y disparo SIF-302

Los elementos finales sobre los que actúan los lazos son válvulas de control de lechada de caliza. Los tanques 5 y 6 incorporan además un elemento final de refuerzo con lechada de cal hidratada, en configuración de rango partido, porque en el tramo final del perfil la caliza pierde velocidad de reacción y no puede sostener por sí sola la corrección ante una perturbación rápida.

Tabla 14: Elementos finales del control de pH del tren de neutralización

Tanque	Consigna	Banda admisible	Elemento final primario	Elemento final de refuerzo	Reactivo
1	pH 3.5	3.2 a 3.8	FV-311, lechada de caliza	—	Caliza
2	pH 4.5	4.2 a 4.8	FV-312, lechada de caliza	—	Caliza; sulfato férrico si procede
3	pH 5.0	4.8 a 5.2	FV-313, lechada de caliza	—	Caliza
4	pH 5.5	5.3 a 5.7	FV-314, lechada de caliza	—	Caliza
5	pH 6.5	6.2 a 6.8	FV-315, lechada de caliza	FV-325, lechada de cal	Caliza y cal por rango partido
6	pH 7.2	7.0 a 7.5	FV-302, lechada de caliza	FV-326, lechada de cal	Caliza y cal por rango partido

Ante la confirmación por votación de dos entre tres de una desviación del tanque 6 fuera de la banda admisible, la función SIF-302 ejecuta una secuencia en cascada cuyo objeto es doble: inyectar reactivo de choque para recuperar la alcalinidad y confinar la corriente impidiendo su

avance al Área 600. Los tiempos máximos de cada acción y el comportamiento ante falla de cada elemento son los siguientes.

Tabla 15: Secuencia de la función de seguridad del tren de neutralización

Orden	Acción ejecutada	Etiqueta	Tiempo máximo	Posición y comportamiento de falla
—	Detección y confirmación por votación dos de tres	AIT-302A / B / C	≤ 0.5 s	La falla de un canal degrada a uno de dos
—	Ejecución de la lógica de seguridad	Controlador de seguridad	≤ 0.2 s	Ciclo garantizado; la falla conduce a estado seguro
1	Apertura de choque de cal hidratada concentrada al tanque 6	XV-321	≤ 1.5 s	Resorte; falla abierta
2	Paro eléctrico de las bombas de transferencia al Área 600	P-321A / P-321B	≤ 1 s	Desenergización directa; falla detenida
3	Cierre de la válvula troncal de descarga hacia el Área 600	XV-322	≤ 5 s	Resorte; falla cerrada
4	Apertura del desvío de alimentación al tanque de retención	XV-323	≤ 3 s	Resorte; falla abierta
5	Alerta química perimetral del Área 300	Sirenas y estroboscópicos	≤ 3 s	Tono de barrido exclusivo de emergencia química
—	Inyección de choque completa, desde la detección	SIF-302	≤ 2.2 s	Suma de detección, lógica y XV-321
—	Confinamiento completo, desde la detección	SIF-302	≤ 5.7 s	Suma de detección, lógica y XV-322; cota verificada en prueba funcional

La integridad del conjunto se verifica sobre la suma de las probabilidades de falla de sus subsistemas. Con prueba de carrera parcial trimestral sobre el elemento final el lazo alcanza nivel 2 con factor de reducción de riesgo de 189.3; sin ella el lazo queda en nivel 1 con factor de 90.6. La adopción de la prueba de carrera parcial es, por tanto, condición de la integridad declarada y no una práctica optativa de mantenimiento.

Tabla 16: Verificación de la integridad del lazo de seguridad del tren de neutralización

Subsistema	Arquitectura	Tasa λ_DU	Intervalo de prueba	PFD medio
Sensores de pH	2oo3, β = 5 %	3.0×10^{-7} por canal	8,760 h	7.26×10^{-5}
Resolvedor lógico	Certificado con diagnóstico	No aplica	Continuo	1.00×10^{-5}
Elemento final sin prueba de carrera parcial	1oo1	2.5×10^{-6}	8,760 h	1.095×10^{-2}
Elemento final con prueba de carrera parcial	1oo1, cobertura 70 %	2.5×10^{-6}	2,190 h y 8,760 h	5.201×10^{-3}
Lazo completo sin prueba de carrera parcial	Suma de subsistemas	—	—	1.103×10^{-2} — SIL 1, RRF 90.6
Lazo completo con prueba de carrera parcial	Suma de subsistemas	—	—	5.284×10^{-3} — SIL 2, RRF 189.3

III.1.1.5 Instrumentación analítica y control del pH del circuito de cianuración

El control de pH del circuito de cianuración es la barrera primaria frente a la volatilización de ácido cianhídrico. El fundamento es el equilibrio entre el ion cianuro y el ácido cianhídrico molecular en solución acuosa, cuya constante de disociación sitúa el punto de igual concentración de ambas especies en pH 9.24. Por encima de pH 10.5 la fracción molecular es inferior al cinco por ciento; por debajo de pH 9 supera el sesenta por ciento. La consigna de operación de 11.0 unidades de pH mantiene la fracción molecular en el orden del uno y medio por ciento, y el umbral de disparo de 10.5 unidades constituye el límite por debajo del cual la fracción crece con rapidez suficiente para producir emisión medible en la atmósfera del área.

La instrumentación analítica de pH del Proyecto comprende diez puntos de medición distribuidos en tres áreas. La asignación de tags, bandas de operación y función del lazo es la siguiente.

Tabla 17: Puntos de medición de pH de la instalación, tags y bandas de operación

Área	Punto de medición	Tag	Banda de operación	Función del lazo
300	Reactores de bio-oxidación primarios	AIT-301A / AIT-301B	1.2 a 1.8	Regulación de la actividad bacteriana
300	Descarga del circuito de neutralización	AIT-302A / AIT-302B	10.5 a 11.0	Enclavamiento de bloqueo de avance a cianuración
300	Reactor de tratamiento biológico de tiocianato	AIT-303	6.5 a 8.0	Regulación del proceso biológico
400	Tanque de ajuste de pH — triple redundancia	AIT-401A / B / C	11.0 ± 0.2	Control cerrado y disparo de la función de seguridad
400	Tanque de cianuración CIL 1 — triple redundancia	AIT-402A / B / C	≥ 10.8	Confirmación y disparo de la función de seguridad
400	Tanques de cianuración CIL 2 a CIL 5	AIT-403 a AIT-406	≥ 10.8	Vigilancia del perfil de alcalinidad del tren
400	Cárcamo de recuperación del dique de cianuración	AIT-407	≥ 10.5	Detección de pérdida de contención
500	Reactor de destrucción de cianuro	AIT-501A / AIT-501B	8.0 a 9.0	Regulación de la reacción de destrucción
500	Descarga tratada hacia espesamiento de colas	AIT-502	≥ 9.5	Verificación previa a la descarga
500	Circuito de lavado ácido de carbón cargado	AIT-503	1.0 a 2.0	Regulación y enclavamiento de segregación

A esta relación se incorpora, por efecto de la recomendación de la clave 1.06.01, la instrumentación de pH del tanque de solución concentrada de cianuro 400-TK-003 con alarma de bajo pH. La razón de la incorporación es que el término fuente de los Escenarios 1 y 2 de la modelación de consecuencias se calcula sobre la especificación de pH 11.5 de esa solución; sin medición continua, la especificación sobre la que descansa el cálculo del término fuente carece de acreditación en operación.

El escalonamiento de alarmas y las acciones automáticas asociadas a cada umbral son los siguientes.

Tabla 18: Umbrales de alarma y acción automática del control de pH del circuito de cianuración

Umbral	Condición	Prioridad	Acción automática del sistema
pH 11.0	Consigna de operación	—	Regulación modulante de la lechada de cal por FV-401
pH < 10.8	Desviación de proceso	Media	Alarma visual y sonora en interfaz de operación; apertura incrementada de FV-401
pH ≤ 10.5	Confirmada por votación dos de tres	Máxima	Disparo de la función de corte químico; secuencia en cascada
pH > 11.5	Excedencia superior sostenida	Baja	Alarma de consumo de reactivo; reducción de apertura
Saturación de FV-401	Más de cinco minutos con desviación	Alta	Alarma de pérdida de capacidad del lazo; verificación de inventario
Falla de un transmisor	Diagnóstico o comunicación	Alta	Degradación a votación uno de dos; plazo de setenta y dos horas
Falla de dos transmisores	Diagnóstico o comunicación	Máxima	Disparo inmediato de la función de seguridad

La cascada de corte químico que se ejecuta ante la confirmación del umbral de 10.5 unidades de pH comprende cinco acciones sucesivas. Su cota temporal total, desde la detección hasta la difusión de la alerta perimetral, es de cuatro segundos.

Tabla 19: Cascada de corte químico del circuito de cianuración

Orden	Acción ejecutada	Tag	Tiempo máximo	Posición y comportamiento de falla
—	Detección y confirmación por votación dos de tres	AIT-401A/B/C · AIT-402A/B/C	≤ 0.5 s	La falla de transmisor degrada a uno de dos
—	Ejecución de la lógica de seguridad	Controlador de seguridad	≤ 0.2 s	Ciclo garantizado; la falla conduce a acción segura
1	Cierre de la troncal de cianuro de sodio	XV-402	≤ 2 s	Resorte; falla cerrada
2	Paro eléctrico de bombas dosificadoras	P-401A / P-401B	≤ 1 s	Desenergización directa; falla detenido
3	Apertura de choque de sosa cáustica al 50 %	XV-403	≤ 2 s	Resorte; falla abierta
4	Apertura máxima de la dosificación de cal	FV-401	≤ 3 s	Falla abierta; se mantiene activa durante el evento
5	Alerta química perimetral del Área 400	Sirenas y estroboscópicos	≤ 3 s	Tono de barrido exclusivo de emergencia química
—	Tiempo total de la cascada de corte, acciones 1 a 5	Función de corte químico	≤ 4 s	Cota verificada en la prueba funcional semestral
Posterior	Bloqueo de transferencia hacia aguas abajo	Válvulas de interconexión	≤ 5 s	Falla cerrada; acción complementaria fuera de la cota de cuatro segundos

Las cinco acciones no son secuenciales en el sentido de que una espere a la anterior: se emiten de forma simultánea desde el solucionador lógico y el orden declarado corresponde a la prelación de la consecuencia que cada una intercepta. El cierre de la troncal suprime el aporte de cianuro; el paro de las bombas suprime el aporte residual contenido en la línea; la apertura de choque de sosa cáustica restituye la alcalinidad por vía distinta de la del reactivo que ha fallado; la apertura máxima de la dosificación de cal sostiene la corrección una vez agotado el choque; y la alerta perimetral traslada la condición al personal antes de que la concentración en atmósfera alcance el umbral de acción.

El elemento de refuerzo de la tercera acción es un inventario dedicado de cinco metros cúbicos de sosa cáustica al cincuenta por ciento, alojado en el Área 400 con contención propia segregada del inventario cianurado. Ese inventario no participa del consumo ordinario de la planta y su única función es sostener la inyección de choque, razón por la que su nivel constituye variable de vigilancia permanente.

III.1.1.6 Sistemas de contención secundaria de derrames

La contención secundaria es la sexta capa de protección y la de mayor crédito entre las capas de mitigación. Su función no es impedir el derrame sino confinarlo dentro de un perímetro impermeable, impedir su contacto con el suelo y con la escorrentía, e impedir su mezcla con corrientes incompatibles alojadas en otros recintos. El Proyecto instala diez sistemas de contención independientes, cada uno con su propia losa, su propio muro perimetral, su propio recubrimiento químico y su propio cárcamo de recuperación.

El criterio volumétrico adoptado exige que cada dique aloje el ciento diez por ciento del volumen del mayor recipiente que contiene, más el volumen de precipitación pluvial correspondiente a una lámina de doscientos cincuenta milímetros en veinticuatro horas sobre la superficie completa del recinto. La expresión del volumen requerido y su verificación contra el volumen útil disponible son las siguientes.

$$[\ V_{\text{requerido}} = 1.10 \times V_{\text{recipiente mayor}} + h_{\text{lluvia}} \times A_{\text{superficie del recinto}}\ ]$$

$$[\ V_{\text{útil}} = A_{\text{neta}} \times h_{\text{muro}} \geq V_{\text{requerido}}\ ]$$

El aporte pluvial de cada recinto y el caudal medio de retiro necesario para restituir la capacidad de contención en veinticuatro horas son los siguientes.

Tabla 20: Aporte pluvial por recinto de contención y caudal de retiro asociado

Dique	Superficie	Lámina	Volumen de lluvia	Caudal medio de retiro en 24 h
Macro-dique del tren CIL	658.8 m²	250 mm	164.7 m³	6.9 m³/h
Macro-dique de bio-oxidación	2,448.0 m²	250 mm	612.0 m³	25.5 m³/h
Neutralización y contingencia	216.0 m²	250 mm	54.0 m³	2.3 m³/h
Destrucción de cianuro	240.0 m²	250 mm	60.0 m³	2.5 m³/h
Solución de cianuro de sodio	96.0 m²	250 mm	24.0 m³	1.0 m³/h
Sosa cáustica de emergencia	16.0 m²	250 mm	4.0 m³	0.2 m³/h
Ácido clorhídrico	42.0 m²	250 mm	10.5 m³	0.4 m³/h
Sosa cáustica	30.0 m²	250 mm	7.5 m³	0.3 m³/h

Dique	Superficie	Lámina	Volumen de lluvia	Caudal medio de retiro en 24 h
Reactivos de flotación	60.0 m²	250 mm	15.0 m³	0.6 m³/h
Planta de pastas y jales	160.0 m²	250 mm	40.0 m³	1.7 m³/h

La verificación completa del dimensionamiento, recinto por recinto, contrasta el volumen requerido contra el volumen útil que resulta de la superficie neta y de la altura de muro adoptada. En los diez recintos el volumen útil excede al requerido.

Tabla 21: Verificación volumétrica de los diez sistemas de contención secundaria

Dique	V recipiente mayor	110 %	V lluvia	V requerido	Área neta	Altura necesaria	V útil
Bio-oxidación	1,847.3 m³	2,032.0 m³	612.0 m³	2,644.0 m³	1,370.4 m²	1.929 m	2,877.9 m³
Tren CIL	317.6 m³	349.4 m³	164.7 m³	514.1 m³	479.3 m²	1.072 m	575.2 m³
Neutralización	150.0 m³	165.0 m³	54.0 m³	219.0 m³	187.7 m²	1.167 m	244.0 m³
Destrucción INCO	120.0 m³	132.0 m³	60.0 m³	192.0 m³	216.2 m²	0.888 m	216.2 m³
Planta de pastas	80.0 m³	88.0 m³	40.0 m³	128.0 m³	140.4 m²	0.912 m	140.4 m³
Solución de cianuro de sodio	32.0 m³	35.2 m³	24.0 m³	59.2 m³	92.2 m²	0.642 m	64.5 m³
Ácido clorhídrico	20.0 m³	22.0 m³	10.5 m³	32.5 m³	42.0 m²	0.774 m	37.8 m³
Sosa cáustica	15.0 m³	16.5 m³	7.5 m³	24.0 m³	30.0 m²	0.800 m	27.0 m³
Choque de emergencia	5.0 m³	5.5 m³	4.0 m³	9.5 m³	16.0 m²	0.594 m	11.2 m³
Reactivos de flotación	3.5 m³	3.9 m³	15.0 m³	18.9 m³	50.0 m²	0.378 m	20.0 m³

El recinto de reactivos de flotación es el único en el que el término de precipitación domina sobre el término de inventario: quince metros cúbicos de lluvia frente a tres coma nueve de recipiente mayor. Esa dominancia gobierna la altura de muro adoptada y acredita la pertinencia del criterio de vaciado programado previo a la temporada de lluvias que constituye la recomendación asociada a las claves 1.07.01 y 2.08.01.

El consolidado de los diez sistemas, con la altura de muro, los espesores de losa y de muro y el recubrimiento químico asignado a cada recinto, es el siguiente.

Tabla 22: Consolidado de los sistemas de contención secundaria del Proyecto

Dique y área	Superficie	V requerido	V útil	Muro	Espesor de muro	Losa	Recubrimiento
Bio-oxidación (300)	2,448 m²	2,644.0 m³	2,877.9 m³	2.40 m	30 cm	30 cm	Novolaca 600 µm
Tren CIL (400)	658.8 m²	514.1 m³	575.2 m³	1.50 m	25 cm	25 cm	Epóxica alcalina 500 µm
Neutralización (300)	216.0 m²	219.0 m³	244.0 m³	1.60 m	30 cm	25 cm	Éster vinílico 600 µm
Destrucción INCO (500)	240.0 m²	192.0 m³	216.2 m³	1.30 m	25 cm	25 cm	Epóxica certificada 500 µm
Planta de pastas (600)	160.0 m²	128.0 m³	140.4 m³	1.30 m	25 cm	25 cm	Epóxica con carga 400 µm

Dique y área	Superficie	V requerido	V útil	Muro	Espesor de muro	Losa	Recubrimiento
Solución de cianuro de sodio (400)	96.0 m²	59.2 m³	64.5 m³	1.00 m	25 cm	25 cm	Epóxica alcalina 500 µm
Ácido clorhídrico (500)	42.0 m²	32.5 m³	37.8 m³	1.20 m	25 cm	25 cm	Novolaca 600 µm
Sosa cáustica (500)	30.0 m²	24.0 m³	27.0 m³	1.20 m	25 cm	25 cm	Epóxica alcalina 500 µm
Reactivos de flotación (200)	60.0 m²	18.9 m³	20.0 m³	0.70 m	25 cm	25 cm	Epóxica con carga 400 µm
Choque de emergencia (400)	16.0 m²	9.5 m³	11.2 m³	1.00 m	25 cm	25 cm	Epóxica alcalina 500 µm
TOTAL	3,966.8 m²	3,841.2 m³	4,214.2 m³	—	—	—	Diez sistemas independientes

La superficie total impermeabilizada asciende a 3,966.8 metros cuadrados y la capacidad útil total de contención a 4,214.2 metros cúbicos, frente a un requerimiento agregado de 3,841.2 metros cúbicos. El margen agregado es de 373.0 metros cúbicos, equivalente al nueve coma siete por ciento sobre el requerimiento.

Las especificaciones de material de la obra civil de contención se fijan sobre la permeabilidad y sobre el control de fisuración, no únicamente sobre la resistencia mecánica. La relación agua-cemento máxima constituye condición independiente de la resistencia especificada porque es ella, y no la resistencia, la que gobierna la permeabilidad de la matriz.

Tabla 23: Especificaciones de la obra civil de los sistemas de contención

Parámetro	Especificación	Fundamento
Resistencia a compresión general	f'c = 300 kg/cm² a 28 días	Estructura ambiental de contención de líquidos
Resistencia en el dique de ácido	f'c = 350 kg/cm² a 28 días	Reducción de porosidad en la zona de mayor agresividad
Relación agua-cemento máxima	0.45	Gobierna la permeabilidad; condición independiente de la resistencia
Revenimiento en el punto de colado	10 ± 2 cm	Ajuste solo con aditivo; prohibida la adición de agua
Tipo de cemento	Resistente a sulfatos si lo determina el estudio de agresividad	Ataque químico del suelo y del agua subterránea
Curado	Continuo, no inferior a 7 días	Controla la fisuración por contracción
Espesor de losa de piso	25 cm; 30 cm en bio-oxidación	Doble lecho, recubrimiento y robustez al impacto
Espesor de muro perimetral	25 cm hasta 1.50 m; 30 cm sobre 1.50 m	Alojamiento del refuerzo y control de fisuración
Recubrimiento libre del refuerzo	5 cm en ambas caras	La corrosión del acero delamina las dos barreras
Disposición del refuerzo	Doble lecho en losas y muros	Cuantía mínima de estructura ambiental
Criterio de distribución del refuerzo	Diámetro menor con separación menor	Distribuye la fisuración en fisuras de menor abertura

El tratamiento de juntas constituye el punto crítico de la barrera, pues toda junta es una discontinuidad de la losa y toda discontinuidad es una vía potencial de paso. El Proyecto prohíbe de forma expresa la junta pasante no tratada, la perforación posterior al colado para el paso de tubería o de conduit, y el empalme de banda de sello por traslape, por adhesivo o por elemento mecánico.

Tabla 24: Tratamiento de juntas de los sistemas de contención

Tipo de junta	Banda de sello	Complemento	Ejecución
Losa con arranque de muro	PVC de 23 cm con bulbo central	Cordón hidroexpansivo y sello superficial	Tratamiento reforzado sin excepción
Construcción en losa	PVC de 15 cm con nervaduras	Cordón hidroexpansivo	Superficie rugosa y saturada superficialmente seca
Construcción en muro	PVC de 15 cm con nervaduras	Cordón hidroexpansivo	Posición conforme al proyecto estructural
Contracción	PVC de 15 cm con nervaduras	Sello elastomérico en ranura	Induce la fisuración en posición controlada
Expansión	PVC de 23 cm con bulbo central	Relleno compresible y sello elastomérico	Transiciones y cambios de nivel de cimentación
Penetración de tubería o conduit	Manguito pasamuro con anillo soldado	Sello elastomérico perimetral	Embebido en el colado; prohibida la perforación posterior
Empalme de banda	Termofusión a tope con temperatura controlada	Piezas prefabricadas en cruces y esquinas	Prohibido el traslape, el adhesivo y el elemento mecánico
Junta fría no proyectada	Banda superficial y tratamiento de reparación	Inyección de resina si hay paso de líquido	Constituye desviación; se documenta y se reporta

El recubrimiento químico constituye la segunda barrera del sistema y se selecciona por el dominio de pH al que cada recinto queda expuesto. La verificación de continuidad se practica por detección de discontinuidades sobre la totalidad de la superficie recubierta: por alto voltaje con escobilla en los sistemas de quinientos micrómetros o más, y por baja tensión con esponja húmeda en los de cuatrocientos.

Tabla 25: Recubrimientos químicos por recinto de contención

Zona química	Exposición	Sistema	Espesor seco	Verificación de continuidad
Ácido clorhídrico	pH < 2.0	Epóxica novolaca de altos sólidos	600 µm	Alto voltaje con escobilla
Solución de cianuro	pH 11.0 a 12.0	Epóxica amínica o éster vinílico certificada para inmersión alcalina	500 µm	Alto voltaje con escobilla
Tren de lixiviación CIL	pH 10.8 a 11.2	Epóxica certificada para inmersión alcalina	500 µm	Alto voltaje con escobilla
Sosa cáustica	pH > 13	Epóxica certificada para inmersión alcalina	500 µm	Alto voltaje con escobilla
Bio-oxidación	pH 1.2 a 1.8	Epóxica novolaca de altos sólidos	600 µm	Alto voltaje con escobilla
Neutralización y contingencia	pH 2.0 a 11.0	Éster vinílico de altos sólidos certificado para ciclo ácido-alcalino	600 µm	Alto voltaje con escobilla
Destrucción de cianuro	pH 8.0 a 9.0	Epóxica certificada para inmersión en solución cianurada	500 µm	Alto voltaje con escobilla
Reactivos de flotación	pH 4.0 a 11.0	Epóxica de altos sólidos con carga	400 µm	Baja tensión con esponja húmeda
Planta de pastas y jales	pH 8.0 a 11.0	Epóxica de altos sólidos con carga	400 µm	Baja tensión con esponja húmeda

Cada recinto dispone de cárcamo de recuperación con bombeo dedicado. El destino del fluido recuperado se fija de forma expresa por recinto y constituye una barrera procedimental frente a la

mezcla de corrientes incompatibles: el fluido recuperado del dique de ácido clorhídrico se conduce a neutralización dedicada y nunca al circuito cianurado.

Tabla 26: Cárcamos de recuperación, bombeo y destino del fluido recuperado

Dique	Bombas	Capacidad	Potencia	Profundidad	Destino del fluido
Macro-dique de bio-oxidación	2 × 100 %	95 m³/h	10 hp	1.00 m	Tanque de contingencia de neutralización
Macro-dique del tren CIL	2 × 100 %	25 m³/h	3 hp	1.00 m	Circuito de cianuración o destoxificación
Neutralización y contingencia	2 × 100 %	10 m³/h	1.5 hp	0.80 m	Tanque de contingencia de neutralización
Destrucción de cianuro	2 × 100 %	10 m³/h	1.5 hp	0.80 m	Cabecera del circuito de destrucción
Solución de cianuro de sodio	1 fija más portátil	5 m³/h	1 hp	0.80 m	Circuito de destrucción de cianuro
Sosa cáustica de emergencia	1 fija más portátil	3 m³/h	0.5 hp	0.80 m	Circuito de destrucción de cianuro
Ácido clorhídrico	1 fija no metálica	3 m³/h	0.5 hp	0.80 m	Neutralización dedicada; nunca al circuito cianurado
Sosa cáustica	1 fija más portátil	3 m³/h	0.5 hp	0.80 m	Circuito de elución o neutralización
Reactivos de flotación	1 fija más portátil	3 m³/h	0.5 hp	0.80 m	Circuito de flotación, con cárcamo por recinto
Planta de pastas y jales	2 × 100 %	8 m³/h	1 hp	0.80 m	Espesador de jales

El cárcamo del dique del tren de cianuración incorpora medición continua de pH con etiqueta AIT-407 y banda de operación no inferior a 10.5 unidades. La aparición de una lectura en ese punto constituye por sí misma la detección de una pérdida de contención primaria, pues en operación normal el cárcamo no recibe fluido de proceso.

III.1.1.7 Almacenamiento seguro y segregación de reactivos

El sistema de almacenamiento de reactivos constituye la primera capa de protección, la del diseño inherentemente más seguro, porque su criterio rector no es la contención del material almacenado sino la imposibilidad física de que dos materiales incompatibles entren en contacto. El inventario de diseño de todo reactivo es el correspondiente a diez días de operación continua a 2,000 toneladas por día, criterio que fija de manera simultánea la autonomía de suministro y la magnitud máxima expuesta en un evento.

Tabla 27: Inventario consolidado de sustancias almacenadas, capacidad instalada y condición de segregación

Sustancia y estado físico	Consumo unitario	Diario	10 días (t)	10 días (m³)	Capacidad instalada	Ubicación y condición de segregación
Cianuro de sodio —	1.5 kg/t	3.0 t/d	30.0	27.3	36 contenedores	Área 400, sector

Sustancia y estado físico	Consumo unitario	Diario	10 días (t)	10 días (m³)	Capacidad instalada	Ubicación y condición de segregación
sólido					de 1 t	segregado; segregación absoluta respecto del ácido clorhídrico
Solución de cianuro de sodio al 20 % — líquido	—	13.6 m³/d	—	13.6 por día	8 y 32 m³	Área 400, dentro del perímetro segregado del cianuro
Ácido clorhídrico al 32 % — líquido	0.5 kg/t	1.0 t/d	10.0	8.6	20 m³	Área 500, contiguo al lavado ácido; segregación absoluta respecto del cianuro
Óxido de calcio — sólido	1.5 kg/t	3.0 t/d	30.0	33.3	50 m³	Área 400, silo contiguo a preparación de lechada; compatible con el cianuro
Metabisulfito de sodio — sólido	2.4 kg/t	4.8 t/d	48.0	43.6	55 m³	Área 500, contiguo al circuito INCO; contención independiente
Sosa cáustica al 50 % — líquido	0.6 kg/t de solución	1.2 t/d	12.0	7.8	15 m³	Área 500; contención independiente del ácido
Sosa cáustica de emergencia — líquido	—	—	—	—	5 m³	Área 400, contención propia segregada del inventario cianurado
Xantato amílico de potasio — sólido	0.05 kg/t	0.10 t/d	1.0	1.54	2.0 m³	Área 200; segregación absoluta respecto del ácido clorhídrico
Sulfato de cobre — sólido	0.15 kg/t	0.30 t/d	3.0	2.61	3.5 m³	Área 200; contención independiente
Espumante — líquido	0.03 kg/t	0.06 t/d	0.6	0.75	1.0 m³	Área 200, bajo cubierta ventilada; contención propia
Floculante — sólido	0.03 kg/t	0.06 t/d	0.6	0.80	1.0 m³	Áreas 200 y 600; bodega seca
Nutrientes de bio-oxidación — sólido	0.25 kg/t	0.50 t/d	5.0	5.26	6.5 m³	Área 300, contiguo a los reactores; compatible
Carbón activado de reposición —	0.05 kg/t	0.10 t/d	1.0	2.08	2.5 m³	Área 500, bodega seca; constituye carga

Sustancia y estado físico	Consumo unitario	Diario	10 días (t)	10 días (m³)	Capacidad instalada	Ubicación y condición de segregación
sólido						combustible
Diésel — líquido	No ligado al tonelaje	4.5 m³/d equivalentes a 3.78 t/d	37.8	45.0	60 m³	Servicios auxiliares; dique al 110 % y distancia por código
Gas licuado de petróleo — licuado	No ligado al tonelaje	1.2 t/d	12.0	23.5	2 × 15 m³	Área 500, recipientes a presión; distancias por código

La condición de segregación entre pares de sustancias se establece en tres grados. La segregación absoluta exige recinto independiente, con muro, cubierta, drenaje y ventilación propios, sin comunicación de ninguna especie con el recinto de la sustancia incompatible. La contención exige recintos con diques independientes dentro de una misma área. La compatibilidad admite el almacenamiento contiguo bajo cubierta común.

Tabla 28: Matriz de incompatibilidad y condición de segregación entre sustancias almacenadas

Sustancia	NaCN	HCl	Cal y NaOH	MBS	PAX	$CuSO_4$	Diésel y GLP
Cianuro de sodio	—	ABSOLUTA	Compatible	Contención	Compatible	Contención	Contención
Ácido clorhídrico	ABSOLUTA	—	Contención	Contención	ABSOLUTA	Compatible	Contención
Cal viva y sosa cáustica	Compatible	Contención	—	Compatible	Contención	Contención	Contención
Metabisulfito de sodio	Contención	Contención	Compatible	—	Compatible	Compatible	Contención
Xantato amílico de potasio	Compatible	ABSOLUTA	Contención	Compatible	—	Compatible	Contención
Sulfato de cobre	Contención	Compatible	Contención	Compatible	Compatible	—	Contención
Diésel y gas licuado de petróleo	Contención	Contención	Contención	Contención	Contención	Contención	—

Los dos pares de segregación absoluta corresponden a reacciones de generación de gas tóxico. El par cianuro de sodio con ácido clorhídrico produce ácido cianhídrico; el par xantato amílico de potasio con ácido clorhídrico produce disulfuro de carbono y sulfuro de hidrógeno. En ambos casos la incompatibilidad se resuelve por disposición física en áreas distintas del arreglo general: el cianuro en el Área 400, el xantato en el Área 200 y el ácido clorhídrico en el Área 500.

La segregación se acredita en cuatro planos simultáneos, ninguno de los cuales admite excepción. En el plano de la disposición general, el almacén de cianuro de sodio y el de ácido clorhídrico se emplazan en áreas de proceso distintas. En el plano de la obra civil, cada uno cuenta con su propio dique, con losa continua sin junta pasante y con recubrimiento químico específico de su dominio de pH. En el plano del drenaje, las redes de recolección de ambos recintos no se comunican en ningún punto de su trazado, y esa ausencia de comunicación se somete a prueba hidráulica periódica con registro. En el plano de la maniobra, la recepción y el traslado de ambos productos se practican con rutas y horarios que no coinciden.

La verificación de aprovechamiento del volumen instalado frente al inventario de diez días acredita que en las trece sustancias almacenadas por volumen la capacidad instalada excede al requerimiento, con aprovechamientos comprendidos entre el cuarenta y tres y el ochenta y tres por ciento.

Tabla 29: Verificación de la capacidad instalada de almacenamiento frente al inventario de diez días

Insumo	Inventario de 10 días	Volumen requerido	Capacidad instalada	Aprovechamiento	Resultado
Cianuro de sodio	30.0 t	27.27 m³	36 contenedores de 1 t	83.3 %	Compatible
Metabisulfito de sodio	48.0 t	43.64 m³	55 m³	79.3 %	Compatible
Óxido de calcio	30.0 t	33.33 m³	50 m³	66.7 %	Compatible
Hidróxido de sodio al 50 %	12.0 t	7.84 m³	15 m³	52.3 %	Compatible
Ácido clorhídrico al 32 %	10.0 t	8.62 m³	20 m³	43.1 %	Compatible
Nutrientes de bio-oxidación	5.0 t	5.26 m³	6.5 m³	80.9 %	Compatible
Sulfato de cobre pentahidratado	3.31 t	2.88 m³	3.5 m³	82.3 %	Compatible
Xantato amílico de potasio	1.0 t	1.54 m³	2.0 m³	77.0 %	Compatible
Carbón activado	1.0 t	2.08 m³	2.5 m³	83.2 %	Compatible
Espumante	0.6 t	0.75 m³	1.0 m³	75.0 %	Compatible
Floculante	0.6 t	0.80 m³	1.0 m³	80.0 %	Compatible
Diésel	37.8 t	45.00 m³	60 m³	75.0 %	Compatible
Gas licuado de petróleo	12.0 t	23.50 m³	2 recipientes de 15 m³	78.3 %	Compatible

Los recintos de almacenamiento de líquidos disponen de contención al ciento diez por ciento del volumen del recipiente mayor, verificada de forma independiente para cada recinto.

Tabla 30: Contención de los recintos de almacenamiento de líquidos

Recinto	Recipiente mayor	110 % del volumen	Condición de la contención	Resultado
Ácido clorhídrico	20.0 m³	22.0 m³	Dique independiente, segregado del cianuro	Conforme
Hidróxido de sodio	15.0 m³	16.5 m³	Dique independiente con trazado térmico	Conforme
Sosa cáustica de emergencia	5.0 m³	5.5 m³	Contención propia segregada	Conforme
Diésel	60.0 m³	66.0 m³	Dique al 110 % en área de servicios	Conforme
Solución de cianuro de sodio	32.0 m³	35.2 m³	Dique dentro del perímetro del Área 400	Conforme
Melaza	20.0 m³	22.0 m³	Charola de contención del Área 300	Conforme
Espumante y antiincrustante	1.0 m³	1.1 m³	Charola bajo tarima de tambores	Conforme

El almacén de ácido clorhídrico incorpora, por efecto de las tres recomendaciones de la clave 1.02.02, tres elementos de seguridad adicionales que no forman parte del arreglo convencional de un recinto de almacenamiento de líquido corrosivo. El primero es una válvula de corte automático

sobre la línea de distribución, homóloga de la válvula 400-XV-011 de la línea de cianuro, con actuación desde el Cuarto de Control Central. El segundo es la extensión de la red de detección fija de gas al recinto, con medición específica de cloruro de hidrógeno. El tercero es el enclavamiento de la detección de fuga en el dique del tanque 500-TK-005 con el cierre de esa válvula de corte, enclavamiento que convierte la detección en acción automática y suprime la dependencia de la maniobra manual. Los tres elementos actúan sobre el término de tiempo de fuga de los Escenarios 5 y 6, que son los dos escenarios de mayor alcance de la modelación de consecuencias.

III.1.1.8 Sistemas de destrucción de cianuro y protección de la descarga

El circuito de destrucción de cianuro constituye la barrera terminal del Proyecto frente a la salida de cianuro con las colas hacia el depósito de jales. Su función no es de prevención sino de supresión: opera sobre una corriente que ya contiene cianuro y su objeto es reducir la concentración de cianuro disociable en ácido débil por debajo del objetivo de descarga antes de que la corriente abandone el perímetro de la planta.

El proceso adoptado es el de dióxido de azufre y aire con catálisis de cobre. El reactivo de aporte es metabisulfito de sodio, con consumo unitario de 2.4 kilogramos por tonelada de mineral, equivalentes a 4.8 toneladas por día y a 48.0 toneladas de inventario para diez días de operación. El catalizador es sulfato de cobre pentahidratado, con consumo unitario de 0.15 kilogramos por tonelada. La reacción se conduce en la banda de pH comprendida entre 8.0 y 9.0 unidades, dominio en el que la velocidad de oxidación del cianuro a cianato es máxima y en el que la fracción molecular de ácido cianhídrico todavía no gobierna la especiación en grado suficiente para producir emisión relevante en un reactor aireado y confinado.

La instrumentación del circuito comprende medición redundante de pH en el reactor con etiquetas AIT-501A y AIT-501B, y medición de verificación sobre la descarga tratada con etiqueta AIT-502 y banda no inferior a 9.5 unidades. A esta instrumentación se incorporan las dos recomendaciones de la clave 4.01.01. La primera es la alarma de alta concentración sobre el analizador de cianuro disociable en ácido débil de la descarga, enclavada al paro de la alimentación al espesamiento de jales; su efecto es impedir la propagación del cianuro residual al depósito. La segunda es la medición de potencial de óxido-reducción incorporada al lazo de control de la dosificación de metabisulfito, en configuración de control en cascada sobre la lectura de cianuro; su efecto es anticipar la desviación del circuito antes de que se manifieste en la concentración de descarga, pues el potencial responde al agotamiento del reactivo con anterioridad al ascenso de la concentración de cianuro.

La función instrumentada de seguridad asociada al circuito es la SIF-05, que vigila de forma simultánea el nivel del reactor y el flujo de aire de la aireación. Su lógica booleana es la siguiente.

$$[\ L1 = (\text{LIT-502A} \geq 90\ \%) \quad L2 = (\text{LIT-502B} \geq 90\ \%)\ ]$$

$$[\ F1 = (\text{FIT-502A} \leq 70\ \%\ \text{del caudal nominal}) \quad F2 = (\text{FIT-502B} \leq 70\ \%\ \text{del caudal nominal})\ ]$$

$$[\ \text{VOTO_L} = L1 + L2 \qquad \text{VOTO_F} = (F1 + F2) \cdot T(30\ \text{s})\ ]$$

$$[\ \text{SIF-05} = \text{VOTO_L} + \text{VOTO_F}\ ]$$

El temporizador de treinta segundos sobre la condición de bajo flujo de aire discrimina la fluctuación transitoria del soplador de la pérdida sostenida de aireación. La condición de nivel no lleva temporizador porque el sobrellenado del reactor produce derrame de solución cianurada sobre el dique de forma inmediata. El tiempo total adoptado para la función es de 3,500

milisegundos y su factor de reducción de riesgo alcanzado es de 229, correspondiente al nivel de integridad 2.

La contención secundaria del circuito de destrucción es un recinto de 240.0 metros cuadrados con muro de 1.30 metros, losa y muro de veinticinco centímetros y recubrimiento epóxico certificado para inmersión en solución cianurada de quinientos micrómetros de espesor seco. Su capacidad útil de 216.2 metros cúbicos aloja el ciento diez por ciento del recipiente mayor del circuito, de 120.0 metros cúbicos, más el aporte pluvial de 60.0 metros cúbicos. El fluido recuperado de su cárcamo se conduce a la cabecera del propio circuito de destrucción, de modo que el material derramado retorna al tratamiento y no a otro circuito.

III.1.1.9 Sistemas de control de emisiones de mercurio de la refinería

El mercurio presente en el mineral se concentra a lo largo del circuito hasta acompañar al oro en el lodo de electrodeposición, del que se separa por volatilización en la retorta. Los sistemas de seguridad del Área 500 destinados al control de sus emisiones tienen por objeto impedir dos consecuencias: la exposición aguda del operador durante la apertura de los recipientes y la emisión de vapor de mercurio a la atmósfera desde las fuentes fijas de la refinería.

Los equipos y parámetros de diseño que gobiernan el control son los siguientes.

Tabla 31: Equipos y parámetros de diseño del control de emisiones de mercurio

Equipo o parámetro	Tag	Especificación
Recipiente de extracción de carbón	500-V-001	1.6 m × 4.7 m, volumen 9.5 m³
Capacidad de carbón por lote	500-V-001	3 toneladas
Material del recipiente de extracción	500-V-001	Acero al carbono SA-516-70 revestido
Temperatura de diseño de extracción	500-V-001	150 °C
Presión máxima de trabajo permitida	500-V-001	605 kPa manométricos
Válvula de seguridad	500-V-001	Tarada en 605 kPa, alivio máximo 665 kPa
Espesor de placa adoptado	500-V-001	8 mm, calculado 6.5 mm
Recipiente de lavado ácido	500-TK-003	1.6 m × 4.0 m, volumen 8.0 m³, acero 316L
Temperatura de lavado ácido	500-TK-003	50 °C, atmosférico, venteo a lavador
Solución de elución	No aplica	0.15 % de cianuro y 1.25 % de cáustico
Tasa de circulación de eluato	No aplica	2 volúmenes de lecho por hora
Celdas de electrodeposición	No aplica	2 unidades de 125 pies cúbicos
Horno de reactivación de carbón	No aplica	Temperatura máxima 850 °C
Tanque de sosa cáustica	500-TK-004	2.9 m × 3.1 m, 20 m³, solución al 50 %
Tanque de ácido clorhídrico	500-TK-005	2.6 m × 2.8 m, 15 m³, plástico reforzado

Las funciones de seguridad instrumentadas y mecánicas del sistema, con la variable de disparo, la arquitectura y la consecuencia que cada una previene, son las siguientes.

Tabla 32: Funciones de seguridad del sistema de control de emisiones de mercurio

Función	Variable de disparo	Arquitectura	Acción	Consecuencia que previene
Pérdida de vacío en retorta	Presión absoluta del recinto	Sensor único	Corte de resistencias	Emisión al ambiente de la refinería
Pérdida de refrigeración	Flujo de agua y temperatura de gas	Disyunción de dos sensores	Corte de resistencias	Colapso de la captura del condensador

Función	Variable de disparo	Arquitectura	Acción	Consecuencia que previene
Sobretemperatura de retorta	Temperatura del recinto	Sensor independiente del control	Corte de resistencias	Aglomeración y oclusión del mercurio
Permisivo de apertura	Temperatura, presión y vapor de mercurio	Conjunción de tres criterios	Enclavamiento de la apertura	Exposición aguda del operador
Sobrepresión del recipiente de extracción	Presión manométrica	Válvula de seguridad mecánica	Alivio a 605 kPa	Ruptura del recipiente a presión
Corte térmico del recipiente de extracción	Temperatura	Interbloqueo documentado	Corte del calentamiento	Sobrepresión por sobretemperatura

El permisivo de apertura es el elemento de mayor consecuencia del conjunto porque constituye la barrera única frente a la exposición aguda del operador en el momento de la descarga. Su lógica es de conjunción: la apertura queda enclavada mientras cualquiera de los tres criterios —temperatura del recinto, presión del recinto y concentración de vapor de mercurio en la línea de venteo— no satisfaga simultáneamente su condición de liberación.

A este sistema se incorpora la recomendación de la clave 3.05.01, consistente en un enclavamiento de secuencia entre el recipiente de lavado ácido 500-TK-003 y el recipiente de extracción 500-V-001 que impide la transferencia de carbón sin el enjuague intermedio acreditado. El fundamento es que el carbón procedente del lavado ácido retiene solución de pH comprendido entre 1.0 y 2.0 unidades; si esa acidez alcanza el recipiente de extracción, que opera con solución cianurada al 0.15 por ciento, la mezcla genera ácido cianhídrico en un recinto cerrado y caliente. El enclavamiento suprime el mecanismo iniciador del Escenario 8 de la modelación de consecuencias.

La captura del mercurio volatilizado se practica en dos etapas. La primera es el condensador de la retorta, cuya eficiencia depende de la temperatura de salida del gas. La segunda es un lecho de carbón activado sulfurado emplazado aguas abajo del extractor de la refinería. La verificación de la eficacia del lecho se practica sobre un punto de medición situado a su descarga, de modo que la lectura acredita el desempeño del lecho y no la concentración del recinto.

Los puntos de vigilancia de mercurio en atmósfera y el criterio de emplazamiento de cada uno son los siguientes.

Tabla 33: Puntos de vigilancia de mercurio en atmósfera de la refinería

Ubicación	Función del punto	Criterio de emplazamiento
Frente de descarga de las retortas	Detección de emisión durante la apertura	Elemento integrante del permisivo de apertura
Recinto de las celdas de electrodeposición	Detección durante el lavado de cátodos	Zona de respiración, junto a la celda
Zona del filtro prensa de lodo	Detección durante la descarga del lodo	Zona de respiración, a sotavento del equipo
Frente del horno de fundición	Detección ante remoción incompleta	Zona de respiración del operador de colada
Pasillo central de la refinería	Vigilancia general del recinto	Zona de respiración, a media altura
Almacén segregado de mercurio recuperado	Detección de fuga de recipientes	Punto bajo del recinto y salida de ventilación
Descarga del extractor de la refinería	Verificación del lecho de adsorción	Aguas abajo del lecho de carbón activado
Sala de bombas de vacío	Detección de fuga del circuito de vacío	Punto bajo, junto a la descarga de la bomba

Las fuentes fijas de la instalación asociadas al mercurio, su régimen de operación y el instrumento normativo que gobierna cada corriente son los siguientes.

Tabla 34: Fuentes fijas asociadas al mercurio y régimen normativo aplicable

Fuente fija	Régimen de operación	Partículas sólidas	Mercurio en vapor
Chimenea del horno de reactivación de carbón	Continuo	Sujeta a la NOM-043	Sin límite normativo específico
Chimenea del horno de fundición	Por lote	Sujeta a la NOM-043	Sin límite normativo específico
Descarga del extractor de la refinería	Continuo	Sujeta a la NOM-043	Sin límite normativo específico
Venteo del sistema de retortas	Por lote	Aporte de particulado despreciable	Sin límite normativo específico
Venteo del recipiente de lavado ácido	Por lote	Aporte de particulado despreciable	Sin límite normativo específico
Venteo del recipiente de extracción	Por lote	Aporte de particulado despreciable	Sin límite normativo específico

La ausencia de límite normativo específico para el mercurio en vapor en estas fuentes no suprime la obligación de control. El Proyecto adopta como criterio de desempeño la captura en el lecho de adsorción y la verificación instrumental a su descarga, y establece la vigilancia de la concentración en la zona de respiración del personal como criterio rector de la operación de la refinería.

III.1.1.10 Red de detección de gases, alerta química y telecomunicaciones de emergencia

La red de detección de gases constituye la séptima capa de protección y es el elemento que traslada al personal la existencia de una liberación antes de que la concentración alcance el umbral de daño. Su variable rectora es la concentración de ácido cianhídrico en la atmósfera de las Áreas 300, 400 y 500, medida en la zona de respiración y no a nivel del suelo, criterio que se fundamenta en que la densidad relativa del ácido cianhídrico respecto del aire es de 0.94 y en consecuencia el penacho no se acumula en el piso.

La red se extiende, por efecto de la segunda recomendación de la clave 1.02.02, al recinto del almacén de ácido clorhídrico con medición específica de cloruro de hidrógeno. Esa extensión corrige una asimetría de la ingeniería original: la red instrumentaba ácido cianhídrico en el lavado ácido y en la extracción, pero no instrumentaba el gas del reactivo cuya liberación produce los dos escenarios de mayor alcance del Proyecto.

El escalonamiento de concentraciones, la actuación automática del sistema y la actuación exigida al personal en cada umbral son los siguientes.

Tabla 35: Escalonamiento de la detección de ácido cianhídrico, actuación automática y actuación del personal

Concentración	Condición	Actuación automática del sistema	Actuación del personal
Menor a 1 ppm	Fondo instrumental	Registro de tendencia	Operación normal
2.4 ppm	Nivel de acción	Alarma de la detección continua	Verificación inmediata de la causa y corrección
4.7 ppm	Valor techo del proyecto	Ventilación de emergencia, aislamiento y alerta química	Evacuación inmediata; activación del manual
10 ppm	Excedencia del valor techo	Alarma sostenida y registro del evento	Área ya evacuada; ingreso solo con aire suministrado
15 ppm	Tercer nivel de exposición aguda a 60 minutos	Sin acción adicional del sistema	Límite de la zona de amenaza para la vida
20 a 40 ppm	Exposición sintomática	Sin acción adicional del sistema	Perímetro ampliado; solo brigada con equipo

Concentración	Condición	Actuación automática del sistema	Actuación del personal
			autónomo
50 ppm	Concentración inmediatamente peligrosa	Sin acción adicional del sistema	Prohibido todo respirador purificador de aire
100 a 200 ppm	Letal en 30 a 60 minutos	Sin acción adicional del sistema	Ingreso solo con autorización del mando de incidente
270 ppm	Letal en pocos minutos	Sin acción adicional del sistema	Perímetro y evacuación; sin rescate directo
Detección simultánea en dos áreas	Iniciador de paro total	Activación del paro total de planta	Evacuación general de la instalación

La lógica de la función instrumentada SIF-04, asociada a esta red, opera por votación de dos entre tres detectores dentro de cada zona, y por suma lógica entre las zonas de las tres áreas instrumentadas.

$$[\ G1 = (GD\text{-}z1 \geq 4.7\ ppm)\quad G2 = (GD\text{-}z2 \geq 4.7\ ppm)\quad G3 = (GD\text{-}z3 \geq 4.7\ ppm)\ ]$$

$$[\ VOTO_z = (G1 \cdot G2) + (G1 \cdot G3) + (G2 \cdot G3)\ ]$$

$$[\ SIF\text{-}04 = VOTO_300 + VOTO_400 + VOTO_500\ ]$$

La votación dentro de zona suprime el disparo espurio por deriva o por contaminación de una sola celda electroquímica. La suma entre zonas produce el aislamiento del área en la que se confirma la condición, sin propagar la acción a las áreas no afectadas. La detección simultánea confirmada en dos áreas distintas constituye iniciador del paro total de planta, porque una liberación que alcanza dos áreas ya no admite tratamiento como evento localizado.

La zonificación de la respuesta se establece sobre la concentración medida y determina tanto la protección exigida como las actividades admisibles en cada zona.

Tabla 36: Zonificación de la respuesta ante liberación de ácido cianhídrico

Zona	Criterio de concentración	Protección exigida	Actividades admisibles
Zona caliente	Superior a 4.7 ppm	Nivel máximo con equipo autónomo	Mitigación y rescate; solo brigada con respaldo dispuesto
Zona templada	Entre 2.4 y 4.7 ppm	Aire suministrado con botella de escape	Corredor de descontaminación y apoyo logístico
Zona fría	Inferior a 2.4 ppm	Sin protección respiratoria; detector portado	Puesto de mando, puesto médico y área de reserva
Perímetro de aislamiento	100 m desde el punto de liberación	Control físico de acceso	Ninguna actividad ajena a la respuesta
Acción protectora diurna	500 m a sotavento	Evacuación o resguardo	Determinada por el mando de incidente
Acción protectora nocturna	1,000 m a sotavento	Evacuación o resguardo	Ampliada por la estabilidad atmosférica
Altura de medición	Zona de respiración	No a nivel del suelo	La densidad de 0.94 sitúa el penacho a esa altura; fosos y cárcamos se miden aparte

El sistema de alerta química difunde la condición a la totalidad de la superficie del Proyecto mediante sirenas y estroboscópicos con tono de barrido exclusivo de emergencia química, distinto del tono de incendio y del tono de evacuación general. Su actuación es automática desde el solucionador lógico y manual desde el Cuarto de Control Central, y forma parte de las cascadas de

las funciones de corte químico de las Áreas 300 y 400, con tiempo máximo de tres segundos desde la detección.

Los puntos de reunión se emplazan en los cuatro cuadrantes del perímetro. La selección del punto aplicable no es fija sino que se determina por la dirección del viento en el momento del evento, con exclusión expresa de todo punto situado a sotavento.

Tabla 37: Puntos de reunión y criterio de selección por dirección del viento

Punto	Emplazamiento	Condición de uso	Dotación
Punto Norte	Cuadrante norte del perímetro	Viento del norte o del noreste	Señalización, iluminación, radio, lista y oxígeno
Punto Sur	Cuadrante sur del perímetro	Viento del sur o del suroeste	Señalización, iluminación, radio, lista y oxígeno
Punto Oriente	Cuadrante oriente del perímetro	Viento del este o del sureste	Señalización, iluminación, radio, lista y oxígeno
Punto Poniente	Cuadrante poniente del perímetro	Viento del oeste o del noroeste	Señalización, iluminación, radio, lista y oxígeno
Criterio de selección	El de mayor distancia	Ante viento en calma sostenida	El penacho progresa en todas direcciones
Criterio de exclusión	Todo punto a sotavento	Sin excepción por proximidad	La ruta corta puede atravesar el penacho

III.1.1.11 Sistema contra incendio

El sistema contra incendio se dimensiona sobre un escenario de incendio de diseño único de consecuencia máxima, emplazado en el Área 500 de elución, refinería y destrucción de cianuro. La elección de esa área como gobernante no obedece a la magnitud de su inventario combustible sino a la concurrencia en ella de tres condiciones: presencia de carbón activado, operación con temperatura elevada en hornos y retortas, y equipo de potencia eléctrica de la refinería.

Los parámetros rectores del dimensionamiento hidráulico son los siguientes.

Tabla 38: Parámetros rectores del sistema de agua contra incendio

Parámetro	Valor establecido en la ingeniería	Función que gobierna
Escenario de incendio de diseño	Incendio único de consecuencia máxima	Base de todo el dimensionamiento
Área gobernante del escenario	Elución, refinería y destrucción de cianuro (Área 500)	Ubicación de la demanda máxima
Demanda hidráulica total	1,500 gpm equivalentes a 341 m³/h	Capacidad de bombas y del anillo
Aporte de monitores fijos	2 × 500 gpm = 1,000 gpm	Ataque a distancia y refrigeración
Aporte de chorros de manguera	2 × 250 gpm = 500 gpm	Ataque directo desde hidrantes
Duración de diseño	2 horas continuas	Volumen de la reserva dedicada
Capacidad total del tanque	2,300 m³	Almacenamiento operativo más reserva
Reserva dedicada a incendios	700 m³ equivalentes a 185,000 galones	Autonomía del sistema
Autonomía garantizada	2 horas a 1,500 gpm	Control del escenario de diseño
Extracción de agua fresca	Boquilla superior del tanque	Preserva la reserva por pérdida de aspiración
Extracción de agua contra incendio	Boquilla inferior, con acceso al inventario íntegro	Disponibilidad total de la reserva
Interconexión entre succiones	Inexistente; tuberías independientes	Imposibilidad física de derivar la reserva
Bomba principal	Motor eléctrico; 1,500 gpm a 125 psi	Operación nominal ante demanda de incendio
Bomba de respaldo	Motor diésel independiente; 1,500 gpm a 125 psi	Respaldo íntegro ante falla eléctrica
Bomba mantenedora de presión	Motor eléctrico; 25 gpm a 125 psi	Reposición de fugas y presurización

Parámetro	Valor establecido en la ingeniería	Función que gobierna
Autonomía de combustible del motor diésel	8 horas a plena carga	Operación prolongada y enfriamiento
Configuración de succión	Carga positiva desde el tanque, sin cebado	Arranque inmediato garantizado
Paro de bombas principales	Exclusivamente manual	Impide la interrupción durante el evento
Presión estática de la red	125 psi equivalentes a 8.6 bar	Presurización permanente del anillo
Presión dinámica en el punto más desfavorable	65 psi equivalentes a 4.5 bar a demanda plena	Desempeño de mangueras
Presión dinámica en conexión de monitor	100 psi equivalentes a 6.9 bar	Alcance de chorro de 45 m
Velocidad máxima en la troncal	3.0 m/s	Selección de diámetros
Caudal por rama del anillo	Del orden de 750 gpm	Reparto de la demanda en anillo cerrado
Separación máxima entre hidrantes	90 metros	Cobertura del anillo perimetral
Tendido máximo de manguera	90 metros	Alcance desde cada hidrante
Caudal de cada monitor fijo	500 gpm	Ataque a distancia
Alcance efectivo de chorro del monitor	No inferior a 45 metros	Aplicación sin exposición del operador
Válvulas de seccionamiento	Vástago ascendente o indicador de posición, aseguradas abiertas	Verificación visual del estado

La reserva dedicada de setecientos metros cúbicos se preserva por arreglo de boquillas y no por procedimiento. La extracción de agua fresca de proceso se practica desde la boquilla superior del tanque, de modo que al descender el nivel hasta esa cota la succión de proceso se pierde por sí sola; la extracción de agua contra incendio se practica desde la boquilla inferior y accede al inventario íntegro. No existe interconexión entre ambas succiones. En consecuencia, la reserva de incendio no puede consumirse por el proceso aun mediando error de operación.

El arranque de los equipos de bombeo se escalona por presión, con presostatos independientes y línea de sensado propia por equipo, arreglo que suprime el punto único de falla del sistema de arranque.

Tabla 39: Escalonamiento de arranque de los equipos de bombeo contra incendio

Orden de actuación	Equipo	Presión de arranque	Condición que la origina
1	Bomba mantenedora de presión	115 psi, con paro a 125 psi	Fuga menor, variación térmica o descarga puntual
2	Bomba principal eléctrica	105 psi	Apertura de hidrante o de monitor, o rotura de la red
3	Bomba de respaldo diésel	95 psi	Falla de arranque o de alimentación de la bomba eléctrica, o demanda que excede su capacidad
Presostatos	Independientes por equipo, con línea de sensado propia	No aplica	Supresión del punto único de falla en el sistema de arranque
Señalización	Alarma de prioridad crítica en el Cuarto de Control Central	No aplica	Arranque de cualquiera de las bombas principales
Paro	Exclusivamente manual en el cuarto de bombas	No aplica	Confirmación del control del evento por el mando del incidente

Los materiales y diámetros de la red se seleccionan sobre la velocidad máxima admisible en la troncal y sobre la condición de instalación. El polietileno de alta densidad no se admite en tramo expuesto por su comportamiento frente a la radiación térmica y a la acción mecánica.

Tabla 40: Materiales y diámetros de la red de agua contra incendio

Elemento de la red	Material	Diámetro nominal	Condición de instalación
Troncal del anillo perimetral	Polietileno de alta densidad PE4710, DR 11	10 pulgadas (250 mm)	Enterrada, unión por termofusión a tope
Ramales de derivación	Polietileno de alta densidad PE4710, DR 11	8 pulgadas (200 mm)	Enterrada
Tomas de hidrante y de monitor	Polietileno de alta densidad PE4710, DR 11	6 pulgadas (150 mm)	Enterrada hasta la transición
Columnas de ascenso y tramos expuestos	Acero al carbono o hierro dúctil con recubrimiento	6 pulgadas (150 mm)	Expuesta; polietileno no admitido
Cabezales del cuarto de bombas	Acero al carbono con recubrimiento	10 pulgadas (250 mm)	Expuesta

La cobertura de hidrantes y de monitores fijos se establece por área. Los siete monitores fijos se emplazan sobre los emplazamientos en los que el ataque directo desde manguera expondría al operador: la refinería, el almacén segregado de cianuro de sodio, el almacenamiento de combustible de los hornos, la subestación principal y el almacén general.

Tabla 41: Distribución de hidrantes y de monitores fijos por área

Área o instalación	Hidrantes	Monitores fijos	Criterio de cobertura
Área 100 — Trituración y molienda	Estaciones sobre el anillo perimetral	No requeridos	Ataque directo a unidades hidráulicas y a bandas transportadoras
Área 200 — Gravimetría, flotación y espesamiento	Estaciones sobre el anillo perimetral	No requeridos	Carga de fuego limitada a motores y cableado
Área 300 — Bio-oxidación, CCD y neutralización	Estaciones sobre el anillo perimetral	No requeridos	Refrigeración de estructuras contiguas
Área 400 — Ajuste de pH y cianuración CIL	Estaciones sobre el anillo perimetral	No requeridos	Escorrentía dirigida a la contención del área
Área 500 — Elución, refinería y destrucción de cianuro	Estaciones perimetrales al edificio	2 monitores	Escenario de incendio de diseño; ataque a distancia y refrigeración
Almacén segregado de cianuro de sodio (Área 400)	Estaciones perimetrales, sin aplicación directa sobre el producto	1 monitor	Refrigeración exterior exclusiva; prohibida el agua sobre el producto
Almacenamiento de combustible de los hornos	Estación dedicada	1 monitor	Refrigeración de recipientes expuestos
Subestación eléctrica principal (Área 700)	Estación dedicada	1 monitor	Incendio de aceite dieléctrico; aplicación sobre equipo desenergizado
Almacén general y patio de maniobras	Estaciones perimetrales	2 monitores	Escenario alterno de magnitud comparable al de diseño
Cuarto de Control Central y salas eléctricas	Estaciones sobre el anillo perimetral	No requeridos	Protección interior por agente limpio; agua exterior de refrigeración
TOTAL DE MONITORES FIJOS	—	7	Suma de las posiciones establecidas

La prohibición de aplicar agua sobre el producto en el almacén segregado de cianuro de sodio es absoluta. El fundamento es que el cianuro de sodio sólido en contacto con agua y con el dióxido de carbono atmosférico produce ácido cianhídrico; la aplicación de agua sobre un incendio en ese recinto convertiría un evento de fuego en un evento de liberación tóxica. La función del monitor asignado a ese emplazamiento es exclusivamente la refrigeración exterior de la envolvente del recinto.

La protección por extintores se dimensiona sobre la clase de fuego previsible en cada emplazamiento y sobre la distancia máxima de recorrido efectivo hasta la unidad. El inventario total asciende a 153 unidades distribuidas por área.

Tabla 42: Inventario de extintores portátiles y móviles por área

Área o instalación	PQS 9 kg	PQS 4.5 kg	CO_2 4.5 kg	Limpio 5 kg	Móvil PQS	Móvil CO_2	Clase K	Total
Área 100 — Trituración y molienda	12	4	4	—	—	—	—	20
Área 200 — Gravimetría, flotación y espesamiento	10	2	2	—	—	—	—	14
Área 300 — Bio-oxidación, CCD y neutralización	14	2	2	—	—	—	—	18
Área 400 — Ajuste de pH y cianuración CIL	12	4	3	—	—	—	—	19
Área 500 — Elución, refinería y destrucción de cianuro	8	2	8	6	4	2	—	30
Área 600 — Planta de pastas y jales filtrados	8	2	2	—	—	—	—	12
Instalaciones auxiliares y servicios	20	8	6	2	2	—	2	40
TOTAL GENERAL	84	24	27	8	6	2	2	153

La asignación de agente por clase de fuego y su emplazamiento característico en la instalación son los siguientes.

Tabla 43: Asignación de agente extintor por clase de fuego

Clase	Combustible característico	Agente asignado	Emplazamiento en la instalación
A	Sólidos ordinarios con formación de brasa	Polvo químico seco tipo ABC; agua desde la red	Almacén general y zona de apilamiento, oficinas, laboratorio, taller y carbón activado
B	Líquidos y gases inflamables y combustibles	Polvo químico seco tipo ABC y bióxido de carbono; unidades móviles de 50 kg	Almacenamiento de combustible de hornos y estación de combustible
C	Equipo eléctrico energizado	Bióxido de carbono en equipo de potencia; agente limpio en equipo electrónico	Cuarto de Control Central y sala de equipos, salas eléctricas y centros de control
D	Metales combustibles	No se asigna; clase no aplicable al inventario del Proyecto	No existe emplazamiento en la instalación
K	Aceites y grasas de cocción	Agente húmedo de saponificación de Clase K	Área de preparación de alimentos

Las distancias máximas de recorrido hasta la unidad extintora se establecen por nivel de riesgo del emplazamiento y se miden sobre rutas reales de circulación, no en línea recta.

Tabla 44: Distancias máximas de recorrido a la unidad extintora por nivel de riesgo

Nivel de riesgo	Distancia máxima	Áreas de aplicación	Criterio determinante
Ligero	25 m	Oficinas administrativas, sala de juntas y áreas de servicio	Carga de fuego reducida y ocupación de baja densidad
Ordinario	20 m	Áreas 100, 200, 300, 400 y 600; almacén general	Carga de fuego moderada de sólidos y de accionamientos eléctricos
Alto	15 m	Área 500, subestación principal y estación de combustible	Presencia de líquidos combustibles, alta temperatura y equipo de potencia
Líquidos inflamables	15 m	Almacenamiento y líneas de combustible, y recipientes de gas licuado de petróleo	Rige sobre la clasificación general del área en que se emplace
Verificación	Recorrido efectivo en campo	Toda la instalación	Se mide sobre rutas reales de circulación, no en línea recta

Tabla 45: Tipos de unidad extintora, agente y potencial de extinción

Tipo de unidad	Agente	Capacidad de carga	Potencial de extinción	Emplazamiento característico
Portátil de alta capacidad	Polvo químico seco ABC	9.0 kg	4A:80B:C	Áreas de proceso y almacén general
Portátil estándar	Polvo químico seco ABC	4.5 kg	2A:20B:C	Plataformas, escaleras y cuartos menores
Portátil dieléctrico	Bióxido de carbono	4.5 kg	10B:C	Salas eléctricas y tableros de campo
Portátil de agente limpio	Halocarbonado sin residuo	5.0 kg	2A:10B:C	Cuarto de Control Central, sala de equipos y cuartos de control
Móvil sobre ruedas	Polvo químico seco ABC	50 kg	20A:160B:C	Hornos y almacenamiento de combustible
Móvil sobre ruedas	Bióxido de carbono	22.7 kg	20B:C	Refinería y celdas de electrodeposición
Portátil de cocina	Agente húmedo de Clase K	6.0 L	K	Área de preparación de alimentos

III.1.1.12 Estaciones de emergencia, equipo de protección personal y antídoto

Las estaciones de emergencia son el conjunto de dispositivos de atención inmediata emplazados en los puntos de la instalación en los que el contacto con cianuro es posible. Su criterio de emplazamiento es la distancia máxima al punto de exposición, fijada en tres metros en la estación de preparación de solución, que es el punto de manipulación directa del producto, y en diez metros en los demás emplazamientos.

Tabla 46: Estaciones de emergencia, dotación de antídoto y de oxígeno

Emplazamiento	Distancia máxima	Descontaminación	Antídoto	Oxígeno
Estación de preparación de solución	3 m	Ducha y lavaojos con pedal	2 unidades	1 equipo
Almacén de cianuro de sodio	10 m	Ducha y lavaojos exteriores al recinto	Incluido en estación de preparación	1 equipo

Emplazamiento	Distancia máxima	Descontaminación	Antídoto	Oxígeno
Tanque de ajuste de pH	10 m	Ducha y lavaojos con pedal	—	1 equipo
Tren de cianuración CIL	10 m	Dos estaciones en la plataforma	2 unidades	2 equipos
Área de elución y refinería	10 m	Ducha y lavaojos con pedal	1 unidad	1 equipo
Circuito de destrucción de cianuro	10 m	Ducha y lavaojos con pedal	—	1 equipo
Área de descarga de reactivos	10 m	Estación móvil dispuesta en maniobra	1 unidad en maniobra	1 equipo
Servicio médico de la instalación	—	Área de descontaminación	2 unidades de reserva	Dotación completa
TOTAL DE UNIDADES DE ANTÍDOTO	—	—	8 unidades	—

El equipo de protección personal se asigna por tarea y no por área, criterio que responde a que la exposición depende de la operación que se practica y no del emplazamiento en que se encuentra el trabajador. Se establecen cuatro niveles: operativo, operativo reforzado, crítico y crítico máximo. El nivel crítico máximo prohíbe de forma expresa todo respirador purificador de aire, pues por encima de cincuenta partes por millón ningún cartucho ofrece protección acreditable.

Tabla 47: Asignación de equipo de protección personal por tarea y nivel

Tarea	Nivel	Protección respiratoria	Barrera dérmica	Detección
Ronda y monitoreo del tren CIL	Operativo	Equipo de escape portado	Ropa de trabajo y guantes de nitrilo	Detector al pecho
Lectura de instrumentos y tránsito	Operativo	Equipo de escape portado	Ropa de trabajo y guantes de nitrilo	Detector al pecho
Recepción y descarga de contenedores	Operativo reforzado	Escape; máscara disponible	Ropa, guantes de caña larga y botas de hule	Detector al pecho
Preparación de solución	Crítico	Aire suministrado con botella de escape	Traje estanco a chorro, capucha e interfaces selladas	Detector personal y de recinto
Apertura de líneas y bridas cianuradas	Crítico	Aire suministrado con botella de escape	Traje estanco a chorro, capucha e interfaces selladas	Detector personal y portátil
Intervención de bombas y válvulas	Crítico	Aire suministrado con botella de escape	Traje estanco a chorro, guantes largos y botas de hule	Detector personal
Limpieza interior de tanques	Crítico y espacio confinado	Aire suministrado con botella de escape	Traje estanco a chorro; arnés y rescate dispuesto	Monitoreo continuo multigas
Respuesta a derrame de solución	Crítico	Aire suministrado o autónomo	Traje estanco a chorro con interfaces selladas	Monitoreo continuo del frente
Atención de contenedor dañado	Crítico máximo	Equipo autónomo dentro del encapsulado	Traje encapsulado hermético a gases	Monitoreo continuo en la aproximación
Concentración desconocida o espacio cerrado	Crítico máximo	Equipo autónomo; purificador prohibido	Traje encapsulado hermético a gases	Monitoreo previo y continuo

Los gabinetes de atención a derrames se emplazan por área con dotación diferenciada. Las Áreas 400 y 500, que manejan cianuro y ácido, reciben el doble de material absorbente, de tapones de obturación, de piscinas portátiles y de bombas de diafragma que las restantes.

Tabla 48: Dotación de los gabinetes de atención a derrames por área

Elemento	Áreas 100 y 200	Área 300	Área 400	Área 500	Área 600
Cordón absorbente polimérico, metros	30	30	60	60	30
Manta absorbente polimérica, unidades	50	50	100	100	50
Tapón de obturación de registro, unidades	4	4	6	6	4
Cordón obturador de junta, metros	10	10	20	20	10
Arena silícea seca, sacos de 25 kg	10	10	20	20	20
Piscina de contención portátil, unidades	1	1	2	2	1
Bomba portátil de diafragma, unidades	1	1	2	2	1
Manguera de succión y descarga, metros	30	30	60	60	30
Tiras reactivas de pH, cajas	2	4	4	4	2
Equipo de protección del nivel asignado, juegos	4	4	6	6	4
Herramienta no metálica, juegos	1	1	2	2	1
Documentación de aislamiento del área, ejemplares	1	1	1	1	1

La herramienta no metálica se dispone para la intervención sobre bridas y sobre conexiones en atmósfera con presencia de vapores inflamables, donde la chispa mecánica constituye fuente de ignición. Las tiras reactivas de pH permiten la determinación inmediata de la naturaleza del fluido derramado, dato del que depende la selección del absorbente, del neutralizante y del destino del material recuperado.

III.1.1.13 Consolidado de los sistemas de seguridad y plano de localización a escala 1:5,000

El consolidado de los equipos, dispositivos y sistemas de seguridad descritos en los doce apartados precedentes, con su cantidad instalada y el área en que se emplazan, es el siguiente.

Tabla 49: Consolidado de equipos, dispositivos y sistemas de seguridad de la instalación

Sistema o dispositivo	Cantidad instalada	Áreas en que se emplaza	Función de seguridad
Funciones instrumentadas de seguridad	5 funciones	300, 400 y 500	Corte automático ante desviación confirmada; nivel de integridad 1 y 2
Funciones gobernadas por el sistema de paro de emergencia	9 funciones	300, 400, 500 y 600	Conducción de la planta al estado seguro
Estaciones de paro de emergencia	64 estaciones	100, 200, 300, 400, 500, 600, Cuarto de Control Central y accesos	Activación manual del paro de nivel 1, 2 o 3
Puntos de medición continua de pH	10 puntos con 18 transmisores	300, 400 y 500	Control de alcalinidad y disparo de las funciones de corte químico
Arreglos analíticos con votación dos de tres	3 arreglos	300 y 400	Confirmación de la desviación sin disparo espurio
Sistemas de contención secundaria	10 sistemas	200, 300, 400, 500 y 600	Confinamiento de 4,214.2 m³ sobre 3,966.8 m² impermeabilizados
Cárcamos de recuperación con bombeo dedicado	10 cárcamos	200, 300, 400, 500 y 600	Retiro del fluido confinado a destino declarado
Recintos de almacenamiento con segregación declarada	15 sustancias	200, 300, 400, 500 y servicios	Imposibilidad física de contacto entre incompatibles
Detectores fijos de ácido cianhídrico	Red por zonas con votación	300, 400 y 500	Detección, aislamiento de área y alerta química
Detectores fijos de cloruro de hidrógeno	Red del recinto de ácido	500	Detección en el almacén de ácido clorhídrico
Puntos de vigilancia de mercurio en atmósfera	8 puntos	500	Permisivo de apertura y verificación del lecho de adsorción
Sirenas y estroboscópicos de alerta química	Cobertura perimetral total	Toda la instalación	Difusión de la condición con tono exclusivo
Puntos de reunión	4 puntos	Perímetro del Proyecto	Concentración del personal a barlovento
Hidrantes exteriores sobre anillo perimetral	Separación máxima de 90 m	Toda la instalación	Ataque directo con chorro de 250 gpm
Monitores fijos de agua	7 monitores	400, 500, 700 y almacén general	Ataque a distancia y refrigeración a 500 gpm
Equipos de bombeo contra incendio	3 equipos	Casa de bombas	1,500 gpm a 125 psi con respaldo diésel
Reserva dedicada de agua contra incendio	700 m³	Tanque de 2,300 m³	Autonomía de 2 horas a demanda plena
Extintores portátiles y móviles	153 unidades	Toda la instalación	Extinción incipiente por clase de fuego
Estaciones de ducha y lavaojos de emergencia	7 emplazamientos	400 y 500	Descontaminación inmediata por contacto
Unidades de antídoto para cianuro	8 unidades	400, 500 y servicio médico	Atención médica inmediata de la intoxicación
Equipos de oxígeno de emergencia	8 equipos	400, 500 y servicio médico	Soporte respiratorio previo al traslado
Gabinetes de atención a derrames	5 gabinetes de área	100 y 200, 300, 400, 500 y 600	Contención y recuperación del derrame confinado
Válvulas de seguridad de recipientes a presión	Por recipiente	500	Alivio mecánico sin dependencia de energía ni de señal

El plano de localización de los equipos, dispositivos y sistemas de seguridad se presenta a continuación a escala 1:5,000, escala que satisface el mínimo requerido por la guía. El plano se levanta por sobreposición vectorial sobre el arreglo general de la planta de beneficio, cuyo trazo

base se conserva íntegro, y sitúa con simbología diferenciada cada uno de los sistemas consolidados en la tabla precedente.

El trazo base declara escala 1:4,000. La hoja lo reproduce con factor 0.800, de modo que un punto tipográfico de la hoja representa 1.7639 metros y la escala resultante es de 1:5,000. La equivalencia se verifica de forma directa sobre la barra de escala gráfica impresa en cada hoja.

[E = 4,000 / 0.800 = 5,000]

[1 pt = 4,000 × 25.4 / 72 / 1,000 / 0.800 = 1.7639 m]

El plano se compone de tres hojas. La primera presenta el conjunto del emplazamiento a la escala requerida de 1:5,000, con la red de agua contra incendio, los recintos de contención de mayor superficie, los monitores fijos, los puntos de reunión y el conteo de estaciones de paro y de extintores por área. La segunda presenta la ampliación del bloque de proceso a escala 1:1,250, en la que la densidad de dispositivos exige mayor detalle gráfico y en la que se sitúan de forma individual las estaciones de paro de emergencia, los analizadores de pH con su etiqueta y arquitectura, las zonas con detección fija de gas, las estaciones de emergencia y los diez recintos de contención a escala real. La tercera reúne la simbología y el consolidado numérico de los tres conjuntos de mayor densidad de información.

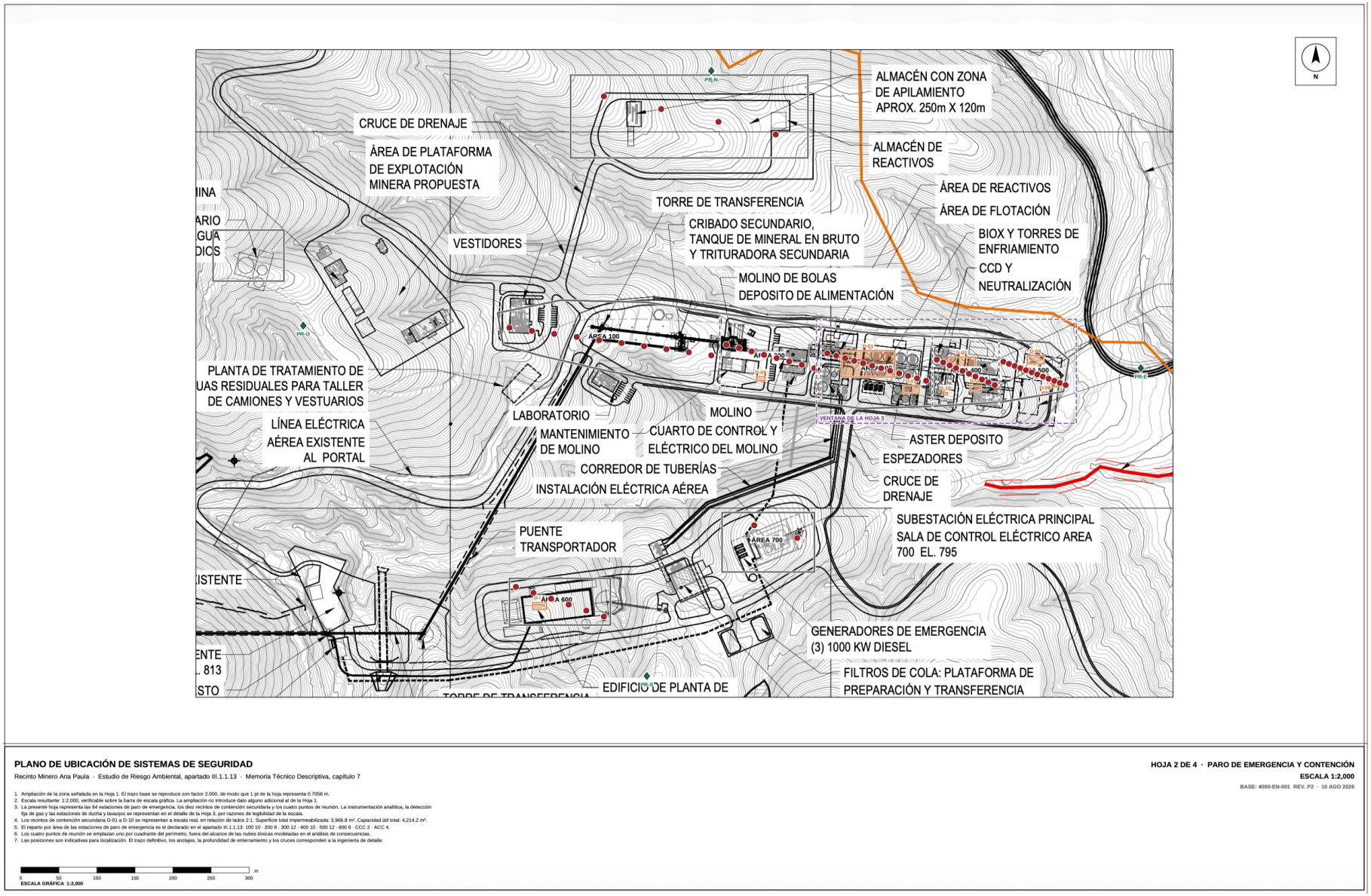


Figura 1: Plano de localización de los equipos, dispositivos y sistemas de seguridad. Hoja 1 de 3, conjunto del emplazamiento. Escala 1:2,000

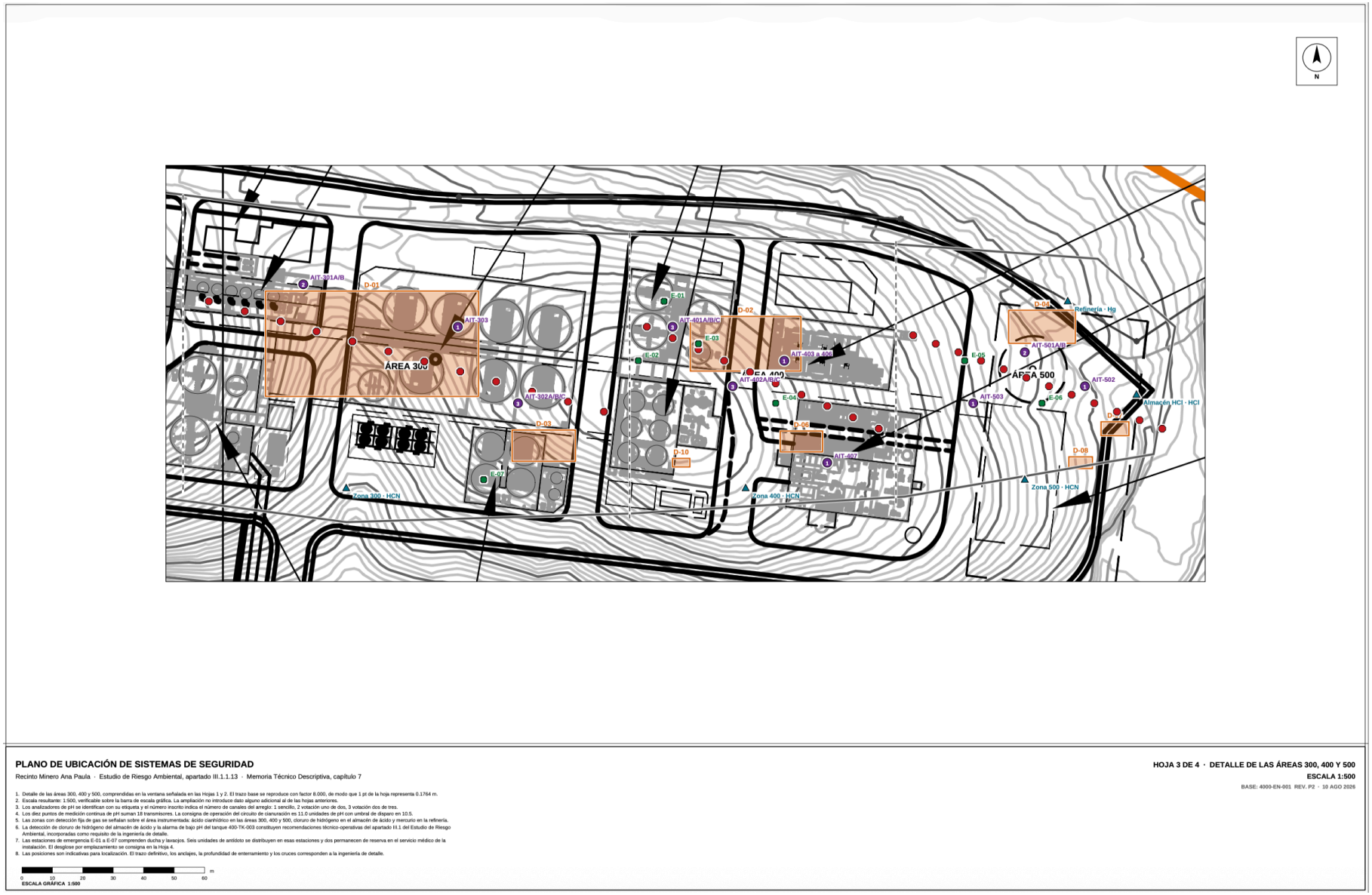


Figura 2: Plano de localización de los equipos, dispositivos y sistemas de seguridad. Hoja 2 de 3, ampliación del bloque de proceso. Escala 1:500

SIMBOLOGÍA Y CONSOLIDADO DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD

Recinto Minero Ana Paula · Estudio de Riesgo Ambiental, apartado III.1.1.13 · Memoria Técnico Descriptiva, capítulo 7

SIMBOLOGÍA

Estación de paro de emergencia	**64 estaciones**
Analizador de pH con la arquitectura declarada	**10 puntos · 18 transmisores**
Detección fija de gas por zona	**5 zonas**
Estación de ducha, lavaojos y antídoto	**7 estaciones · 6 unidades en estación**
Punto de reunión por cuadrante	**4 puntos**
Recinto de contención secundaria, a escala real	**10 recintos · 3,966.8 m²**
Contorno del bloque de proceso y de las áreas	**7 áreas**
Divisoria entre áreas de proceso	—

ESTACIONES DE PARO DE EMERGENCIA

Área o emplazamiento	Estaciones	Nivel	Distancia máxima
Área 100 — Trituración y molienda	10	2 y 3	15 m
Área 200 — Gravimetría y flotación	8	2 y 3	15 m
Área 300 — Bio-oxidación, CCD y ASTER	12	2	10 m
Área 400 — Ajuste de pH, CIL y reactivos	10	2	10 m
Área 500 — Elución, refinería y hornos	12	2	10 m
Área 600 — Planta de pastas y jales	6	2 y 3	15 m
Cuarto de Control Central	2	1	En consola
Caseta de vigilancia y puntos de reunión	4	1	En acceso
TOTAL	**64**		

ZONAS CON DETECCIÓN FIJA DE GAS

Zona instrumentada	Sustancia vigilada
Zona 300 · HCN	HCN
Zona 400 · HCN	HCN
Zona 500 · HCN	HCN
Almacén HCl · HCl	HCl
Refinería · Hg	Hg

RECINTOS DE CONTENCIÓN SECUNDARIA

Clave	Recinto	Área	Superficie	V requerido	V útil
D-01	Bio-oxidación	Área 300	2,448.0 m²	2,644.0 m³	2,877.9 m³
D-02	Tren CIL	Área 400	658.8 m²	514.1 m³	575.2 m³
D-03	Neutralización	Área 300	216.0 m²	219.0 m³	244.0 m³
D-04	Destrucción INCO	Área 500	240.0 m²	192.0 m³	216.2 m³
D-05	Planta de pastas	Área 600	160.0 m²	128.0 m³	140.4 m³
D-06	Solución de NaCN	Área 400	96.0 m²	59.2 m³	64.5 m³
D-07	Ácido clorhídrico	Área 500	42.0 m²	32.5 m³	37.8 m³
D-08	Sosa cáustica	Área 500	30.0 m²	24.0 m³	27.0 m³
D-09	Reactivos de flotación	Área 200	60.0 m²	18.9 m³	20.0 m³
D-10	Choque de emergencia	Área 400	16.0 m²	9.5 m³	11.2 m³
	TOTAL		**3,966.8 m²**	**3,841.2 m³**	**4,214.2 m³**

PUNTOS DE MEDICIÓN CONTINUA DE pH

Etiqueta	Arquitectura del arreglo	Canales
AIT-301A/B	Votación uno de dos	2
AIT-302A/B/C	Votación dos de tres	3
AIT-303	Sencillo	1
AIT-401A/B/C	Votación dos de tres	3
AIT-402A/B/C	Votación dos de tres	3
AIT-403 a 406	Sencillo	1
AIT-407	Sencillo	1
AIT-501A/B	Votación uno de dos	2
AIT-502	Sencillo	1
AIT-503	Sencillo	1

ESTACIONES DE DUCHA, LAVAOJOS Y ANTÍDOTO

Clave	Emplazamiento	Antídoto
E-01	Preparación de solución	2
E-02	Almacén de NaCN	—
E-03	Tanque de ajuste de pH	—
E-04	Tren CIL	2
E-05	Elución y refinería	1
E-06	Destrucción de cianuro	—
E-07	Descarga de reactivos	1
—	Servicio médico de la instalación, unidades de reserva	2
	TOTAL DE UNIDADES DE ANTÍDOTO	**8**

Sobreposición vectorial sobre el plano 4000-EN-001 REV. P2 · 10 AGO 2026. El trazo base se conserva íntegro.

HOJA 4 DE 4 · SIMBOLOGÍA Y CONSOLIDADO · SIN ESCALA

Figura 3: Plano de localización de los equipos, dispositivos y sistemas de seguridad. Hoja 3 de 3, simbología y consolidado de los sistemas de seguridad

La simbología del plano distingue los sistemas por su naturaleza. Los elementos de detección y de corte automático, que corresponden a las capas de prevención, se representan sobre la posición del equipo que protegen. Los elementos de contención, que corresponden a las capas de mitigación pasiva, se representan como polígonos sombreados con la superficie real del recinto. Los elementos de respuesta, que corresponden a la capa de mitigación activa, se representan sobre su emplazamiento físico, con la distancia de cobertura declarada.

El plano no introduce dato alguno ajeno a los apartados precedentes de este Capítulo. Las cantidades representadas coinciden con las del consolidado, las superficies de los recintos de contención coinciden con las de la verificación volumétrica y las distancias de cobertura coinciden con los criterios declarados para cada sistema.

III.1.2 Medidas preventivas

Este apartado expone las medidas preventivas que se aplicarán durante la operación normal del Proyecto para evitar el deterioro del ambiente, los programas de mantenimiento e inspección que las sostienen en el tiempo, los programas de contingencias que gobiernan la respuesta ante la materialización de un evento y las medidas orientadas a la restauración de la zona afectada en caso de accidente.

La distinción entre medida preventiva y sistema de seguridad es la siguiente. El sistema de seguridad del apartado III.1.1 es un elemento físico instalado que actúa por sí mismo ante la desviación. La medida preventiva de este apartado es la actividad, con periodicidad y criterio de aceptación declarados, que garantiza que ese elemento físico conserve en el tiempo la capacidad de actuación que se le atribuye en el análisis de riesgos. Un dique con volumen útil verificado que no se vacía tras la lluvia deja de ser una capa de protección; una válvula de corte cuya carrera no se prueba deja de acreditar la integridad declarada. Las medidas de este apartado son, en consecuencia, la condición de vigencia de las conclusiones del apartado precedente.

III.1.2.1 Programa de mantenimiento preventivo y jerarquización por criticidad

El programa de mantenimiento se construye sobre una jerarquización de los activos por criticidad. La criticidad no se asigna por juicio sino por un índice ponderado de seis criterios, cuyos pesos se derivan de la comparación por pares y suman la unidad. El peso mayor corresponde a la seguridad y la salud del personal, y el segundo al impacto ambiental, orden que refleja la naturaleza del inventario de sustancias de la instalación.

Tabla 50: Criterios de criticidad de activos y sus pesos

Clave	Criterio	Peso	Interpretación del criterio
C1	Seguridad y salud del personal	0.355	Potencial de lesión, exposición a cianuro, ácidos o partes en movimiento ante la falla del activo
C2	Impacto ambiental	0.220	Potencial de liberación de sustancias reguladas o de incumplimiento de los límites de descarga
C3	Impacto en la producción	0.219	Tonelaje o recuperación metalúrgica perdidos por hora de indisponibilidad del activo
C4	Frecuencia de falla	0.081	Tasa histórica o esperada de falla funcional del activo en el contexto operativo de

Clave	Criterio	Peso	Interpretación del criterio
			la planta
C5	Tiempo de reposición del activo	0.080	Plazo de suministro del repuesto mayor y duración de la reparación en sitio
C6	Costo directo de reparación	0.045	Costo de refacciones, servicios especializados y mano de obra de la intervención correctiva

La suma de los pesos de los dos primeros criterios asciende a 0.575, esto es, el índice de criticidad queda gobernado en más de la mitad de su valor por la consecuencia sobre las personas y sobre el ambiente. Los criterios de costo y de reposición, que en un programa orientado a la disponibilidad dominarían la jerarquización, suman en conjunto 0.125.

Cada criterio se evalúa en cinco niveles cuyo significado queda fijado de forma expresa, de modo que la asignación es reproducible y no depende del evaluador.

Tabla 51: Niveles de evaluación de los criterios de criticidad

Nivel	C1 Seguridad	C2 Ambiente	C3 Producción	C4 Frecuencia	C5 Reposición	C6 Costo
1	Sin exposición	Sin liberación	Sin pérdida	Mayor a 60 meses	Menor a 1 semana	Menor a 5 mil USD
2	Lesión leve	Derrame contenido	Menor al 10 %	De 36 a 60 meses	De 1 a 4 semanas	De 5 a 25 mil USD
3	Lesión incapacitante	Derrame en área	Del 10 al 30 %	De 18 a 36 meses	De 1 a 3 meses	De 25 a 100 mil USD
4	Lesión grave múltiple	Liberación fuera de contención	Del 30 al 70 %	De 6 a 18 meses	De 3 a 6 meses	De 100 a 500 mil USD
5	Potencial de fatalidad	Afectación de cuerpo receptor	Paro total de planta	Menor a 6 meses	Mayor a 6 meses	Mayor a 500 mil USD

El índice de criticidad de cada activo resulta de la suma ponderada de sus seis calificaciones, y la clase se asigna sobre bandas del índice resultante.

$$[\ IC = 0.355 \cdot C1 + 0.220 \cdot C2 + 0.219 \cdot C3 + 0.081 \cdot C4 + 0.080 \cdot C5 + 0.045 \cdot C6\ ]$$

El programa evalúa treinta y cuatro activos con este procedimiento. Sobre la clase resultante se asigna la frecuencia de intervención, cuyo intervalo y tolerancia de ejecución quedan declarados de forma que el cumplimiento sea verificable sin margen de interpretación.

Tabla 52: Frecuencias de mantenimiento preventivo, intervalos y tolerancias de ejecución

Clave	Frecuencia	Intervalo	Tolerancia de ejecución	Condición del equipo
D	Diaria	24 h	± 4 h	En operación
S	Semanal	7 d	± 1 d	En operación
M	Mensual	30 d	± 3 d	En operación o paro corto
T	Trimestral	90 d	± 7 d	Paro corto programado
E	Semestral	180 d	± 10 d	Ventana de paro
A	Anual	365 d	± 15 d	Ventana de paro mayor

La cartera de tareas preventivas comprende doscientas veintidós tareas distribuidas por área y por frecuencia. Su distribución es la siguiente.

Tabla 53: Distribución de las tareas de mantenimiento preventivo por área y frecuencia

Área	Diaria	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual	Total
Área 100 — Trituración y molienda	9	6	15	7	—	4	41
Área 200 — Gravimetría, flotación y espesamiento	4	2	7	4	1	2	20
Área 300 — Bio-oxidación, CCD y neutralización	7	4	10	6	4	8	39
Área 400 — Ajuste de pH y cianuración CIL	8	7	7	3	3	6	34
Área 500 — Elución, refinería y destrucción de cianuro	9	5	8	3	2	6	33
Área 600 — Planta de pastas y jales filtrados	5	7	9	7	3	3	34
Área 700 — Subestación eléctrica principal	1	1	4	3	3	9	21
TOTAL	43	32	60	33	16	38	222

La distribución por área no es uniforme y refleja la jerarquización por criticidad. Las Áreas 300, 400 y 500, que concentran el inventario de sustancias peligrosas y la totalidad de las funciones instrumentadas de seguridad, reúnen ciento seis de las doscientas veintidós tareas, equivalentes al cuarenta y siete coma siete por ciento del total, sobre una fracción menor del número de activos. El Área 700 concentra su carga en la frecuencia anual porque su equipo de potencia exige ventana de paro mayor y desenergización para la intervención.

El programa incorpora la recomendación de la clave 2.02.01 relativa a la verificación periódica del anclaje de los recipientes atmosféricos del Área 400. La incorporación se practica como tarea de frecuencia anual sobre los seis tanques del tren de cianuración y el tanque de ajuste de pH, con alcance sobre pernos de anclaje, placas base, soldaduras de silla y estado del mortero de nivelación. El fundamento de la incorporación es que la solicitación sísmica constituye el mecanismo de consecuencia de esa desviación, y el anclaje es el elemento del que depende la respuesta del recipiente ante ella.

La lubricación se gobierna por código de lubricante y régimen de reposición, con nueve códigos asignados según la aplicación característica. La segregación de lubricantes por código impide la mezcla de aceites incompatibles, que constituye una de las causas recurrentes de falla prematura de reductores y de alojamientos.

La eficacia del programa se mide sobre indicadores con meta anual declarada y frecuencia de cálculo establecida.

Tabla 54: Indicadores de desempeño del programa de mantenimiento

Indicador	Expresión	Meta anual	Frecuencia de cálculo
Tiempo medio entre fallas	TO / n_f	≥ 354 h por conjunto evaluado	Mensual y acumulado anual
Tiempo medio para reparar	TPNP / n_f	≤ 6.0 h	Mensual y acumulado anual
Disponibilidad inherente	MTBF / (MTBF + MTTR)	≥ 98.0 %	Mensual
Disponibilidad operacional	TO / TC	≥ 96.5 %	Mensual
Cumplimiento del preventivo	PM en tolerancia / PM programadas	≥ 95 %	Semanal y mensual
Calidad del cumplimiento	PM con registro completo / PM ejecutadas	≥ 98 %	Mensual
Relación de trabajo proactivo	HH planificadas / HH totales	≥ 80 %	Mensual
Respaldo de trabajo pendiente	HH pendientes / HH semanales	De 2 a 4 semanas	Semanal
Pérdida de producción por falla	TPNP × 83.33 t/h	≤ 12,000 t/año	Mensual y acumulado anual

El último indicador vincula de forma directa el desempeño del mantenimiento con la capacidad de la planta: cada hora de paro no programado equivale a 83.33 toneladas de mineral no tratado, y la meta anual de doce mil toneladas corresponde a ciento cuarenta y cuatro horas de paro no programado, esto es, al uno coma sesenta y cuatro por ciento del tiempo calendario.

La verificación cuantitativa de la eficacia del programa se practica por contraste entre la tasa de falla esperada sin programa y la tasa observada, y por la clasificación de las alertas de condición emitidas por las técnicas predictivas.

Tabla 55: Verificación cuantitativa de la eficacia del programa de mantenimiento

Concepto	Valor	Origen del dato
Activos evaluados	34	Matriz de criticidad del programa
Tasa base de falla	1.20 fallas por activo y año	Base de referencia del sector con ajuste de contexto
Fallas esperadas sin programa	40.8	Producto de la tasa base por activos y tiempo
Fallas registradas	24	Historial del sistema de gestión
Tasa observada	0.706 fallas por activo y año	Cociente de fallas ocurridas entre activos y tiempo
Fallas evitadas por cálculo estadístico	16.8	Diferencia entre esperadas y ocurridas
Intervalo de confianza del 95 %	7.2 a 26.4	Aproximación de Poisson
Reducción relativa de la tasa de falla	41.2 %	Diferencia relativa entre ambas tasas
Alertas de condición emitidas	21	Registro de las tres técnicas predictivas
Fallas evitadas validadas	14	Clasificación en el sistema de gestión
Hallazgos confirmados sin riesgo inminente	4	Clasificación en el sistema de gestión
Falsas alarmas	2	Clasificación en el sistema de gestión
Fallas materializadas	1	Clasificación en el sistema de gestión
Índice de captura	83.3 %	Fallas evitadas validadas entre estadísticas
Tasa de falsas alarmas	9.5 %	Falsas alarmas entre alertas emitidas
Horas de paro eludidas	228 h	Suma por clase de activo
Producción preservada	19,000 t	228 h multiplicadas por 83.33 t/h
Disponibilidad operacional alcanzada	96.99 %	Tiempo operativo entre calendario
Disponibilidad operacional sin programa	94.38 %	Tiempo operativo reducido en 228 h
Contribución del programa proactivo	2.61 puntos porcentuales	Diferencia entre ambas disponibilidades

III.1.2.2 Programa de inspección y pruebas de función de los sistemas de seguridad

Las pruebas de función de los sistemas instrumentados de seguridad constituyen una categoría distinta del mantenimiento preventivo ordinario. Su objeto no es preservar la condición mecánica del activo sino descubrir las fallas peligrosas no detectadas por el diagnóstico continuo, esto es, aquellas que permanecen latentes y solo se manifestarían en el momento de la demanda. La relación entre el intervalo de prueba y la integridad alcanzada es directa, pues la probabilidad media de falla en demanda de un subsistema sin diagnóstico crece de forma proporcional a ese intervalo.

$$[\ PFDavg(1oo1) = \lambda_DU \cdot TI / 2\ ]$$

$$[\ PFDavg(2oo3) = (\lambda_DU \cdot TI)^2 + \beta \cdot \lambda_DU \cdot TI / 2\ ]$$

El programa de pruebas del Proyecto establece doce actividades con periodicidad, alcance y criterio de aceptación declarados.

Tabla 56: Programa de pruebas de función y de diagnóstico de los sistemas de seguridad

Actividad	Periodicidad	Alcance	Criterio de aceptación
Diagnóstico interno del solucionador	Continua	Memoria, procesador, módulos y campo	Sin falla declarada; alarma diferenciada
Diagnóstico de transmisores inteligentes	Continua	Impedancias, calidad de señal y deriva	Dentro de banda del fabricante
Verificación automática en portasondas	7 días	Transmisores de análisis por electrodo	Desviación no superior a 0.10 unidades de pH
Calibración de dos puntos	30 días	Transmisores de análisis por electrodo	Pendiente no inferior al 95 % de la teórica
Prueba con gas patrón certificado	180 días	Detectores fijos de gas tóxico	Respuesta y tiempo dentro de especificación
Prueba de carrera parcial	90 días	Válvulas de corte de todas las funciones	Firma dentro de banda de la referencia
Prueba funcional completa de la función	365 días	Lazo de extremo a extremo	Tiempo de respuesta dentro del exigido
Prueba de estanqueidad de cierre	365 días	Válvulas de corte de reactivo peligroso	Fuga inferior al criterio establecido
Verificación de la lógica de votación	365 días	Cada combinación de canales	Conforme a la matriz de votación
Verificación de la degradación	365 días	Simulación de falla de canal	Transición a configuración más exigente
Revisión de la validez de las tasas de falla	730 días	Registro de fallas descubiertas	Contraste con las tasas de diseño
Auditoría de la seguridad funcional	1,095 días	Ciclo de vida completo	Hallazgos con plan de cierre verificado

Este programa incorpora de forma expresa dos de las recomendaciones técnico-operativas. La primera es la de la clave 2.01.01, consistente en someter el arreglo analítico de tres canales 400-AIT-001A, B y C a prueba de función periódica con registro individual de canal, incluida la verificación de la resolución por votación dos de tres. La exigencia de registro individual por canal es sustantiva: una prueba practicada sobre el arreglo como conjunto no descubre la falla de un canal cuando los otros dos sostienen la votación, y es precisamente esa falla latente la que la prueba debe revelar. La segunda es la de la clave 1.03.01, consistente en someter a prueba hidráulica periódica con registro la ausencia de comunicación entre las redes de drenaje del Área 400 y del Área 500, y no únicamente a la verificación de recepción de obra.

La prueba de carrera parcial de periodicidad trimestral no es una actividad de conveniencia operativa sino la condición sobre la que descansa el nivel de integridad declarado. Sin ella, la probabilidad de falla del elemento final asciende de 5.201×10^{-3} a 1.095×10^{-2}, el lazo completo

pasa de 5.284×10^{-3} a 1.103×10^{-2} y el factor de reducción de riesgo desciende de 189.3 a 90.6, con la consiguiente pérdida del nivel de integridad 2. La omisión de la prueba de carrera parcial invalidaría, por tanto, la verificación de integridad presentada en el apartado III.1.1.2.

El protocolo de derivación temporal de señales gobierna las situaciones en que un canal debe retirarse de servicio para su calibración. La derivación se practica bajo autorización nominal, con plazo máximo declarado, con medida compensatoria establecida para el intervalo de la derivación y con registro de apertura y de cierre. Fuera de ese protocolo, la derivación de una señal de seguridad queda prohibida.

La verificación del arranque automático de la bomba dosificadora de reserva 400-P-011B ante la falla de la bomba en operación, correspondiente a la recomendación de la clave 1.05.01, se practica como prueba de aceptación en la puesta en marcha y se incorpora después al programa de pruebas de función con periodicidad trimestral. El fundamento es que la redundancia instalada solo reduce la magnitud del riesgo si la conmutación es efectiva; una bomba de reserva que no arranca de forma automática no constituye redundancia sino inventario.

La verificación de la integridad de los sistemas de contención se practica sobre los recubrimientos y sobre las juntas con periodicidad semestral, y adicionalmente tras cada evento de derrame confinado, con alcance sobre la superficie, las juntas y las penetraciones. La inspección posterior al evento es obligatoria porque el contacto con el fluido derramado, y en particular el contacto prolongado con corriente ácida o cianurada, constituye una solicitación del recubrimiento distinta de la ordinaria.

III.1.2.3 Control del consumo, la recepción y el manejo de reactivos

El control del consumo de reactivos es una medida preventiva de naturaleza ambiental porque el consumo unitario de cada insumo determina de forma simultánea el inventario expuesto, la frecuencia de las maniobras de recepción y la carga química de las corrientes de proceso. Un consumo superior al de diseño incrementa las tres magnitudes de manera proporcional.

Los consumos unitarios rectores del Proyecto, referidos a la capacidad de 2,000 toneladas por día, y su traducción a consumo diario, decenal y anual, son los siguientes.

Tabla 57: Consumo de insumos por área, fracción del total y magnitudes de vida de la mina

Insumo	Consumo diario (t/d)	Consumo anual (t/año)	Vida de la mina (t)
Metabisulfito de sodio	4.80	1,752.0	15,768
Diésel	3.78	1,379.7	12,417
Cianuro de sodio	3.00	1,095.0	9,855
Óxido de calcio	3.00	1,095.0	9,855
Sosa cáustica al 50 %	1.20	438.0	3,942
Gas licuado de petróleo	1.20	438.0	3,942
Ácido clorhídrico al 32 %	1.00	365.0	3,285
Nutrientes de bio-oxidación	0.50	182.5	1,642
Sulfato de cobre pentahidratado	0.30	109.5	986
Xantato amílico de potasio	0.10	36.5	329
Carbón activado de reposición	0.10	36.5	329
Espumante	0.06	21.9	197
Floculante	0.06	21.9	197

La frecuencia de recepción de cada insumo se deriva del consumo diario y de la unidad de arribo. El inventario de diez días fija el punto de reorden y la magnitud del embarque, de modo que la

maniobra de recepción se practica con periodicidad conocida y no de forma reactiva ante el agotamiento. El cianuro de sodio arriba en contenedores de una tonelada con recepción de treinta unidades por decena, y su maniobra de descarga se practica en ruta y horario que no coinciden con los del ácido clorhídrico, condición que constituye el cuarto plano de la segregación descrita en el apartado III.1.1.7.

La preparación de reactivos en solución constituye un punto crítico del manejo porque concentra la exposición del personal. La preparación de solución de cianuro de sodio al veinte por ciento se practica en recinto dedicado, con estación de emergencia a no más de tres metros, con detección de recinto y con equipo de protección de nivel crítico conforme a la asignación del apartado III.1.1.12.

El agotamiento de un insumo no produce en todos los casos la misma consecuencia. La medida preventiva asociada consiste en fijar el plazo admisible de agotamiento por insumo y las acciones de reducción de carga que proceden en cada caso, de modo que la planta pueda conducirse a una condición estable sin recurrir al paro no programado. El insumo de menor plazo admisible es el óxido de calcio, cuyo agotamiento suprime la capacidad de sostener la alcalinidad del circuito de cianuración y activa por sí mismo la cascada de corte químico del apartado III.1.1.5.

La verificación cruzada del consumo declarado se practica por vía independiente del cálculo de diseño, contrastando el consumo unitario contra la estequiometría de la reacción que gobierna cada insumo. Las desviaciones encontradas en esa verificación se documentan de forma expresa y constituyen la base del ajuste de las bases de consumo durante la operación.

III.1.2.4 Gestión del balance de aguas y prevención de descargas no controladas

El balance de aguas es la medida preventiva de mayor alcance ambiental del Proyecto porque de él depende que la instalación opere sin descarga a cuerpo receptor. El criterio rector es el de circuito cerrado: la única entrada externa controlable es la reposición de agua fresca y las únicas salidas son la evaporación en las torres de enfriamiento del Área 300 y la humedad retenida en la pasta y en el queque filtrado del Área 600.

Tabla 58: Balance de aguas por área en condición nominal

Área	Entrada externa (m³/h)	Demanda bruta (m³/h)	Salida del sistema (m³/h)	Término dominante
Área 100 — Trituración y molienda	2.49	99.36	—	Agua de proceso al molino de bolas
Área 200 — Gravimetría, flotación y espesamiento	—	92.59	—	Dilución de 45 % a 30 % de sólidos
Área 300 — Bio-oxidación, CCD y neutralización	—	102.71	34.00	Evaporación en torres de enfriamiento
Área 400 — Ajuste de pH y cianuración CIL	—	No cuantificado	—	Sin salida del sistema
Área 500 — Elución, refinería y destrucción de cianuro	—	No cuantificado	—	Circulación interna de elución
Área 600 — Planta de pastas y jales filtrados	—	No cuantificado	31.89	Humedad retenida en pasta y en queque
Área 700 — Subestación eléctrica principal y servicios	—	2.12	2.12	Consumo de agua potable

Área	Entrada externa (m³/h)	Demanda bruta (m³/h)	Salida del sistema (m³/h)	Término dominante
auxiliares				
Reposición externa de agua fresca	65.52	—	—	Único aporte controlable
TOTAL	68.01	294.66 de proceso como límite inferior, más 2.12 de agua potable	68.01	Recirculación no inferior al 76.9 %

La tasa de recirculación no inferior al setenta y seis coma nueve por ciento es la magnitud que acredita la condición de circuito cerrado. Ninguna de las salidas declaradas constituye descarga a cuerpo receptor: la evaporación es una salida a la atmósfera en forma de vapor de agua y la humedad retenida es una salida en fase sólida confinada en el depósito de jales.

El depósito de agua fresca gobierna la autonomía del proceso y aloja de forma simultánea la reserva dedicada de agua contra incendio. La gestión de sus niveles constituye medida preventiva con umbrales declarados.

Tabla 59: Gestión de niveles del depósito de agua y autonomía asociada

Concepto	Volumen (m³)	Autonomía a 65.52 m³/h	Criterio de operación
Capacidad total del depósito	2,300	No aplica al proceso	Volumen geométrico completo
Reserva dedicada a incendios	700	No aplica	Inaccesible al proceso por arreglo de boquillas
Volumen disponible para proceso	1,600	24.4 h	Por encima de la boquilla superior
Umbral de operación normal	Mayor a 1,600 sobre la reserva	Mayor a 24.4 h	Condición nominal
Umbral de alarma	800 sobre la reserva	12.2 h	Verificación del suministro de reposición
Umbral crítico	0 sobre la reserva	0 h	Reducción de la carga de la planta

El aporte pluvial extraordinario constituye la perturbación de mayor magnitud sobre el balance. El vaciado programado de los diques de contención previo a la temporada de lluvias, correspondiente a la recomendación de las claves 1.07.01 y 2.08.01, es la medida preventiva que sostiene la capacidad de contención frente a la concurrencia de derrame y precipitación. El registro del volumen libre disponible en cada dique se practica con periodicidad diaria y el criterio de conformidad es la ausencia de acumulación superior a veinticuatro horas.

Los caudales medios de retiro necesarios para restituir la capacidad de contención en veinticuatro horas, declarados en el apartado III.1.1.6, quedan cubiertos por el bombeo instalado en cada cárcamo con margen en los diez recintos. El recinto de mayor exigencia es el macro-dique de bio-oxidación, con 25.5 metros cúbicos por hora de retiro necesario frente a 95 metros cúbicos por hora de capacidad instalada.

III.1.2.5 Estabilización del arsénico y prevención de la lixiviación

El arsénico contenido en el concentrado de flotación se solubiliza durante la bio-oxidación y debe fijarse en fase sólida estable antes de su disposición en el depósito de jales. La medida preventiva que gobierna esa fijación es el sostenimiento de la relación molar entre hierro y arsénico en el licor que alimenta al tren de neutralización, pues de ella depende la formación de arseniato férrico y no de fases de menor estabilidad.

El criterio de diseño exige una relación molar de hierro a arsénico no inferior a tres. El balance del circuito acredita que la relación nativa del concentrado es insuficiente y que se requiere aporte externo de hierro.

Tabla 60: Relación molar hierro-arsénico en el circuito y requerimiento de aporte

Punto del circuito	Fe (kmol/d)	As (kmol/d)	Fe/As molar	Cumple Fe/As ≥ 3
Concentrado de flotación	999.99	444.05	2.252	No
Fracción solubilizada en bio-oxidación	899.99	399.65	2.252	No
Licor al tren de neutralización	877.49	389.65	2.252	No
Criterio de diseño requerido	1,168.96	389.65	3.000	Referencia

El déficit de hierro respecto del criterio asciende a 291.47 kilomoles por día, que se cubre mediante dosificación de sulfato férrico en el segundo tanque del tren de neutralización, cuya consigna de pH de 4.5 unidades corresponde precisamente al dominio de fijación del arsénico como arseniato férrico. La dosificación de este reactivo no es, por tanto, una operación de ajuste sino la medida preventiva de la que depende la estabilidad del arsénico en el residuo.

El criterio de conformidad del residuo se establece sobre el límite máximo permisible de arsénico en el extracto de la prueba de lixiviación, y sobre los límites de los demás constituyentes cuya presencia en el lodo es previsible por el origen mineralógico del concentrado.

Tabla 61: Límites máximos permisibles aplicables al lodo de neutralización

Constituyente	Límite máximo permisible (mg/L)	Origen previsible en el lodo
Arsénico	5.0	Arsenopirita y pirita arsenical del concentrado
Bario	100.0	Sulfato de bario de la ganga
Cadmio	1.0	Sulfuros accesorios del concentrado
Cromo	5.0	Ganga silicatada y desgaste de medios de molienda
Mercurio	0.2	Sulfuros accesorios del concentrado
Plata	5.0	Mineralización asociada al oro
Plomo	5.0	Galena accesoria del concentrado
Selenio	1.0	Sustitución del azufre en los sulfuros

La retención requerida para satisfacer el límite de arsénico depende de la ley de arsénico del propio lodo, y es tanto más exigente cuanto mayor es esa ley. Para el caso base de 7.32 por ciento la retención exigida asciende al 99.8634 por ciento del arsénico contenido.

Tabla 62: Retención de arsénico requerida en función de la ley del lodo

Ley de As del lodo	As lixiviable máximo (mg/kg)	Fracción lixiviable máxima	Retención requerida
3.00 %	100	0.3333 %	99.6667 %
5.00 %	100	0.2000 %	99.8000 %
7.32 % (caso base)	100	0.1366 %	99.8634 %
10.00 %	100	0.1000 %	99.9000 %

La exigencia de retención superior al 99.86 por ciento no admite verificación por la sola prueba de lixiviación normalizada, que acredita el comportamiento en un ensayo de duración acotada pero no el comportamiento de largo plazo bajo percolación sostenida. Por esa razón el programa de

verificación incorpora determinaciones de caracterización que acreditan la naturaleza de la fase formada y su estabilidad, y no únicamente la concentración del extracto.

Tabla 63: Determinaciones de caracterización de la estabilidad del arsénico

Determinación	Técnica	Objeto
Composición mineralógica	Difracción de rayos X	Identificación de las fases y grado de cristalinidad
Especiación del arsénico en el sólido	Espectroscopía de absorción de rayos X	Distinción entre arseniato estructural y adsorbido
Distribución del arsénico en la partícula	Microscopía electrónica con microanálisis	Verificación del encapsulamiento
Relación Fe/As del sólido	Digestión total y análisis elemental	Verificación de la relación molar efectiva
Especiación del arsénico en el licor	Cromatografía con detección específica	Cuantificación de la fracción trivalente
Lixiviación a pH variable	Ensayo de dependencia del pH	Determinación del dominio de estabilidad real
Lixiviación de largo plazo	Ensayo en columna	Comportamiento bajo percolación sostenida
Potencial de generación de acidez	Balance ácido-base	Evolución geoquímica del depósito

El programa de vigilancia se estructura en tres niveles: proceso, residuo y depósito. El nivel de proceso opera en continuo sobre las variables de control; el nivel de residuo opera sobre el material que abandona el circuito; y el nivel de depósito opera sobre las piletas de recolección, los pozos de observación y la superficie del depósito.

Tabla 64: Programa de vigilancia de la estabilización del arsénico

Nivel	Punto de medición	Determinación	Frecuencia	Criterio de acción
Proceso	Descarga del tanque 6	pH	Continua	Fuera de la banda 7.0 a 7.4
Proceso	Descarga del tanque 2	pH	Continua	Fuera de la banda 4.2 a 4.8
Proceso	Sobreflujo del primer espesador CCD	Fe y As disueltos	Diaria	Relación Fe/As inferior a la de diseño
Proceso	Sobreflujo del espesador combinado	As disuelto	Diaria	Ascenso sostenido
Residuo	Bajoflujo del espesamiento	Extracción normalizada completa	Mensual	As superior a 5.0 mg/L
Residuo	Bajoflujo del espesamiento	Ley de As y relación Fe/As	Semanal	Desviación del caso de diseño
Depósito	Piletas de recolección	As, Fe, pH y conductividad	Semanal	Ascenso sostenido de As
Depósito	Piletas de recolección	Análisis completo de metales	Trimestral	Detección de cualquier metal
Depósito	Pozos de observación	As, pH y sulfato	Trimestral	Cualquier detección sobre el fondo
Depósito	Superficie del depósito	Inspección de erosión y de eflorescencias	Mensual	Presencia de eflorescencias

III.1.2.6 Control administrativo de los trabajos de alto riesgo

Los trabajos de alto riesgo son aquellos cuya ejecución suprime de forma temporal una o más de las barreras descritas en el apartado III.1.1. La apertura de una línea cianurada suprime la contención primaria; el ingreso a un tanque suprime la ventilación natural del recinto; el trabajo en caliente introduce una fuente de ignición en un área clasificada. El control administrativo de estos

trabajos es, por tanto, la medida preventiva que gobierna el intervalo durante el cual la instalación opera con una barrera menos.

El sistema se estructura en cinco bloques de permiso, cada uno con firmas obligatorias y con una firma específica adicional que responde de la condición particular del bloque.

Tabla 65: Bloques de permiso de trabajo de alto riesgo y firmas exigidas

Bloque	Ejecutante	Supervisor de área	Emisor autorizado	Verificador EHS	Firma específica del bloque
1. Espacios confinados	Obligatoria	Obligatoria	Obligatoria	Obligatoria	Vigía designado
2. Bloqueo y candadeo	Obligatoria	Obligatoria	Obligatoria	Obligatoria	Ejecutante del aislamiento
3. Trabajos en caliente	Obligatoria	Obligatoria	Obligatoria	Obligatoria	Guardia de fuego
4. Altura e izaje	Obligatoria	Obligatoria	Obligatoria	Obligatoria	Responsable de la maniobra
5. Líneas de fluidos peligrosos	Obligatoria	Obligatoria	Obligatoria	Obligatoria	Responsable de preparación de línea

Las condiciones atmosféricas de ingreso, los umbrales de alarma y los umbrales de evacuación inmediata se fijan por parámetro, con indicación expresa del origen previsible de cada contaminante en la instalación. Esa indicación de origen es lo que convierte la tabla en un instrumento de prevención y no en una lista genérica de límites.

Tabla 66: Condiciones atmosféricas de ingreso a espacio confinado y umbrales de acción

Parámetro	Condición de ingreso	Umbral de alarma	Umbral de evacuación inmediata	Origen previsible en la instalación
Oxígeno	19.5 a 23.5 % vol	Fuera de 19.5 a 23.5 %	Menor a 19.5 % o mayor a 23.5 %	Consumo por oxidación de superficies; desplazamiento por purga con nitrógeno o vapor
Gases y vapores inflamables	Menor a 10 % del límite inferior de inflamabilidad	5 % del límite	10 % del límite	Residuo de disolvente, recubrimiento fresco o combustible de equipo de apoyo
Ácido cianhídrico	Menor a 1.0 ppm	1.0 ppm	4.7 ppm	Descenso del pH del residuo cianurado adherido a paredes y fondo
Sulfuro de hidrógeno	Menor a 1.0 ppm	5 ppm	10 ppm	Reducción de sulfuros en pulpa ácida de bio-oxidación y en sedimentos
Dióxido de azufre	Menor a 0.25 ppm	2 ppm	5 ppm	Descomposición de metabisulfito de sodio y oxidación de sulfuros
Monóxido de carbono	Menor a 25 ppm	25 ppm	50 ppm	Equipo de combustión de apoyo y trabajo en caliente en el interior
Amoniaco	Menor a 25 ppm	25 ppm	35 ppm	Descomposición de nutrientes nitrogenados del

Parámetro	Condición de ingreso	Umbral de alarma	Umbral de evacuación inmediata	Origen previsible en la instalación
				circuito de bio-oxidación

El umbral de evacuación inmediata de ácido cianhídrico de 4.7 partes por millón coincide con el valor techo del Proyecto declarado en el apartado III.1.1.10, de modo que el criterio aplicable al interior de un espacio confinado y el aplicable a la atmósfera abierta de un área son el mismo. Esa coincidencia es deliberada y suprime la posibilidad de que un mismo instrumento portátil sea interpretado con criterios distintos según el lugar de la medición.

La intervención sobre líneas de fluidos peligrosos exige la preparación previa de la línea, el aislamiento acreditado, la despresurización, el drenado, el enjuague y la disposición en sitio del neutralizante correspondiente al fluido. El neutralizante no es el mismo para todos los fluidos y su elección incorrecta agrava la condición: la aplicación de hipoclorito sobre eluato genera cloruro de cianógeno, razón por la que ese oxidante queda excluido de forma expresa en esa corriente.

La eficacia del sistema se mide sobre once indicadores con meta anual declarada, de los cuales tres son de cumplimiento, cuatro de calidad de la verificación y cuatro de conducta del sistema.

Tabla 67: Indicadores de desempeño del control de trabajos de alto riesgo

Indicador	Expresión	Meta anual	Frecuencia de cálculo
Tasa de cumplimiento de permisos	P_c / T_ar × 100	≥ 98 %	Mensual y acumulada
Trabajos ejecutados sin permiso	100 − TCP	0 %	Mensual
Cobertura de auditoría	A_e / P_c × 100	≥ 30 %	Mensual
Índice de desviaciones críticas	D_c / A_e × 100	Reporte conjunto con la cobertura	Mensual
Tasa de conformidad en auditoría	(A_e − D_c) / A_e × 100	≥ 93 %	Mensual
Tasa de cierre formal	P_cf / P_c × 100	≥ 98 %	Mensual
Tasa de efectividad del sistema	(TCP × TCA × TCC) / 10,000	≥ 89 %	Mensual y acumulada
Tiempo medio de corrección de desviaciones no críticas	Σ t_c / n_d	≤ 7 días	Mensual
Ejercicio de la autoridad de detención	Detenciones / P_c × 100	≥ 1.5 % como mínimo esperado	Trimestral
Cobertura de capacitación vigente	Personal acreditado / personal expuesto × 100	100 %	Mensual
Incidentes mayores evitados por control	Conteo validado	Reporte sin meta numérica	Mensual y acumulada

El indicador de ejercicio de la autoridad de detención establece un mínimo esperado y no un máximo tolerado. Un sistema en el que nadie detiene un trabajo no acredita ausencia de condiciones inseguras sino ausencia de verificación efectiva, razón por la que el descenso de ese indicador por debajo del uno coma cinco por ciento constituye señal de deterioro del sistema y no de mejora.

III.1.2.7 Programa de contingencias: atención a derrames

El programa de atención a derrames gobierna la respuesta ante la pérdida de contención primaria de cualquier corriente del proceso. Su primer acto no es la mitigación sino la clasificación, porque

de ella dependen el nivel de respuesta que se moviliza, la notificación que procede y el registro que se genera. La clasificación se practica sobre tres criterios simultáneos: la condición de la contención, el volumen relativo a la capacidad remanente y la presencia de gas o de contacto con suelo desnudo.

Tabla 68: Clasificación de derrames por nivel

Nivel	Condición de la contención	Volumen relativo	Gas y suelo	Respuesta
Menor	Confinado en charola o bandeja local	No superior a 1 m³	Sin gas; sin suelo desnudo	Operador del área
Moderado	Alojado en el dique perimetral íntegro	Hasta 50 % de la capacidad útil remanente	Sin exceder el valor techo; sin suelo desnudo	Brigada del turno
Mayor	Contención comprometida o rebasada	Superior al 50 % de la capacidad remanente	Gas sobre el valor techo o contacto con suelo	Organización de emergencia
Mayor	Fuente activa no aislable	Sin cota superior conocida	Cualquiera	Organización de emergencia
Mayor	Cualquier condición	Cualquier volumen	Salida del perímetro impermeabilizado	Organización de emergencia

La tercera y la quinta condición de nivel Mayor no dependen del volumen. Una fuente activa no aislable carece de cota superior conocida y por tanto no admite tratamiento como evento acotado; la salida del perímetro impermeabilizado convierte el evento en afectación de suelo con independencia del volumen involucrado.

Tabla 69: Recursos, notificación y registro asociados a cada nivel de derrame

Nivel	Quien atiende	Recursos que se movilizan	Notificación	Registro
Menor	Operador del área con apoyo de un segundo operador	Gabinete de derrames del área	Cuarto de Control Central y supervisor	Bitácora de turno
Moderado	Brigada del turno bajo el supervisor del área	Gabinete, equipo de contención y bombas portátiles	Superintendencia de Medio Ambiente y Gerencia de Planta	Reporte de evento
Mayor	Organización de emergencia bajo Comandante de Incidente	Brigada completa, cisternas, bombeo de emergencia y laboratorio	Gerencia, Dirección y evaluación de aviso a la autoridad	Registro documental e investigación
Mayor con exposición	Organización de emergencia y servicio médico	Adicionalmente puesto médico y traslado	Adicionalmente autoridad laboral	Registro documental e investigación
Mayor con salida del perímetro	Organización de emergencia y equipo de remediación	Adicionalmente excavación, muestreo y disposición	Autoridad ambiental conforme al procedimiento	Registro documental e investigación

El aislamiento de la fuente precede a toda operación de mitigación y se practica en dos niveles, primario y secundario, con una condición de verificación que acredita que el aislamiento es efectivo y no solamente ordenado.

Tabla 70: Aislamiento de la fuente por tipo y condición de verificación

Tipo de fuente	Aislamiento primario	Aislamiento secundario	Condición de verificación
Línea de bombeo	Paro remoto de la bomba de alimentación	Cierre de la válvula de corte aguas arriba	Caudal en cero y descenso de la presión
Línea por gravedad	Cierre de la válvula de corte del recipiente de origen	Cierre de la válvula del cabezal	Cese visible del flujo en el punto de fuga
Recipiente atmosférico	Paro de la alimentación al	Trasiego del inventario a	Nivel estable y sin aporte

Tipo de fuente	Aislamiento primario	Aislamiento secundario	Condición de verificación
	recipiente	recipiente alterno	
Recipiente a presión	Bloqueo de la alimentación y despresurización controlada	Cierre de la válvula de bloqueo de la descarga	Presión atmosférica en dos indicaciones
Sello de bomba	Paro de la bomba y cierre de succión y descarga	Bloqueo eléctrico del arrancador	Rotor detenido y arrancador bloqueado
Brida o junta	Paro del servicio y despresurización del tramo	Cierre de las válvulas de bloqueo del tramo	Presión en cero en el tramo aislado
Manguera de trasiego	Paro de la bomba de trasiego	Cierre de la válvula del recipiente emisor	Cese del flujo y desconexión segura
Recipiente de reactivo puro	Cierre de la válvula de fondo	Trasiego a contenedor de emergencia	Nivel estable y contención verificada
Fuga bajo nivel de líquido	Descenso del nivel por trasiego a recipiente alterno	Vaciado hasta por debajo del punto de fuga	Cese del flujo por pérdida de columna

Las combinaciones prohibidas durante la atención constituyen la parte del procedimiento de mayor consecuencia, porque describen las maniobras que convertirían un derrame contenido en un evento de liberación tóxica o de incendio. Su prohibición es absoluta y no admite excepción por urgencia.

Tabla 71: Combinaciones prohibidas durante la atención a derrames

Combinación prohibida	Consecuencia	Área donde puede producirse	Control
Hipoclorito y corriente ácida	Desprendimiento de cloro gaseoso	Áreas 300 y 500	Hipoclorito excluido de esas áreas
Hipoclorito y ácido clorhídrico	Desprendimiento de cloro gaseoso	Área 500	Almacenamiento segregado y señalizado
Cianuro y cualquier ácido	Desprendimiento de ácido cianhídrico	Áreas 400 y 500	Segregación física y prohibición absoluta
Xantato y medio ácido	Desprendimiento de disulfuro de carbono	Área 200	Lavado exclusivamente con agua alcalina
Peróxido y material celulósico	Ignición del absorbente impregnado	Áreas 400 y 500	Absorbente polimérico o mineral exclusivamente
Hipoclorito y material celulósico	Ignición del absorbente impregnado	Área 400	Absorbente polimérico o mineral exclusivamente
Sosa cáustica y ácido concentrado	Reacción violenta y proyección	Área 500	Neutralización con lechada de cal o carbonato
Agua a chorro sobre ácido concentrado	Generación de niebla ácida densa	Área 500	Niebla fina sobre el vapor, nunca sobre el charco
Herramienta metálica y derrame inflamable	Chispa e ignición	Área 200	Herramienta antichispa exclusivamente

El destino del fluido recuperado se fija por corriente, con condición previa y destino prohibido declarados de forma expresa. La regla de mayor alcance ambiental es la prohibición absoluta de conducir cualquier fluido recuperado al drenaje pluvial.

Tabla 72: Destino admisible y prohibido del fluido recuperado por corriente

Fluido recuperado	Destino admisible	Condición previa	Destino prohibido
Pulpa de molienda	Cajón de bomba de ciclones o espesador	Carga de sólidos verificada	Drenaje pluvial; recipiente de origen
Pulpa de flotación	Cajón de alimentación del banco correspondiente	Caudal limitado al 10 % del receptor	Cabeza del circuito; drenaje pluvial
Solución de xantato	Estación de preparación de reactivo	pH no inferior a 9	Cárcamo que reciba corriente ácida
Solución de sulfato de cobre	Tanque de dosificación de reactivo	Concentración verificada	Neutralización en la contención
Pulpa ácida de bio-	Circuito de neutralización	Neutralizada a pH entre 6 y	Circuito de destrucción;

Fluido recuperado	Destino admisible	Condición previa	Destino prohibido
oxidación	del Área 300	9	recipiente de origen
Solución o pulpa cianurada	Circuito de destrucción de cianuro	pH sobre 11 y caracterización previa	Drenaje pluvial; recipiente de origen
Solución cianurada tratada	Tanque de solución estéril o proceso	Verificación analítica conforme	Descarga a cualquier receptor
Eluato del circuito de elución	Tanque de eluato o circuito de destrucción	Temperatura bajo 60 °C y pH verificado	Recipiente de origen; drenaje pluvial
Ácido clorhídrico concentrado	Circuito de neutralización del Área 300	Conducción y bomba dedicadas	Todo cárcamo con corriente cianurada
Drenaje del depósito de jales	Circuito de proceso	Caracterización previa	Descarga a cualquier receptor
Agua de lavado de saneamiento	Circuito de proceso o destrucción	Según la corriente saneada	Drenaje pluvial sin excepción
Fluido no identificado	Retención en piscina de contención	Caracterización antes de todo destino	Todo circuito de proceso

Las actividades preventivas que sostienen la capacidad de respuesta del programa, con su periodicidad, alcance y criterio de conformidad, son las siguientes.

Tabla 73: Actividades preventivas del programa de atención a derrames

Actividad	Periodicidad	Alcance	Criterio de conformidad
Inspección del gabinete de derrames	30 días	Inventario íntegro por área	Sin faltante ni elemento vencido
Verificación del nivel de las contenciones	Diaria	Capacidad remanente de cada contención	Sin acumulación de más de 24 horas
Prueba funcional de las bombas de cárcamo	30 días	Arranque, caudal y válvula de retención	Caudal no inferior al 90 % del nominal
Prueba de los interruptores de nivel	30 días	Arranque, alarma alta y alarma muy alta	Actuación en el punto establecido
Verificación del recipiente de aire dedicado	30 días	Presión y autonomía de la bomba neumática	Autonomía no inferior a 60 minutos
Inspección de los recubrimientos	6 meses y tras cada evento	Superficie, juntas y penetraciones	Sin hallazgo o con reparación verificada
Verificación del bloqueo de registros pluviales	30 días	Totalidad de los registros de las áreas	Condición cerrada y bloqueada
Verificación del título del hipoclorito	30 días	Concentración del inventario almacenado	Título no inferior al 80 % del nominal
Verificación del inventario de oxidante y álcali	30 días	Volumen y vigencia	Inventario íntegro
Adiestramiento del personal de área	6 meses	Detección, reporte, aislamiento y nivel menor	Evaluación teórica y práctica
Adiestramiento de la brigada	3 meses	Confinamiento, protección y recuperación	Ejecución supervisada de la maniobra
Práctica de dosificación de mitigación	6 meses	Cálculo de dosis y aplicación distribuida	Dosis correcta y aplicación conforme
Simulacro de derrame por área	6 meses	Escenario completo del procedimiento	Informe con acciones correctivas
Simulacro general con notificación	12 meses	Nivel Mayor con notificación como ejercicio	Informe con acciones correctivas
Revisión del procedimiento	12 meses y tras cada evento	Contenido íntegro y hallazgos de investigación	Modificación documentada y difundida

III.1.2.8 Programa de contingencias: respuesta ante fuga de cianuro

El programa de respuesta ante fuga de cianuro gobierna los eventos en los que la liberación produce presencia de ácido cianhídrico en la atmósfera. Se distingue del programa de atención a derrames en que su variable rectora no es el volumen del fluido sino la concentración del gas, y en que su primera acción no es la contención del líquido sino la protección de las personas.

La estructura de mando se activa por niveles y asigna a cada posición una facultad exclusiva, esto es, una atribución que ninguna otra posición puede ejercer. La delimitación de facultades exclusivas suprime la duplicidad de órdenes durante el evento.

Tabla 74: Estructura de mando de la respuesta y facultades exclusivas

Posición	Titular	Facultad exclusiva	Nivel II	Nivel III
Comandante de Incidente	Superintendente de Planta	Declarar la emergencia y autorizar todo ingreso	Obligatoria	Obligatoria
Oficial de Seguridad	Especialista de seguridad de procesos	Detener una operación sin consulta previa	Obligatoria	Obligatoria
Jefe de Brigada Química	Jefe de la brigada de emergencia	Ordenar el ingreso efectivo a zona caliente	Obligatoria	Obligatoria
Enlace Médico	Responsable del servicio médico	Administrar o supervisar el antídoto	Obligatoria	Obligatoria
Jefe de Operaciones de Planta	Superintendente de operación	Ejecutar aislamientos y paro de planta	Obligatoria	Obligatoria
Coordinador de Logística	Jefatura de mantenimiento y almacenes	Disponer del inventario de emergencia	Potestativa	Obligatoria
Responsable de Comunicación	Dirección de la unidad minera	Ser el único vocero de la instalación	Potestativa	Obligatoria
Responsable de Documentación	Designado por el Comandante	Registrar la secuencia con marca de tiempo	Potestativa	Obligatoria

La secuencia de acción individual del personal ante la alerta química es de seis pasos, cada uno con su fundamento y con la prohibición que lo acompaña. La prohibición no es accesoria: describe la conducta intuitiva que produciría la exposición.

Tabla 75: Secuencia de acción individual ante la alerta química

Orden	Acción	Fundamento	Prohibición asociada
1	Interrumpir la actividad y dejar el equipo	El sistema conduce la planta al estado seguro	No ejecutar paro ordenado ni maniobra manual
2	Verificar la manga de viento visible	La dirección cambia a lo largo del día	No evacuar sobre la dirección supuesta o habitual
3	Desplazarse hacia barlovento o perpendicular	La ruta corta puede conducir al penacho	No evacuar a sotavento aunque el punto esté ahí
4	Portar el detector encendido y observarlo	La detección es exclusivamente instrumental	No confiar en la percepción olfativa
5	Notificar la salida por radio si hay lectura	Permite acotar la extensión del penacho	No transmitir información no solicitada
6	Presentarse para el registro nominal	El conteo numérico no identifica al ausente	No abandonar el punto sin autorización

La cuarta prohibición es de particular relevancia porque una fracción sustantiva de la población no percibe el olor característico del ácido cianhídrico, y aun en quienes lo perciben la fatiga olfativa suprime la percepción tras breve exposición. La detección instrumental es, en consecuencia, la única vía admisible de determinación de la presencia del gas.

La zonificación de la respuesta, los puntos de reunión y su criterio de selección por dirección del viento quedan establecidos en el apartado III.1.1.10 y constituyen parte integrante de este

programa. La atención médica se practica con las ocho unidades de antídoto distribuidas conforme al apartado III.1.1.12, con administración exclusiva por el Enlace Médico o bajo su supervisión.

El saneamiento posterior al evento se practica por sustancia derramada, con solución de lavado, tiempo de contacto y verificación de enjuague declarados. La exclusión de oxidantes específicos en determinadas corrientes es la parte crítica del procedimiento.

Tabla 76: Saneamiento de superficies por sustancia derramada

Sustancia derramada	Solución de lavado	Tiempo de contacto	Verificación del enjuague
Solución o pulpa cianurada	Alcalina de pH 12, seguida de hipoclorito diluido	No inferior a 30 minutos	Cianuro disociable bajo el límite de cuantificación
Cianuro de sodio sólido	Alcalina de pH 12, seguida de hipoclorito diluido	No inferior a 30 minutos	Cianuro disociable bajo el límite de cuantificación
Eluato del circuito de elución	Alcalina de pH 12, seguida de peróxido diluido; hipoclorito excluido	No inferior a 30 minutos	Cianuro disociable bajo el límite de cuantificación
Ácido clorhídrico	Lechada de cal diluida hasta viraje	Hasta pH estable entre 6 y 9	pH del enjuague entre 6 y 9
Pulpa ácida de bio-oxidación	Solución alcalina diluida; hipoclorito excluido	Hasta pH estable entre 6 y 9	pH del enjuague entre 6 y 9
Sosa cáustica y lechada de cal	Agua de proceso; sin neutralización ácida	Hasta pH estable	pH del enjuague entre 6 y 9
Xantato	Agua de proceso alcalina de pH no inferior a 9	Hasta ausencia de olor	Ausencia de residuo; sin acidificación
Sulfato de cobre	Agua de proceso	Hasta ausencia de coloración	Ausencia de coloración residual
Espumante y floculante	Absorción y barrido; agua en cantidad mínima	No aplica	Prueba de fricción del calzado
Pasta de relleno	Agua de proceso de forma inmediata	Antes del fraguado	Ausencia de material adherido

La exclusión del hipoclorito sobre el eluato responde a que esa corriente contiene cianuro en medio que, ante la adición de hipoclorito y descenso local de pH, produce cloruro de cianógeno, compuesto de toxicidad superior a la del propio cianuro. El oxidante admisible en esa corriente es el peróxido de hidrógeno diluido.

III.1.2.9 Programa de contingencias: combate de incendios

El programa de combate de incendios gobierna la respuesta ante fuego en cualquier emplazamiento de la instalación. Su estructura descansa sobre el sistema descrito en el apartado III.1.1.11 y su parte preventiva consiste en el conjunto de verificaciones que acreditan que ese sistema conserva la capacidad de desempeño declarada.

Tabla 77: Programa de verificación e inspección del sistema contra incendio

Actividad	Frecuencia	Alcance de la verificación	Registro y criterio
Revisión del registro de arranques de la bomba mantenedora	Semanal	Patrón de arranques y estimación del caudal de fuga	Investigación por encima de 1.0 gpm
Prueba de arranque sin flujo de bombas principales	Semanal	Arranque por presostato, presiones, temperaturas, baterías y combustible	Arranque en el umbral de ajuste y operación estable
Inspección de extintores portátiles y móviles	Mensual	Presencia, accesibilidad, manómetro, sello, etiqueta y estado físico de las 153 unidades	Bitácora; retiro y reposición
Verificación reforzada de corrosión en unidades del Área 300	Mensual	Estado del cuerpo de las unidades de ejecución anticorrosiva	Sustitución ante corrosión que comprometa el recipiente

Actividad	Frecuencia	Alcance de la verificación	Registro y criterio
Verificación visual de posición de válvulas de seccionamiento	Trimestral	Posición del vástago o indicador, bloqueo y correspondencia con la supervisión	Registro individual por válvula
Purga de hidrantes con verificación de arranque automático	Trimestral con rotación anual completa	Obstrucción, válvula, drenaje de columna y arranque de la bomba principal	Registro por estación
Prueba de flujo en el punto más desfavorable	Semestral	Presión dinámica a demanda plena de diseño	No inferior a 65 psi; índice de presión dinámica crítica no inferior a 1.0
Medición de presión en conexiones de monitor	Semestral	Presión de entrada de los siete monitores fijos	No inferior a 100 psi; verificación directa del alcance en un monitor
Mantenimiento anual de extintores	Anual	Verificación interna, válvula, manguera y etiqueta de certificación	Etiqueta de certificación; retiro de la unidad no conforme
Prueba de carrera completa de válvulas de seccionamiento	Anual	Cierre y apertura completos con conteo de vueltas	Conteo conforme a la referencia
Prueba de flujo de bombas en tres puntos de curva	Anual	Caudal nulo, nominal de 1,500 gpm y 150 % del nominal	Desviación no superior al 5 % respecto de la curva de aceptación
Verificación de la secuencia completa de arranque escalonado	Anual	Arranque de los tres equipos en sus umbrales de 115, 105 y 95 psi	Arranque de la bomba diésel con la eléctrica inhabilitada
Prueba hidrostática de recipientes de extintores	Según tipo y agente	Integridad del recipiente a presión de prueba	Marca indeleble; destrucción del recipiente no conforme
Simulacro no anunciado de activación de brigada	Trimestral	Tiempo de respuesta descompuesto en sus cuatro componentes	Tiempo de respuesta de la brigada no superior a 8 minutos

La revisión semanal del registro de arranques de la bomba mantenedora constituye un instrumento de detección temprana de fuga en la red enterrada. Un patrón de arranques crecientes acredita un caudal de fuga creciente, y el umbral de investigación de un galón por minuto permite localizar la fuga antes de que comprometa la presión estática del anillo.

La compatibilidad del agente extintor con la sustancia presente en cada emplazamiento constituye restricción operativa de la respuesta. La aplicación de agua sobre el cianuro de sodio sólido y sobre el ácido clorhídrico concentrado queda prohibida por las razones expuestas en los apartados III.1.1.11 y III.1.2.7.

III.1.2.10 Medidas orientadas a la restauración de la zona afectada en caso de accidente

Las medidas de restauración se aplican cuando el evento ha rebasado el perímetro impermeabilizado y ha producido contacto con suelo desnudo. Su objeto es devolver al componente afectado una condición equivalente a la previa al evento, acreditada por determinación analítica y no por inspección visual.

La secuencia de restauración comprende cinco etapas. La primera es la delimitación del área afectada, que se practica por muestreo perimetral progresivo hasta encontrar el límite en el que la concentración del constituyente de interés retorna al valor de fondo del sitio. La segunda es el retiro del material impactado por excavación mecánica, con control de la profundidad por muestreo del fondo y de las paredes de la excavación. La tercera es la caracterización del material retirado, que determina su clasificación y con ella su vía de disposición. La cuarta es la verificación analítica

de la conformidad del suelo remanente. La quinta es la restitución del perfil, del sustrato y de la cubierta vegetal.

La caracterización del material retirado y de las corrientes generadas durante la atención determina su envase y su destino.

Tabla 78: Clasificación, envase y destino de las corrientes generadas en la atención y restauración

Corriente	Característica de peligrosidad	Envase	Destino
Absorbente saturado de corriente cianurada	Reactividad	Tambor metálico con cierre	Instalación autorizada para reactivos
Absorbente saturado de corriente ácida	Corrosividad	Tambor con recubrimiento interior	Instalación autorizada para corrosivos
Arena y tierra impregnadas	Toxicidad; sujeta a caracterización	Contenedor cerrado sobre tarima	Según el resultado de la caracterización
Suelo retirado por remediación	Toxicidad; sujeta a caracterización	Contenedor cerrado o celda temporal	Según el resultado de la caracterización
Equipo de protección desechable	Reactividad o corrosividad según el área	Bolsa de residuo peligroso identificada	Instalación autorizada
Precipitado de la neutralización ácida	Toxicidad; sujeta a caracterización	Contenedor cerrado	Según el resultado de la caracterización
Lodo de hidróxido de cobre	Toxicidad	Contenedor cerrado	Instalación autorizada
Efluente de saneamiento no retornable	Según la corriente saneada	Contenedor de líquidos con contención	Instalación autorizada
Pasta de relleno fraguada	Sujeta a caracterización	Contenedor abierto sobre membrana	Según el resultado de la caracterización
Material de confinamiento reutilizable	No aplica tras descontaminación	Almacenamiento del gabinete	Reincorporación al gabinete

Los criterios analíticos de conformidad que acreditan la conclusión del saneamiento y de la restauración, con el método de determinación y la acción que procede ante la no conformidad, son los siguientes.

Tabla 79: Criterios de conformidad de la restauración y acción ante la no conformidad

Parámetro	Método	Criterio de conformidad	Acción ante no conformidad
pH del enjuague final	Medición directa sobre muestra	Entre 6 y 9	Repetición del lavado
Cianuro disociable en ácido débil	Laboratorio acreditado	Bajo el límite de cuantificación	Repetición del lavado con oxidante admisible
Cobre en el enjuague	Laboratorio acreditado	Ausencia de coloración y bajo el criterio	Repetición del enjuague
Conductividad del enjuague	Medición directa sobre muestra	Comparable a la del agua de lavado	Repetición del enjuague
Inspección visual de la superficie	Recorrido documentado	Sin residuo, película ni coloración	Repetición del retiro en seco
Prueba de fricción tras floculante	Ensayo con calzado de seguridad	Sin deslizamiento apreciable	Repetición del barrido en seco
Verificación atmosférica del recinto	Instrumento portátil calibrado	Bajo el nivel de acción de la instalación	Ventilación y nueva medición

La restitución de la cubierta vegetal se practica con especies propias de la comunidad vegetal presente en el predio, esto es, pastizal inducido y vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino, conforme a la caracterización del sistema ambiental expuesta en el apartado II.3. No se emplean especies ajenas a esa comunidad, criterio que evita introducir en el sitio un componente que no formaba parte de la condición previa al evento.

La determinación de la magnitud de la restauración exigible se practica sobre la masa efectivamente liberada del escenario que se haya materializado. Los nueve escenarios modelados en el apartado II.1 liberan masas comprendidas entre fracciones de kilogramo y unidades de kilogramo, en fenómenos de duración acotada, sin persistencia y sin deposición superficial de magnitud detectable sobre el receptor terrestre. En consecuencia, la restauración exigible en los escenarios de liberación atmosférica se limita a la verificación analítica de la ausencia de deposición; la restauración con retiro de suelo procede únicamente en los escenarios de derrame líquido con salida del perímetro impermeabilizado.

III.1.2.11 Programa de monitoreo ambiental y verificación de la eficacia de las medidas

El programa de monitoreo ambiental verifica que las medidas preventivas de los apartados precedentes producen el efecto que se les atribuye. Su estructura se organiza por componente ambiental y por punto de medición, con determinación, frecuencia y criterio de acción declarados para cada punto.

Tabla 80: Programa de monitoreo ambiental por componente

Componente	Punto de medición	Determinación	Frecuencia	Criterio de acción
Atmósfera de trabajo	Áreas 300, 400 y 500	Ácido cianhídrico por detección fija continua	Continua	Nivel de acción de 2.4 ppm
Atmósfera de trabajo	Almacén de ácido clorhídrico	Cloruro de hidrógeno por detección fija continua	Continua	Nivel de acción declarado para el recinto
Atmósfera de trabajo	Ocho puntos de la refinería	Mercurio en zona de respiración	Continua	Nivel de acción de la instalación
Emisiones a la atmósfera	Chimenea del horno de reactivación	Partículas sólidas	Conforme a la norma aplicable	Límite máximo permisible de la NOM-043
Emisiones a la atmósfera	Chimenea del horno de fundición	Partículas sólidas	Conforme a la norma aplicable	Límite máximo permisible de la NOM-043
Emisiones a la atmósfera	Descarga del extractor de la refinería	Mercurio aguas abajo del lecho de adsorción	Continua	Verificación del desempeño del lecho
Agua de proceso	Descarga del circuito de destrucción	Cianuro disociable en ácido débil	Continua	Objetivo de descarga del Proyecto
Agua de proceso	Descarga tratada hacia espesamiento	pH	Continua	No inferior a 9.5 unidades
Residuo	Bajoflujo del espesamiento	Extracción normalizada completa	Mensual	Arsénico superior a 5.0 mg/L
Residuo	Bajoflujo del espesamiento	Ley de arsénico y relación Fe/As	Semanal	Desviación del caso de diseño
Agua subterránea	Pozos de observación del depósito	Arsénico, pH y sulfato	Trimestral	Cualquier detección sobre el fondo
Agua superficial	Piletas de recolección del depósito	Arsénico, hierro, pH y conductividad	Semanal	Ascenso sostenido de arsénico
Agua superficial	Piletas de recolección del depósito	Análisis completo de metales	Trimestral	Detección de cualquier metal
Suelo	Superficie del depósito	Inspección de erosión y de eflorescencias	Mensual	Presencia de eflorescencias
Contención	Diez recintos de contención	Volumen libre disponible y ausencia de acumulación	Diaria	Acumulación superior a 24 horas

Componente	Punto de medición	Determinación	Frecuencia	Criterio de acción
Contención	Diez recintos de contención	Integridad de recubrimiento, juntas y penetraciones	Semestral y tras cada evento	Hallazgo sin reparación verificada

La verificación de la eficacia de las medidas se practica por contraste entre el desempeño declarado en el análisis de riesgos y el desempeño observado en operación. Los cinco contrastes de mayor consecuencia son los siguientes.

Tabla 81: Contrastes de verificación de la eficacia de las medidas preventivas

Magnitud declarada en el análisis	Vía de verificación en operación	Consecuencia de la no conformidad
Factor de reducción de riesgo de las funciones instrumentadas	Registro de fallas descubiertas en prueba funcional; revisión bienal de las tasas de falla	Revisión del intervalo de prueba o de la arquitectura de la función
Volumen útil de contención de los diez recintos	Verificación diaria del volumen libre y vaciado programado previo a lluvias	Pérdida de la sexta capa de protección para el evento concurrente
Segregación absoluta entre almacenes incompatibles	Prueba hidráulica periódica de la ausencia de comunicación de drenajes	Pérdida de la primera capa de protección; reevaluación del Escenario 9
Especificación de pH 11.5 de la solución concentrada de cianuro	Medición continua con alarma de bajo pH en el tanque 400-TK-003	Invalidación del término fuente de los Escenarios 1 y 2
Retención de arsénico superior al 99.86 % en el lodo	Extracción normalizada mensual y caracterización de fases	Reevaluación de la estabilidad del residuo y del criterio de disposición

El cuarto contraste acredita la razón de ser de la recomendación de la clave 1.06.01. El término fuente de los dos primeros escenarios de la modelación de consecuencias se calcula sobre una especificación de pH; si esa especificación no se mide de forma continua, el cálculo del término fuente carece de acreditación durante la operación y con ello las zonas de protección determinadas en el Capítulo II pierden su fundamento verificable. La medición no reduce el riesgo por sí misma: sostiene la validez de la evaluación.

III.1.2.12 Capacitación, simulacros e indicadores integrados de desempeño

La capacitación y los simulacros son la medida preventiva que sostiene la única capa de protección del Proyecto cuyo desempeño no puede verificarse por instrumento: la respuesta humana. Su programación se establece por destinatario y por materia, con periodicidad y criterio de acreditación declarados.

Tabla 82: Programa integrado de capacitación y simulacros

Actividad	Destinatario	Periodicidad	Criterio de acreditación
Adiestramiento en detección, reporte, aislamiento y derrame de nivel menor	Personal de área	6 meses	Evaluación teórica y práctica
Adiestramiento en confinamiento, protección y recuperación	Brigada de emergencia	3 meses	Ejecución supervisada de la maniobra
Práctica de dosificación de mitigación	Brigada de emergencia	6 meses	Dosis correcta y aplicación conforme
Simulacro de derrame por área	Área correspondiente	6 meses	Informe con acciones correctivas
Simulacro general con notificación	Toda la instalación	12 meses	Informe con acciones correctivas
Simulacro no anunciado de activación de brigada contra incendio	Brigada contra incendio	3 meses	Tiempo de respuesta no superior a 8 minutos
Capacitación en trabajos de alto riesgo	Ejecutantes, supervisores y emisores autorizados	Vigencia declarada	Cobertura del 100 % del personal expuesto

Actividad	Destinatario	Periodicidad	Criterio de acreditación
Gestión de la competencia en seguridad funcional	Personal del ciclo de vida del sistema instrumentado	Vigencia declarada	Competencia acreditada por función
Revisión de procedimientos de emergencia	Responsables de cada programa	12 meses y tras cada evento	Modificación documentada y difundida

Los indicadores integrados que resumen el desempeño del conjunto de medidas preventivas del Proyecto, con su meta anual y su frecuencia de cálculo, son los siguientes.

Tabla 83: Indicadores integrados de desempeño de las medidas preventivas

Ámbito	Indicador	Meta anual	Frecuencia de cálculo
Mantenimiento	Cumplimiento del preventivo dentro de tolerancia	≥ 95 %	Semanal y mensual
Mantenimiento	Disponibilidad operacional	≥ 96.5 %	Mensual
Mantenimiento	Pérdida de producción por falla	≤ 12,000 t/año	Mensual y acumulado anual
Seguridad funcional	Pruebas funcionales completas ejecutadas en plazo	100 %	Anual
Seguridad funcional	Pruebas de carrera parcial ejecutadas en plazo	100 %	Trimestral
Trabajos de alto riesgo	Tasa de cumplimiento de permisos	≥ 98 %	Mensual y acumulada
Trabajos de alto riesgo	Trabajos ejecutados sin permiso	0 %	Mensual
Trabajos de alto riesgo	Cobertura de capacitación vigente	100 %	Mensual
Contención	Días con acumulación superior a 24 horas en algún recinto	0 días	Mensual
Contención	Gabinetes de derrames con inventario íntegro	100 %	Mensual
Contra incendio	Tiempo de respuesta de la brigada en simulacro no anunciado	≤ 8 minutos	Trimestral
Contra incendio	Extintores conformes en inspección mensual	100 %	Mensual
Ambiental	Determinaciones del programa de monitoreo ejecutadas en plazo	100 %	Mensual
Ambiental	Descargas no controladas a cuerpo receptor	0 eventos	Mensual
Ambiental	Detecciones de arsénico sobre el fondo en pozos de observación	0 detecciones	Trimestral

Los tres últimos indicadores son los de mayor relevancia para la materia de este Estudio. La meta de cero descargas no controladas a cuerpo receptor no es una aspiración sino la consecuencia directa del diseño de circuito cerrado acreditado en el apartado III.1.2.4: la instalación no dispone de punto de descarga a cuerpo receptor, y en consecuencia toda descarga constituiría por definición un evento no previsto en el diseño. La meta de cero detecciones de arsénico sobre el fondo en los pozos de observación acredita en operación la eficacia de la estabilización descrita en el apartado III.1.2.5.

III.1.2.13 Conclusión del Capítulo

El Proyecto incorpora un conjunto de medidas de seguridad y preventivas cuya extensión y detalle se corresponden con la naturaleza del inventario de sustancias que maneja y con la magnitud de las zonas de protección determinadas en el Capítulo II.

Las doce recomendaciones técnico-operativas resultantes de la aplicación de la metodología de identificación de riesgos y de la evaluación de las zonas de afectación quedan enunciadas con la trazabilidad expresa de cada una a la desviación o al escenario que la motiva, con su prelación de ejecución establecida sobre el alcance de la zona de afectación asociada, y con su vía de incorporación a la ingeniería declarada sin excepción. Seis constituyen requisito de la ingeniería de detalle, cuatro constituyen actividad periódica de los programas de inspección y de mantenimiento, una constituye prueba de aceptación en la puesta en marcha y una constituye procedimiento operativo con registro.

Los sistemas de seguridad descritos comprenden cinco funciones instrumentadas de seguridad de niveles de integridad 1 y 2, nueve funciones gobernadas por el sistema de paro de emergencia, sesenta y cuatro estaciones de paro distribuidas por consecuencia y por distancia de alcance, diez puntos de medición continua de pH con dieciocho transmisores y tres arreglos de votación, diez sistemas de contención secundaria con capacidad útil de 4,214.2 metros cúbicos sobre 3,966.8 metros cuadrados impermeabilizados, quince sustancias almacenadas con condición de segregación declarada en cuatro planos simultáneos, redes de detección fija de ácido cianhídrico y de cloruro de hidrógeno, ocho puntos de vigilancia de mercurio en atmósfera, un sistema contra incendio con demanda de diseño de 1,500 galones por minuto durante dos horas sostenida por reserva dedicada de setecientos metros cúbicos, siete monitores fijos, ciento cincuenta y tres extintores, siete estaciones de descontaminación de emergencia y ocho unidades de antídoto. La localización de todos ellos queda representada en el plano a escala 1:5,000 del apartado III.1.1.13.

Las medidas preventivas comprenden un programa de mantenimiento de doscientas veintidós tareas jerarquizadas sobre un índice de criticidad en el que la seguridad de las personas y el impacto ambiental reúnen el 57.5 por ciento del peso; un programa de pruebas de función de doce actividades del que depende la vigencia de los niveles de integridad declarados; el control del consumo y del manejo de quince insumos; la gestión de un balance de aguas de circuito cerrado con recirculación no inferior al 76.9 por ciento; la estabilización del arsénico con retención exigida superior al 99.86 por ciento y su programa de vigilancia en tres niveles; el control administrativo de cinco bloques de trabajo de alto riesgo; tres programas de contingencias con clasificación por niveles, estructura de mando y facultades exclusivas; las medidas de restauración de la zona afectada con criterios analíticos de conformidad; un programa de monitoreo ambiental de dieciséis puntos por componente; y un programa integrado de capacitación y simulacros con nueve actividades y criterio de acreditación declarado.

El conjunto de medidas expuesto en este Capítulo satisface el requerimiento de la guía para la presentación del Estudio de Riesgo Ambiental en sus tres apartados. Las recomendaciones técnico-operativas son el resultado de la identificación de riesgos y de la determinación de las zonas de afectación de los apartados I.4.2 y II.1. Los equipos, dispositivos y sistemas de seguridad se describen a detalle y su localización se presenta en plano a escala 1:5,000. Las medidas preventivas incluyen los programas de mantenimiento e inspección y los programas de contingencias aplicables durante la operación normal del Proyecto, así como las medidas orientadas a la restauración de la zona afectada en caso de accidente.

ANEXOS

En la carpeta de ANEXOS correspondiente al capítulo 3 ***CAP III*** se encuentra los anexos *MEDIDAS PREVENTIVAS y SISTEMAS DE SEGURIDAD* donde se encuentra la información extendida necesaria para la elaboración del presente capítulo.

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

PROYECTO

“CONTINUIDAD AL DESARROLLO DEL RECINTO MINERO ANA PAULA MEDIANTE EXPLOTACIÓN MINERA SUBTERRÁNEA Y PLANTA DE BENEFICIO”

CAPÍTULO IV

RESUMEN

Índice

IV. RESUMEN 4
IV.1 Señalar las conclusiones del Estudio de Riesgo Ambiental 4
IV.1.1 Conclusiones relativas a las sustancias peligrosas y a su inventario 4
IV.1.2 Conclusiones de la identificación y jerarquización de riesgos 5
IV.1.3 Conclusiones de la determinación de las zonas de protección 7
IV.1.4 Conclusiones sobre los receptores y sobre el sistema ambiental 9
IV.1.5 Conclusiones sobre las medidas de seguridad y preventivas 11
IV.1.6 Conclusión general del Estudio de Riesgo Ambiental 12
IV.2 Hacer un resumen de la situación general que presenta el Proyecto en materia de riesgo ambiental 12
IV.2.1 Situación general del Proyecto 12
IV.2.2 Desviaciones encontradas 14
IV.2.3 Posibles áreas de afectación 17
IV.2.4 Interacciones de riesgo dentro de la instalación 18
IV.3 Presentar el Informe Técnico debidamente llenado 20
IV.3.1 Sustancias involucradas 20
IV.3.2 Antecedentes de accidentes e incidentes 21
IV.3.3 Identificación y jerarquización de riesgos ambientales 24

Índice de tablas

Tabla 1: Sustancias listadas del Proyecto, cantidad de reporte e inventario máximo 4
Tabla 2: Umbrales de exposición aguda adoptados y criterios de referencia 4
Tabla 3: Categorías de riesgo de la matriz de categorización y acción exigida 6
Tabla 4: Resultado de la jerarquización de las treinta y una desviaciones registradas 6
Tabla 5: Migración de las doce desviaciones de categoría B por efecto de las salvaguardas acreditadas 6
Tabla 6: Escenarios modelados, clasificación, término fuente y duración 7
Tabla 7: Zonas de Alto Riesgo y de Amortiguamiento de los nueve escenarios 8
Tabla 8: Masa liberada a la atmósfera por escenario y fracción del inventario de origen 9
Tabla 9: Receptores humanos y su posición respecto de las zonas de protección 9
Tabla 10: Especies en categoría de riesgo y especies endémicas registradas 10
Tabla 11: Significancia determinada de los efectos sobre los componentes ambientales 10
Tabla 12: Consolidado de los sistemas de seguridad y de las medidas preventivas del Proyecto 11
Tabla 13: Resumen numérico de la situación general del Proyecto en materia de riesgo ambiental 13
Tabla 14: Desviaciones encontradas en las sesiones de Análisis de Riesgos y Operabilidad 15
Tabla 15: Clasificación de las desviaciones encontradas por su relación con los escenarios modelados 17
Tabla 16: Posibles áreas de afectación, receptores comprendidos y vía de afectación 17
Tabla 17: Secuencias de interacción identificadas y medida que las intercepta 18
Tabla 18: Informe Técnico. Sustancias involucradas 20
Tabla 19: Informe Técnico. Antecedentes de accidentes e incidentes en territorio nacional 21
Tabla 20: Informe Técnico. Antecedentes de accidentes e incidentes en el ámbito internacional 22
Tabla 21: Correspondencia entre los mecanismos de falla de los antecedentes y las salvaguardas del Proyecto 23
Tabla 22: Informe Técnico. Identificación y jerarquización de riesgos ambientales 24
Tabla 23: Jerarquización de los eventos identificados por indicador relativo de severidad 27

IV. RESUMEN

El presente Capítulo reúne las conclusiones del Estudio de Riesgo Ambiental, el resumen de la situación general que el Proyecto presenta en materia de riesgo ambiental con señalamiento expreso de las desviaciones encontradas y de las posibles áreas de afectación, y el Informe Técnico debidamente llenado conforme a los formatos de la guía.

El Capítulo no introduce dato, criterio ni conclusión que no proceda de los tres Capítulos que lo preceden. Su función es la que la guía le atribuye de forma expresa: constituir el resumen del Estudio y la fuente donde el evaluador encuentre con rapidez la información relevante del Proyecto. Por esa razón, cada afirmación de este Capítulo remite al apartado del que procede, y toda cifra que aquí se declara coincide, dígito a dígito, con la del apartado de origen.

La capacidad de tratamiento sobre la que se construye la totalidad del Estudio es de 2,000 toneladas por día de mineral, equivalentes a 83.33 toneladas por hora en régimen continuo de 365 días al año, esto es, 730,000 toneladas anuales y 6.57 millones de toneladas a lo largo de la vida de la mina.

IV.1 Señalar las conclusiones del Estudio de Riesgo Ambiental

Las conclusiones del Estudio se exponen en el orden de los Capítulos que las producen. Cada conclusión se enuncia de forma categórica y se acompaña del apartado que la sustenta.

IV.1.1 Conclusiones relativas a las sustancias peligrosas y a su inventario

El Proyecto maneja tres sustancias comprendidas en el Primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas. El cianuro de sodio en estado sólido y en solución, el ácido clorhídrico en solución, y el ácido cianhídrico, que no se almacena ni se transporta sino que se genera por especiación a partir del cianuro en solución cuando el pH desciende. La cantidad de reporte de las tres es de un kilogramo, y el inventario del Proyecto la excede en varios órdenes de magnitud, condición que determina por sí sola la obligatoriedad del presente Estudio.

Tabla 1: Sustancias listadas del Proyecto, cantidad de reporte e inventario máximo

Sustancia	Fórmula	Número CAS	Estado a 25 °C	Cantidad de reporte	Inventario máximo del Proyecto
Ácido cianhídrico	HCN	74-90-8	Líquido volátil	1 kg	No se almacena; se genera por especiación del cianuro en solución
Cloruro de hidrógeno	HCl	7647-01-0	Gas	1 kg	17,400 kg en la línea de distribución; 20 m³ de solución al 32 % en almacenamiento
Cianuro de sodio	NaCN	143-33-9	Sólido	1 kg	30,000 kg de producto sólido para 10 días; 56,500 kg de solución al 25 % en la línea troncal

Los umbrales de exposición aguda adoptados para la evaluación de consecuencias son los que se declaran a continuación, y son los mismos sobre los que se determinan las zonas de protección del Capítulo II.

Tabla 2: Umbrales de exposición aguda adoptados y criterios de referencia

Parámetro	Ácido cianhídrico	Cloruro de hidrógeno	Cianuro de sodio
Masa molecular	27.03 g/mol	36.46 g/mol	49.01 g/mol
Densidad relativa al aire	0.94	1.27	No aplica
Algoritmo de dispersión aplicable	Gaussiano	Gas denso	No modelable en fase gaseosa
Umbral de primer nivel a 60 min	2.0 ppm	1.8 ppm	4.0 mg/m³
Umbral de segundo nivel a 60 min	7.1 ppm	22 ppm	14 mg/m³
Umbral de tercer nivel a 60 min	15 ppm	100 ppm	30 mg/m³
Concentración inmediatamente peligrosa para la vida y la salud	50 ppm	50 ppm	25 mg/m³
Límite inferior de explosividad	5.6 % vol.	No inflamable	No aplica
Temperatura de autoignición	538 °C	No aplica	No aplica

Se concluye que ninguna de las tres sustancias listadas es inflamable en las condiciones de manejo del Proyecto. El ácido cianhídrico posee límite inferior de explosividad de 5.6 por ciento en volumen, equivalente a 56,000 partes por millón, magnitud superior en más de tres órdenes al valor techo de 4.7 partes por millón adoptado como criterio de evacuación, de modo que la condición de evacuación se alcanza mucho antes que cualquier condición de inflamabilidad. En consecuencia, el Proyecto no genera radios de afectación por inflamabilidad ni por explosividad, y la totalidad de la evaluación de consecuencias descansa sobre el criterio de toxicidad.

IV.1.2 Conclusiones de la identificación y jerarquización de riesgos

La metodología de identificación de riesgos aplicada es el Análisis de Riesgos y Operabilidad, conducido por nodos de proceso sobre los Diagramas de Tubería e Instrumentación validados. La segmentación del circuito produce veintisiete nodos de proceso, de los cuales cinco concentran inventario de sustancia listada con vía de liberación acreditada: N-11, N-12, N-14, N-16 y N-21. Los veintidós nodos restantes no concentran inventario de sustancia listada con vía de liberación acreditada. Los cinco nodos con inventario se agrupan en cuatro nodos de modelación, NM-1 a NM-4, que son las unidades sobre las que se ejecuta el cálculo del término fuente y la modelación de dispersión.

El análisis se condujo en cuatro sesiones, una por cada nodo de modelación, y produjo treinta y una desviaciones registradas y evaluadas. Cada desviación se identifica mediante una clave de tres campos separados por punto, en la que el primer campo corresponde al nodo, el segundo a la variable de proceso examinada y el tercero a la desviación dentro de esa variable.

La evaluación se practica sobre una matriz de categorización de seis niveles de frecuencia y seis niveles de consecuencia. La magnitud del riesgo resulta del producto de ambos, y la categoría se asigna por la posición en la matriz. Las cuatro categorías y la acción que cada una exige son las siguientes.

Tabla 3: Categorías de riesgo de la matriz de categorización y acción exigida

Categoría	Denominación	Acción exigida
A	No tolerable	No se admite la operación. Exige modificación del diseño o de la operación antes de la puesta en marcha
B	Indeseable	Exige salvaguarda adicional acreditada, o justificación documentada de la imposibilidad de reducción
C	Aceptable con control	Admisible bajo control operativo declarado, con verificación periódica de la salvaguarda
D	Aceptable	Admisible sin acción adicional. Se sostiene mediante la práctica ordinaria de operación

El resultado de la jerarquización, evaluado en dos condiciones —riesgo inherente, esto es, sin acreditar salvaguardas, y riesgo operacional, esto es, con las salvaguardas de diseño acreditadas— es el siguiente.

Tabla 4: Resultado de la jerarquización de las treinta y una desviaciones registradas

Categoría de riesgo	Denominación	Desviaciones en riesgo inherente	Desviaciones en riesgo operacional	Variación
A	No tolerable	0	0	Sin variación
B	Indeseable	12	0	−12
C	Aceptable con control	19	19	Sin variación
D	Aceptable	0	12	+12
Total	Desviaciones registradas	31	31	Sin variación

Se concluye, en primer término, que ninguna de las treinta y una desviaciones alcanza la categoría A, ni en condición inherente ni en condición operacional. El Proyecto no presenta, por tanto, desviación alguna cuya operación no se admita.

Se concluye, en segundo término, que las doce desviaciones que en condición inherente alcanzan la categoría B migran íntegramente a categorías inferiores por efecto de las salvaguardas de diseño acreditadas. La migración es completa: la categoría B queda vacía en condición operacional. Esa migración no es una atenuación estimada sino el resultado de identificar, para cada una de las doce desviaciones, la barrera determinante que la produce.

Tabla 5: Migración de las doce desviaciones de categoría B por efecto de las salvaguardas acreditadas

Clave	Desviación	Magnitud inherente	Magnitud operacional	Barrera determinante de la migración
1.02.02	Ruptura total de la línea de distribución de diámetro nominal 50	15 — categoría B	12 — categoría C	Dique independiente de 16.5 m³ sin comunicación con el dique del cianuro
1.03.01	Concurrencia de solución cianurada y de ácido clorhídrico en un mismo recinto de contención	15 — categoría B	5 — categoría C	Segregación absoluta en cuatro planos concurrentes
1.05.01	Interrupción del flujo de la línea troncal hacia el tanque de ajuste de pH	15 — categoría B	5 — categoría C	Bomba dosificadora de reserva 400-P-011B
1.07.01	Aporte pluvial extraordinario sobre la contención	16 — categoría B	4 — categoría D	Segregación entre la contención de proceso y el sistema pluvial

	secundaria del almacén			
2.08.01	Aporte pluvial extraordinario sobre la contención secundaria del tren de cianuración	16 — categoría B	4 — categoría D	Recolección íntegra del agua de contacto con retorno al proceso
3.01.01	Sobrepresión por encima de los 550 kPa manométricos de operación	16 — categoría B	6 — categoría C	Válvula de seguridad tarada en 605 kPa e interbloqueo de temperatura
3.05.01	Contacto entre el ácido clorhídrico del lavado y la solución cianurada de la extracción	15 — categoría B	5 — categoría C	Secuencia obligatoria de enjuague entre el lavado ácido y la extracción
4.01.01	Cianuro residual por encima del objetivo de descarga de 50 mg/L como disociable en ácido débil	16 — categoría B	6 — categoría C	Analizador de cianuro disociable en ácido débil en lazo de control
4.02.01	Descenso del pH por debajo del límite inferior de 8.0	16 — categoría B	4 — categoría D	Interbloqueo de pH con ajuste automático de la dosificación de cal
4.05.01	Reducción del tiempo de residencia por debajo de las 2 horas de diseño	16 — categoría B	4 — categoría D	Volumen instalado de 133.6 m³ en dos reactores en serie con analizador en la descarga
4.06.01	Ingreso de pulpa con cianuro por encima de 250 mg/L	16 — categoría B	4 — categoría D	Control de la dosificación de cianuro del Área 400 con lazo cerrado sobre el metabisulfito
4.07.01	Presencia de tiocianato no destruido por el proceso de aire y metabisulfito	15 — categoría B	6 — categoría C	Tratamiento biológico dedicado de tiocianato del nodo N-24

Se concluye, en tercer término, que las sesiones de análisis producen doce recomendaciones técnico-operativas de ingeniería, dirigidas a las desviaciones cuya salvaguarda existente resulta de menor robustez que la del escenario homólogo del otro reactivo, o cuya variable de control no se encuentra instrumentada con alarma. Las doce quedan desarrolladas en el apartado III.1 con su vía de incorporación declarada y su prelación de ejecución establecida.

IV.1.3 Conclusiones de la determinación de las zonas de protección

La modelación de consecuencias se practica sobre nueve escenarios, cuatro clasificados como Caso Más Probable y cinco como Peor Caso, con término fuente calculado por criterio de castigo mecánico y sincronizado con los cuatro nodos de modelación.

Tabla 6: Escenarios modelados, clasificación, término fuente y duración

Esc.	Descripción	Clasificación	Sustancia modelada	Término fuente	Duración
1	Fuga en línea de solución de cianuro de sodio	Caso Más Probable	Ácido cianhídrico	0.0470 kg/min	60 min
2	Ruptura total de línea de solución de cianuro	Peor Caso	Ácido cianhídrico	0.0562 kg/min	60 min

Esc.	Descripción	Clasificación	Sustancia modelada	Término fuente	Duración
3	Pérdida de control de pH en el tren de cianuración	Caso Más Probable	Ácido cianhídrico	0.0518 kg/min	60 min
4	Falla catastrófica de tanque de cianuración	Peor Caso	Ácido cianhídrico	0.0664 kg/min	60 min
5	Fuga en línea de ácido clorhídrico	Caso Más Probable	Cloruro de hidrógeno	1.66 kg/min	60 min
6	Ruptura total de línea de ácido clorhídrico	Peor Caso	Cloruro de hidrógeno	2.83 kg/min	60 min
7	Pérdida de eficiencia del circuito de destrucción	Caso Más Probable	Ácido cianhídrico	0.0522 kg/min	60 min
8	Descarga del recipiente de extracción de carbón	Peor Caso	Ácido cianhídrico	0.108 kg/min	60 min
9	Acidificación de solución cianurada por ácido clorhídrico	Peor Caso	Ácido cianhídrico	0.831 kg/min	15 min

Las zonas de protección resultantes, ordenadas de mayor a menor alcance, son las siguientes. La Zona de Alto Riesgo se delimita sobre el umbral de exposición aguda de segundo nivel y la Zona de Amortiguamiento sobre el umbral de primer nivel.

Tabla 7: Zonas de Alto Riesgo y de Amortiguamiento de los nueve escenarios

Esc.	Descripción del escenario	Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento	Ancho de la corona
6	Ruptura total de línea de ácido clorhídrico	220 m	De 220 a 814 m	594 m
5	Fuga en línea de ácido clorhídrico	166 m	De 166 a 617 m	451 m
9	Acidificación de solución cianurada por ácido clorhídrico	116 m	De 116 a 219 m	103 m
8	Descarga del recipiente de extracción de carbón	42 m	De 42 a 78 m	36 m
4	Falla catastrófica de tanque de cianuración	33 m	De 33 a 61 m	28 m
2	Ruptura total de línea de solución de cianuro	30 m	De 30 a 56 m	26 m
3	Pérdida de control de pH en el tren de cianuración	29 m	De 29 a 55 m	26 m
7	Pérdida de eficiencia del circuito de destrucción	29 m	De 29 a 55 m	26 m
1	Fuga en línea de solución de cianuro de sodio	27 m	De 27 a 52 m	25 m

Se concluye que el escenario gobernante de la instalación es el Escenario 6, ruptura total de la línea de ácido clorhídrico, con Zona de Alto Riesgo de 220 metros y Zona de Amortiguamiento que se

extiende hasta 814 metros. El escenario gobernante por cianuro es el Escenario 9, acidificación de solución cianurada por ácido clorhídrico, con Zona de Alto Riesgo de 116 metros y Zona de Amortiguamiento hasta 219 metros. Los cinco escenarios restantes de ácido cianhídrico presentan Zona de Amortiguamiento inferior a sesenta y dos metros y quedan comprendidos íntegramente dentro del perímetro de la planta de beneficio.

Se concluye asimismo que la masa efectivamente liberada a la atmósfera en cada escenario es de magnitud acotada y representa una fracción reducida del inventario de origen, condición que gobierna la valoración de los efectos sobre el sistema ambiental.

Tabla 8: Masa liberada a la atmósfera por escenario y fracción del inventario de origen

Esc.	Masa total liberada	Inventario de origen	Fracción emitida	Duración de la emisión
1	2.82 kg de HCN	7,790 kg de HCN potencial	0.036 %	60 min
2	3.37 kg de HCN	7,790 kg de HCN potencial	0.043 %	60 min
3	3.11 kg de HCN	7,790 kg de HCN potencial	0.040 %	60 min
4	3.98 kg de HCN	7,790 kg de HCN potencial	0.051 %	60 min
5	99.6 kg de HCl	5,568 kg de HCl	1.79 %	60 min
6	170 kg de HCl	5,568 kg de HCl	3.05 %	60 min
7	3.13 kg de HCN	7,790 kg de HCN potencial	0.040 %	60 min
8	6.48 kg de HCN	7,790 kg de HCN potencial	0.083 %	60 min
9	12.5 kg de HCN	7,790 kg de HCN potencial	0.16 %	15 min

IV.1.4 Conclusiones sobre los receptores y sobre el sistema ambiental

La posición de los receptores humanos respecto de las zonas de protección determinadas es la siguiente.

Tabla 9: Receptores humanos y su posición respecto de las zonas de protección

Receptor humano	Distancia mínima	Orientación	Posición respecto de las zonas de protección
Localidad puntual El Rodeo	33.12 m	NE	Dentro de la Zona de Alto Riesgo de los escenarios 5, 6 y 9; fuera del eje de máxima concentración
Localidad de área Tomixtlahuacán	829.47 m	SE	Dentro de la Zona de Amortiguamiento exclusivamente del escenario 6, por 15 m
Calles de Tomixtlahuacán	859.48 m	SE	Fuera de la totalidad de las zonas de protección
Unidad económica más próxima	5,419.9 m	NE	Fuera de la totalidad de las zonas; a 6.65 veces el alcance del escenario gobernante
Consultorios médicos	De 6,266.9 a 6,633.5 m	NE	Fuera de la totalidad de las zonas; a más de 7.7 veces el alcance del escenario gobernante
Escuelas	De 6,368.3 a 7,052.2 m	NE	Fuera de la totalidad de las zonas; a más de 7.8 veces el alcance del escenario gobernante

Receptor humano	Distancia mínima	Orientación	Posición respecto de las zonas de protección
Cabecera municipal de Cuetzala del Progreso	5,419.9 m	NE	Fuera de la totalidad de las zonas y en dirección opuesta al eje de las plumas

Se concluye que dos receptores humanos quedan comprendidos dentro de alguna zona de protección. La localidad puntual El Rodeo, a 33.12 metros al noreste, queda dentro de la Zona de Alto Riesgo de los escenarios 5, 6 y 9, si bien fuera del eje de máxima concentración. La localidad de área Tomixtlahuacán, a 829.47 metros al sureste, queda dentro de la Zona de Amortiguamiento exclusivamente del escenario 6 y por un margen de quince metros. La totalidad de los receptores de ocupación concentrada —escuelas, consultorios médicos y la cabecera municipal— se sitúa fuera de todas las zonas, a distancias superiores a 7.7 veces el alcance del escenario gobernante.

La biodiversidad del sistema ambiental comprende cinco especies de flora en categoría de amenazada y veintidós especies de fauna en categoría de riesgo, de las cuales dieciocho están sujetas a protección especial y cuatro son amenazadas. Se registran cuarenta y siete especies de flora endémicas o semiendémicas y veintinueve de fauna.

Tabla 10: Especies en categoría de riesgo y especies endémicas registradas

Grupo	Especies en categoría de riesgo	Distribución por categoría	Especies endémicas o semiendémicas
Flora	5	5 amenazadas	47
Fauna: anfibios	6	6 sujetas a protección especial	9 endémicas
Fauna: aves	5	5 sujetas a protección especial	Presentes entre las endémicas
Fauna: mamíferos	2	1 sujeta a protección especial y 1 amenazada	Presentes entre las endémicas
Fauna: reptiles	9	6 sujetas a protección especial y 3 amenazadas	Presentes entre las endémicas
Total de fauna	22	18 sujetas a protección especial y 4 amenazadas	29

La valoración de la significancia de los efectos sobre cada componente ambiental, practicada sobre la magnitud de la masa liberada, la duración acotada del fenómeno y la ausencia de persistencia, conduce a la determinación siguiente.

Tabla 11: Significancia determinada de los efectos sobre los componentes ambientales

Componente	Duración del efecto	Reversibilidad	Significancia determinada
Calidad del aire	60 min de emisión más 6.2 min de disipación	Completa; sin acumulación	Baja
Vegetación del predio y de su área de influencia	Hasta la renovación foliar del ciclo anual	Completa; sin compromiso de la supervivencia	Baja
Vegetación secundaria y cultivo de temporal	Hasta la renovación del ciclo de cultivo	Completa	Baja
Fauna	Duración del evento	Completa por desplazamiento y retorno posterior	Baja
Suelo	Hasta la neutralización por el sustrato carbonatado	Completa	Baja
Escurrimientos intermitentes	Hasta el primer evento de lluvia posterior	Completa por dilución	Baja
Población del entorno	Duración del evento	Completa al cesar la exposición	Baja
Personal de operación	Hasta la evacuación	Condicionada a la actuación de las barreras	Controlada

Componente	Duración del efecto	Reversibilidad	Significancia determinada
Área natural protegida, reserva ecológica o cuerpo de agua permanente	No aplica	No aplica	Nula; no existe elemento de esa naturaleza dentro de las zonas

Se concluye que no se identifica área natural protegida, reserva ecológica ni cuerpo de agua permanente dentro de las zonas de protección determinadas. Se concluye asimismo que la significancia de los efectos sobre la totalidad de los componentes ambientales evaluados es baja, y que el único componente cuya condición se califica como controlada en lugar de baja es el personal de operación, por quedar comprendido dentro de la Zona de Alto Riesgo y depender su protección de la actuación efectiva de las barreras descritas en el Capítulo III.

IV.1.5 Conclusiones sobre las medidas de seguridad y preventivas

El Proyecto incorpora un conjunto de sistemas de seguridad organizado en siete capas de protección independientes, cuatro de prevención y tres de mitigación, y un conjunto de medidas preventivas con periodicidad y criterio de aceptación declarados. El consolidado de los sistemas instalados es el siguiente.

Tabla 12: Consolidado de los sistemas de seguridad y de las medidas preventivas del Proyecto

Concepto	Magnitud instalada o programada	Apartado que lo desarrolla
Funciones instrumentadas de seguridad	5 funciones de nivel de integridad 1 y 2	III.1.1.2
Funciones gobernadas por el sistema de paro de emergencia	9 funciones	III.1.1.3
Estaciones de paro de emergencia	64 estaciones	III.1.1.3
Puntos de medición continua de pH	10 puntos con 18 transmisores	III.1.1.4 y III.1.1.5
Arreglos analíticos con votación dos de tres	3 arreglos	III.1.1.4 y III.1.1.5
Sistemas de contención secundaria	10 sistemas; 4,214.2 m³ útiles sobre 3,966.8 m² impermeabilizados	III.1.1.6
Sustancias almacenadas con condición de segregación declarada	15 sustancias	III.1.1.7
Puntos de vigilancia de mercurio en atmósfera	8 puntos	III.1.1.9
Estaciones de hidrante exterior	24 estaciones	III.1.1.11
Monitores fijos de agua contra incendio	7 monitores	III.1.1.11
Reserva dedicada de agua contra incendio	700 m³; 2 h a 1,500 gpm	III.1.1.11
Extintores portátiles y móviles	153 unidades	III.1.1.11
Estaciones de ducha, lavaojos y antídoto	7 emplazamientos; 8 unidades de antídoto	III.1.1.12
Tareas de mantenimiento preventivo	222 tareas sobre 34 activos jerarquizados	III.1.2.1
Actividades del programa de pruebas de función	12 actividades	III.1.2.2
Programas de contingencias	3 programas con clasificación por niveles	III.1.2.7 a III.1.2.9
Puntos del programa de monitoreo ambiental	16 puntos por componente	III.1.2.11
Actividades de capacitación y simulacros	9 actividades	III.1.2.12

Se concluye que la totalidad de los escenarios modelados queda interceptada por al menos una barrera de prevención y una barrera de mitigación, ambas declaradas y con apartado que las

desarrolla, y que el Proyecto opera sin descarga a cuerpo receptor por diseño de circuito cerrado con recirculación no inferior al 76.9 por ciento.

IV.1.6 Conclusión general del Estudio de Riesgo Ambiental

El Proyecto constituye una actividad altamente riesgosa por el manejo de cianuro de sodio y de ácido clorhídrico en cantidades que exceden la cantidad de reporte de un kilogramo establecida para ambas sustancias. Esa condición determina la obligatoriedad del presente Estudio y no admite discusión.

La aplicación de la metodología de Análisis de Riesgos y Operabilidad sobre veintisiete nodos de proceso identifica treinta y una desviaciones. Ninguna alcanza la categoría A de no tolerable. Las doce que en condición inherente alcanzan la categoría B migran íntegramente a categorías inferiores por efecto de salvaguardas de diseño identificadas una por una. En condición operacional el Proyecto presenta diecinueve desviaciones en categoría C y doce en categoría D, y ninguna en categorías A ni B.

La modelación de consecuencias de los nueve escenarios determina que el escenario gobernante de la instalación produce una Zona de Alto Riesgo de 220 metros y una Zona de Amortiguamiento que alcanza 814 metros. Dentro de esas zonas quedan comprendidos dos receptores humanos de ocupación rural dispersa, y ningún receptor de ocupación concentrada. No se identifica área natural protegida, reserva ecológica ni cuerpo de agua permanente dentro de las zonas de protección.

La valoración de los efectos sobre el sistema ambiental determina significancia baja en la totalidad de los componentes evaluados, por la magnitud acotada de la masa liberada, por la duración acotada del fenómeno, por la ausencia de persistencia de las sustancias liberadas y por la reversibilidad completa de los efectos identificados.

El Proyecto incorpora los sistemas de seguridad y las medidas preventivas descritos en el Capítulo III, cuya extensión y detalle se corresponden con la naturaleza del inventario manejado y con la magnitud de las zonas determinadas, e incorpora las doce recomendaciones técnico-operativas resultantes del análisis, con su vía de incorporación declarada sin excepción.

Se concluye que el Proyecto es viable en materia de riesgo ambiental, condicionado a la incorporación efectiva de las doce recomendaciones técnico-operativas del apartado III.1, al sostenimiento en el tiempo de las salvaguardas de las que depende la migración de las doce desviaciones de categoría B, y a la ejecución de los programas de mantenimiento, de inspección, de pruebas de función y de contingencias con la periodicidad y el criterio de aceptación declarados en el apartado III.1.2.

IV.2 Hacer un resumen de la situación general que presenta el Proyecto en materia de riesgo ambiental

Este apartado resume la situación general del Proyecto en materia de riesgo ambiental y señala, conforme al requerimiento expreso de la guía, las desviaciones encontradas y las posibles áreas de afectación.

IV.2.1 Situación general del Proyecto

El Proyecto consiste en la continuidad del desarrollo del Recinto Minero Ana Paula mediante explotación minera subterránea y planta de beneficio, con capacidad de tratamiento de 2,000 toneladas por día de mineral. El circuito de beneficio comprende conminución, gravimetría y flotación,

bio-oxidación del concentrado con lavado en contracorriente y neutralización, ajuste de pH y cianuración en carbón en lixiviación, elución y refinería, destrucción del cianuro residual, y disposición en planta de pastas y jales filtrados.

La condición que sitúa al Proyecto en el ámbito del Estudio de Riesgo Ambiental es el manejo de cianuro de sodio y de ácido clorhídrico en cantidades que exceden la cantidad de reporte de un kilogramo. El cianuro de sodio se recibe en estado sólido en contenedores de una tonelada, con inventario de diseño de treinta toneladas correspondientes a diez días de operación, y se prepara en sitio como solución al veinticinco por ciento en peso a pH 11. El ácido clorhídrico se recibe como solución al treinta y dos por ciento, con inventario de diseño de diez toneladas para diez días y capacidad instalada de veinte metros cúbicos.

El ácido cianhídrico no se almacena ni se transporta. Se genera por especiación a partir del ion cianuro en solución acuosa cuando el pH desciende, conforme al equilibrio cuya constante de disociación sitúa el punto de igual concentración de ambas especies en pH 9.24. Esa condición es la que convierte el control de pH del circuito de cianuración en la barrera primaria del Proyecto y la que explica que seis de los nueve escenarios modelados tengan al ácido cianhídrico como sustancia liberada.

La situación general del Proyecto en materia de riesgo ambiental se resume en las magnitudes siguientes.

Tabla 13: Resumen numérico de la situación general del Proyecto en materia de riesgo ambiental

Concepto	Magnitud	Apartado de origen
Capacidad de tratamiento	2,000 t/d; 83.33 t/h; 730,000 t/año	I.1
Vida de la mina	9 años; 6.57 Mt de mineral tratado	I.1
Sustancias listadas manejadas	3: cianuro de sodio, ácido clorhídrico y ácido cianhídrico	I.2
Cantidad de reporte de las tres sustancias	1 kg	I.2
Nodos de proceso definidos	27, de los cuales 5 con inventario de sustancia listada	I.4.2.3
Nodos de modelación	4, con correspondencia declarada a los nodos de proceso	I.4.2.3
Sesiones de análisis de riesgos y operabilidad	4, una por nodo de modelación	I.4.2.4
Desviaciones registradas y evaluadas	31	I.4.2.4
Desviaciones en categoría A en condición operacional	0	I.4.2.6
Desviaciones en categoría B en condición operacional	0	I.4.2.6
Desviaciones en categoría C en condición operacional	19	I.4.2.6
Desviaciones en categoría D en condición operacional	12	I.4.2.6
Recomendaciones técnico-operativas emitidas	12	I.4.2.4 y III.1
Escenarios modelados	9: 4 Caso Más Probable y 5 Peor Caso	II.1.1
Zona de Alto Riesgo del escenario gobernante	220 m	II.1.1
Zona de Amortiguamiento del escenario gobernante	De 220 a 814 m	II.1.1
Secuencias de interacción por efecto dominó identificadas	5	II.1.2
Componentes ambientales con significancia baja	8 de 9 evaluados	II.1.3

Concepto	Magnitud	Apartado de origen
Área natural protegida o cuerpo de agua permanente dentro de las zonas	Ninguno	II.1.3
Capas de protección independientes acreditadas	7: 4 de prevención y 3 de mitigación	III.1.1.1
Recirculación de agua del circuito cerrado	No inferior al 76.9 %	III.1.2.4
Descargas a cuerpo receptor	Ninguna; la instalación no dispone de punto de descarga	III.1.2.4

IV.2.2 Desviaciones encontradas

Se señalan a continuación la totalidad de las treinta y una desviaciones encontradas en las sesiones de Análisis de Riesgos y Operabilidad, con su clave, la variable y palabra guía que las origina, el enunciado de la desviación, la magnitud del riesgo y la categoría en condición operacional, y el escenario de consecuencias al que cada una queda asociada. Ninguna desviación se omite y ninguna se agrupa.

Tabla 14: Desviaciones encontradas en las sesiones de Análisis de Riesgos y Operabilidad

Clave	Variable y palabra guía	Desviación	Magnitud	Categoría	Escenario asociado
1.01.01	Integridad de la línea de cianuro — MENOS	Pérdida de contención por orificio en la línea troncal de diámetro nominal 80	6	C	Escenario 1: 0.0470 kg/min durante 60 min
1.01.02	Integridad de la línea de cianuro — NO	Ruptura total de la línea troncal de diámetro nominal 80	6	C	Escenario 2: 0.0562 kg/min durante 60 min
1.02.01	Integridad de la línea de ácido clorhídrico — MENOS	Pérdida de contención por orificio en la línea de distribución de diámetro nominal 50	6	C	Escenario 5: 1.66 kg/min durante 60 min
1.02.02	Integridad de la línea de ácido clorhídrico — NO	Ruptura total de la línea de distribución de diámetro nominal 50	12	C	Escenario 6: 2.83 kg/min durante 60 min; escenario gobernante de la instalación
1.03.01	Sustancia presente en la contención — OTRO QUE	Concurrencia de solución cianurada y de ácido clorhídrico en un mismo recinto de contención	5	C	Escenario 9: 0.831 kg/min durante 15 min; escenario gobernante por cianuro
1.04.01	Nivel del tanque de solución de cianuro — MÁS	Rebase del tanque 400-TK-003 por encima de su volumen útil de 50 m^3	6	C	Envuelto por el Escenario 2
1.05.01	Caudal de dosificación de cianuro — MENOS	Interrupción del flujo de la línea troncal hacia el tanque de ajuste de pH	5	C	Sin consecuencia de liberación
1.06.01	pH de la solución almacenada — MENOS	Descenso del pH de la solución concentrada de cianuro por debajo de 11.5	4	D	Acota los Escenarios 1 y 2
1.07.01	Aporte externo de agua al recinto — ADEMÁS DE	Aporte pluvial extraordinario sobre la contención secundaria del almacén	4	D	Sin escenario de dispersión atmosférica
2.01.01	pH del tren de cianuración — MENOS	Descenso del pH de la pulpa por debajo de la consigna de 11.0	4	D	Escenario 3: 0.0518 kg/min durante 60 min
2.02.01	Contención del tanque de cianuración — NO	Falla catastrófica de un tanque 400-TK-002 con pérdida total de su contenido	8	C	Escenario 4: 0.0664 kg/min durante 60 min
2.03.01	Caudal de aire de proceso — MÁS	Incremento del arrastre de ácido cianhídrico por sobreaireación de los tanques	6	C	Envuelto por el Escenario 3
2.04.01	Concentración de cianuro libre — MÁS	Sobredosificación por encima de 350 mg/L	6	C	Amplifica los Escenarios 3 y 4 en proporción directa
2.05.01	Sentido del flujo entre tanques — INVERSO	Retorno de pulpa de un tanque de cianuración al tanque precedente	4	D	Sin consecuencia de liberación
2.06.01	Sustancia en contacto con la pulpa cianurada — OTRO QUE	Ingreso de una corriente ácida al tren de cianuración	5	C	Envuelto por el Escenario 9
2.07.01	Composición de la pulpa alimentada — PARTE DE	Ingreso de pulpa con oxidación incompleta o con acidez residual desde el circuito de neutralización	6	C	Causa iniciadora del Escenario 3
2.08.01	Aporte externo de agua al recinto — ADEMÁS DE	Aporte pluvial extraordinario sobre la contención secundaria del tren de cianuración	4	D	Sin escenario de dispersión atmosférica
3.01.01	Presión del recipiente de extracción — MÁS	Sobrepresión por encima de los 550 kPa manométricos de operación	6	C	Escenario 8: 0.108 kg/min durante 15 min

Clave	Variable y palabra guía	Desviación	Magnitud	Categoría	Escenario asociado
3.02.01	Temperatura del recipiente de extracción — MÁS	Elevación de la temperatura por encima de los 135 °C de operación	4	D	Acota el Escenario 8
3.03.01	Contención del recipiente de extracción — NO	Descarga del contenido íntegro del recipiente	4	D	Escenario 8: 0.108 kg/min durante 15 min
3.04.01	Concentración de sosa cáustica en la elución — MENOS	Descenso del pH de la solución de extracción por debajo de 13.0	4	D	Base del cálculo del Escenario 8
3.05.01	Sustancia en contacto con el carbón cargado — OTRO QUE	Contacto entre el ácido clorhídrico del lavado y la solución cianurada de la extracción	5	C	Escenario 9: 0.831 kg/min durante 15 min
3.06.01	Venteo del recipiente de lavado ácido — NO	Obstrucción del venteo del recipiente de lavado ácido	6	C	Sin escenario de dispersión atmosférica
3.07.01	Caudal de la solución de elución — MENOS	Reducción del caudal por debajo de los 2 volúmenes de lecho por hora	4	D	Sin consecuencia de liberación
4.01.01	Eficiencia del circuito de destrucción — MENOS	Cianuro residual por encima del objetivo de descarga de 50 mg/L como disociable en ácido débil	6	C	Escenario 7: 0.0522 kg/min durante 60 min
4.02.01	pH de la pulpa en los reactores — MENOS	Descenso del pH por debajo del límite inferior de 8.0	4	D	Amplifica el Escenario 7
4.03.01	Caudal de aire de los sopladores — MÁS	Incremento del arrastre de ácido cianhídrico desde la superficie libre de los reactores	6	C	Base del cálculo del Escenario 7
4.04.01	Contención de un reactor de destrucción — NO	Pérdida del contenido de 66.8 m³ de uno de los dos reactores	6	C	Envuelto por el Escenario 4
4.05.01	Tiempo de residencia del circuito — MENOS	Reducción del tiempo de residencia por debajo de las 2 horas de diseño	4	D	Envuelto por el Escenario 7
4.06.01	Concentración de cianuro a la entrada — MÁS	Ingreso de pulpa con cianuro por encima de 250 mg/L	4	D	Amplifica el Escenario 7 en proporción directa
4.07.01	Composición de la corriente destruida — PARTE DE	Presencia de tiocianato no destruido por el proceso de aire y metabisulfito	6	C	Sin consecuencia de liberación

De las treinta y una desviaciones encontradas, diecinueve quedan en categoría C, aceptable con control, y doce en categoría D, aceptable. Ninguna queda en categoría A ni en categoría B en condición operacional.

Once desviaciones producen escenario de consecuencias con modelación de dispersión propia, y de ellas resultan los nueve escenarios modelados, dado que dos pares convergen cada uno en un mismo escenario. Cinco quedan envueltas por un escenario de mayor alcance. Cinco acotan el cálculo de un escenario o constituyen su base. Tres amplifican en proporción directa un escenario existente. Las siete restantes no producen consecuencia de liberación ni escenario de dispersión atmosférica. La suma de las cinco clases es de treinta y una desviaciones, esto es, la totalidad de las registradas.

Tabla 15: Clasificación de las desviaciones encontradas por su relación con los escenarios modelados

Relación con los escenarios	Desviaciones	Consecuencia sobre la evaluación
Producen escenario de consecuencias con modelación propia	1.01.01, 1.01.02, 1.02.01, 1.02.02, 1.03.01, 2.01.01, 2.02.01, 3.01.01, 3.03.01, 3.05.01 y 4.01.01	Se modelan como Escenarios 1 a 9; dos pares de desviaciones convergen en un mismo escenario
Quedan envueltas por un escenario de mayor alcance	1.04.01, 2.03.01, 2.06.01, 4.04.01 y 4.05.01	No producen escenario adicional; su consecuencia está comprendida en la del escenario envolvente
Acotan el cálculo de un escenario o constituyen su base	1.06.01, 2.07.01, 3.02.01, 3.04.01 y 4.03.01	Fijan el valor del término fuente del escenario correspondiente
Amplifican en proporción directa un escenario existente	2.04.01, 4.02.01 y 4.06.01	No modifican el alcance del escenario modelado, que se calcula sobre la condición de diseño
Sin consecuencia de liberación ni escenario de dispersión atmosférica	1.05.01, 1.07.01, 2.05.01, 2.08.01, 3.06.01, 3.07.01 y 4.07.01	Su consecuencia es de producción, de contención o de calidad de la descarga, no de dispersión

Se señala de forma expresa que las ocho desviaciones que amplifican o acotan un escenario no reducen la magnitud del escenario modelado, porque el término fuente de cada escenario se calcula sobre la condición de diseño y no sobre la condición desviada. La existencia de esas desviaciones se traduce en la exigencia de la salvaguarda que las controla, no en una corrección del alcance calculado.

IV.2.3 Posibles áreas de afectación

Las posibles áreas de afectación son las zonas de protección determinadas en el apartado II.1 a partir de la modelación de dispersión de los nueve escenarios. La envolvente de todas ellas es la del escenario gobernante de la instalación, el Escenario 6 de ruptura total de la línea de ácido clorhídrico, cuya Zona de Amortiguamiento alcanza 814 metros desde el punto de liberación.

Las posibles áreas de afectación, con el receptor o componente comprendido en cada una y la vía de afectación correspondiente, son las siguientes.

Tabla 16: Posibles áreas de afectación, receptores comprendidos y vía de afectación

Área de afectación	Alcance	Receptores o componentes comprendidos	Vía de afectación
Zona de Alto Riesgo del escenario gobernante	220 m desde el punto de liberación	Personal de operación de las Áreas 400, 500 y 700; localidad puntual El Rodeo a 33.12 m	Inhalación aguda por encima del umbral de segundo nivel
Zona de Amortiguamiento del escenario gobernante	De 220 a 814 m	Localidad de área Tomixtlahuacán, a 829.47 m, comprendida por 15 m	Inhalación por encima del umbral de primer nivel; molestia sensible e irritación

Área de afectación	Alcance	Receptores o componentes comprendidos	Vía de afectación
Zona de Alto Riesgo del escenario gobernante por cianuro	116 m	Personal de operación del Área 500; localidad puntual El Rodeo	Inhalación aguda de ácido cianhídrico
Zonas de los seis escenarios de menor alcance	Entre 27 y 78 m	Personal de operación exclusivamente; comprendidas dentro del perímetro de la planta	Inhalación aguda dentro del área de proceso
Superficie de deposición ácida sobre vegetación y suelo	Eje de la pluma dentro de la Zona de Amortiguamiento	Vegetación del predio y de su área de influencia; horizonte superficial del suelo	Deposición seca de cloruro de hidrógeno; necrosis foliar reversible
Escurrimientos intermitentes de la zona suroriental	Dentro de la envolvente de 814 m	Cauces sin caudal permanente; humedal de tipo creado y clase fluvial	Arrastre de deposición durante el periodo de lluvias, con dilución completa
Área natural protegida, reserva ecológica o cuerpo de agua permanente	No aplica	No se identifica elemento de esta naturaleza dentro de las zonas de protección	No aplica

Se señala que ningún receptor de ocupación concentrada queda comprendido dentro de ninguna de las zonas de protección. Las escuelas, los consultorios médicos y la cabecera municipal de Cuetzala del Progreso se sitúan a distancias comprendidas entre 5,419.9 y 7,052.2 metros, esto es, a más de seis veces y media el alcance de la Zona de Amortiguamiento del escenario gobernante, y en dirección noreste, opuesta al eje preferente de las plumas modeladas.

Se señala asimismo que los dos receptores humanos comprendidos dentro de las zonas lo están en condiciones acotadas y verificables. La localidad puntual El Rodeo queda dentro de la Zona de Alto Riesgo de tres escenarios, pero fuera del eje de máxima concentración. La localidad de área Tomixtlahuacán queda dentro de la Zona de Amortiguamiento de un único escenario y por un margen de quince metros sobre 829.47 metros de distancia, equivalente al uno coma ocho por ciento de esa distancia.

IV.2.4 Interacciones de riesgo dentro de la instalación

El análisis de efecto dominó del apartado II.1.2 identifica cinco secuencias de interacción dentro de la planta de beneficio. Ninguna de ellas se propaga fuera del perímetro del Proyecto, y cada una queda interceptada por una medida declarada cuya naturaleza —automática, pasiva o procedimental— se establece de forma expresa.

Tabla 17: Secuencias de interacción identificadas y medida que las intercepta

Secuencia	Medida que la intercepta	Naturaleza de la actuación
Primera	Corte automático de la dosificación de cianuro por votación dos de tres	Automática, sin intervención humana, con retardo de treinta segundos
Segunda	Válvula de corte automático sobre la línea de ácido clorhídrico	Automática desde el Cuarto de Control Central; constituye recomendación de ingeniería
Tercera	Secuencia obligatoria de enjuague entre lavado ácido y extracción, y segregación en cuatro planos entre almacenes incompatibles	Procedimental con enclavamiento recomendado, y pasiva por disposición física
Cuarta	Losa continua de contención sin juntas pasantes	Pasiva, por diseño civil; no depende de actuación alguna
Quinta	Válvula de seguridad e interbloqueo de temperatura del recipiente de extracción	Automática; la válvula de seguridad no depende de energía ni de señal

Se señala que la segunda secuencia queda interceptada por una medida que a la fecha constituye recomendación de ingeniería y no elemento instalado. Esa condición sitúa la instalación de la válvula de corte automático sobre la línea de ácido clorhídrico como la recomendación de mayor prelación del Estudio, conforme se establece en el apartado III.1.

IV.3 Presentar el Informe Técnico debidamente llenado

Este apartado presenta el Informe Técnico conforme a los tres formatos que la guía establece al final de su texto: sustancias involucradas, antecedentes de accidentes e incidentes, e identificación y jerarquización de riesgos ambientales. Los tres se reproducen con la totalidad de sus columnas, sin supresión ni adición de campos.

Se declara de forma expresa el criterio de llenado. Toda celda contiene el dato acreditado en el apartado del Estudio que la sustenta. Cuando la columna del formato solicita una magnitud que la ingeniería básica del Proyecto no determina, la celda no se deja en blanco ni se llena con una estimación: se consigna la razón por la que la magnitud no está determinada y el instrumento que habrá de determinarla. Ninguna celda de los tres formatos contiene un valor supuesto.

IV.3.1 Sustancias involucradas

El formato de sustancias involucradas está construido sobre el supuesto de conducción por ducto, condición que se manifiesta en las columnas de longitud de tubería en kilómetros y de descripción de trayectoria. El Proyecto no opera ducto alguno: las dos sustancias listadas que se conducen por tubería lo hacen mediante líneas internas de la planta de beneficio, de longitud del orden de decenas de metros, cuyo trazado queda comprendido dentro del arreglo general y representado en los Diagramas de Tubería e Instrumentación del apartado I.4.2.2. Las columnas correspondientes se llenan en esos términos.

Los caudales de operación declarados en el formato se derivan de forma mecánica del consumo unitario de cada reactivo, de la capacidad de 2,000 toneladas por día y de la densidad de la solución. La derivación es la siguiente.

$$[\ Q(\mathrm{NaCN}) = 1.5\ \mathrm{kg/t} \times 2{,}000\ \mathrm{t/d} \div 0.25 \div 1{,}130\ \mathrm{kg/m^3} = 10.62\ \mathrm{m^3/d} = 0.123\ \mathrm{l/s}\ ]$$

$$[\ Q(\mathrm{HCl}) = 0.5\ \mathrm{kg/t} \times 2{,}000\ \mathrm{t/d} \div 1{,}160\ \mathrm{kg/m^3} = 0.862\ \mathrm{m^3/d} = 0.0100\ \mathrm{l/s}\ ]$$

Tabla 18: Informe Técnico. Sustancias involucradas

Nombre químico de la sustancia (IUPAC)	No. CAS	Densidad (g/cm³)	Flujo (l/seg)	Longitud de la tubería (km)	Diámetro de la tubería (cm)	Presión de operación (kg/cm²)	Espesor (mm)	Descripción de la trayectoria
Cianuro de sodio, en solución acuosa al 25 % en peso a pH 11	143-33-9	1.130	0.123	No aplica la unidad. Línea interna de planta, de longitud del orden de decenas de metros	7.62	3.06	Tubería de cédula 40. El espesor de pared se fija en la ingeniería de detalle conforme a la norma dimensional aplicable	Desde el tanque de solución concentrada 400-TK-003, en el sector segregado del Área 400, hasta el tanque de ajuste de pH y el tren de cianuración CIL de la misma área. Trazado íntegramente dentro del perímetro de la planta, sobre soportería en superficie y dentro del recinto de contención del Área 400

Nombre químico de la sustancia (IUPAC)	No. CAS	Densidad (g/cm³)	Flujo (l/seg)	Longitud de la tubería (km)	Diámetro de la tubería (cm)	Presión de operación (kg/cm²)	Espesor (mm)	Descripción de la trayectoria
Cloruro de hidrógeno, en solución acuosa al 32 % en peso	7647-01-0	1.160	0.0100	No aplica la unidad. Línea interna de planta, de longitud del orden de decenas de metros	5.25	2.04	Tubería de cédula 40. El espesor de pared se fija en la ingeniería de detalle conforme a la norma dimensional aplicable	Desde el tanque de almacenamiento 500-TK-005, en el Área 500, hasta el nodo N-14 de lavado ácido y desorción de la misma área. Trazado íntegramente dentro del perímetro de la planta, sin punto de cruce ni de confluencia con la red del Área 400
Ácido cianhídrico	74-90-8	No declarada en fase líquida. La sustancia se evalúa en fase gaseosa, con densidad relativa al aire de 0.94	No aplica. La sustancia no se conduce por tubería	No aplica. La sustancia no se almacena ni se transporta	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica. El ácido cianhídrico no constituye insumo del Proyecto. Se genera por especiación del ion cianuro en solución acuosa cuando el pH desciende, y su emisión se produce desde la superficie libre de la solución cianurada o desde el charco confinado, no desde una conducción

Se consigna que el ácido cianhídrico, sustancia liberada en seis de los nueve escenarios modelados, no es insumo del Proyecto ni se conduce por tubería alguna. Su inclusión en el formato responde a su condición de sustancia comprendida en el Primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas y a su intervención como sustancia modelada en la evaluación de consecuencias.

IV.3.2 Antecedentes de accidentes e incidentes

Los antecedentes que se consignan proceden del apartado I.4.1 y comprenden once registros en territorio nacional y once en el ámbito internacional. La selección atiende a dos criterios concurrentes: que la sustancia involucrada sea el cianuro de sodio, el ácido clorhídrico o una solución que los contenga, y que el mecanismo de falla registrado sea reproducible en la configuración del Proyecto.

Tabla 19: Informe Técnico. Antecedentes de accidentes e incidentes en territorio nacional

Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancia(s) involucrada(s)	Evento	Causa	Nivel de afectación
2013	Mezcala, Eduardo Neri, Guerrero, México	Mina Los Filos	Solución cianurada	Derrame por sobresaturación del patio de lixiviación	Precipitación extraordinaria sobre el mineral depositado	Suelo y escurrimiento
2016	Nuevo Balsas, Cocula, Guerrero, México	Mina Media Luna	Solución de lixiviación	Derrame por falla de tanque	Falla mecánica en uno de los diez tanques de lixiviación de 80,000 litros	Suelo del recinto

Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancia(s) involucrada(s)	Evento	Causa	Nivel de afectación
2014	Cananea, Sonora, México; cuencas de los ríos Bacanuchi y Sonora	Buenavista del Cobre	Solución de lixiviación de cobre	Derrame de 40 millones de litros	Pérdida de contención en el sistema de lixiviación	Agua superficial y suelo
2014	El Oro, Durango, México; arroyo La Cruz	Proyecto Magistral	Solución cianurada	Derrame de 2,000 m³ hacia el arroyo	Rebase de la contención por precipitación extraordinaria	Agua superficial
2014	Ejido Juan Álvarez, Caborca, Sonora, México	Unidad Noche Buena	Solución cianurada	Derrame de 82 m³	Pérdida de contención	Suelo
2016	Altar, Sonora, México	Mina El Chanate	Solución cianurada	Fuga en tubería de conducción	Fisura atribuida a deficiencia de mantenimiento y a falla en la seguridad del proceso	Suelo
2019	Sombrerete, Zacatecas, México	Unidad Minera San Martín	Sedimentos con cianuro, sulfato de cobre y sulfato de zinc	Derrame de 20,000 litros hacia un cauce	Pérdida de contención	Agua superficial y suelo
2025	Ecatepec, Estado de México; autopista México-Pachuca	Transporte por autotanque	Ácido clorhídrico	Derrame de más de 30,000 litros por volcadura	Volcadura de autotanque	Aire, suelo y vía de comunicación
No precisada	Ojo Caliente, Zacatecas, México	Unidad El Coronel	Solución cianurada	Derrame de aproximadamente 70 m³	Pérdida de contención	Suelo
No precisada	Sahuaripa, Sonora, México	Unidad Mulatos	Agua de contacto con terreno minado	Derrame estimado de 8,400 litros	Pérdida de contención de agua de lluvia en contacto	Suelo
No precisada	Magdalena de Kino, Sonora, México	Minera Columbia de México	No precisada en el registro consultado	Pérdida de contención	Pérdida de contención en la instalación minera	Suelo

Tabla 20: Informe Técnico. Antecedentes de accidentes e incidentes en el ámbito internacional

Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancia(s) involucrada(s)	Evento	Causa	Nivel de afectación
2000	Baia Mare, Rumania; ríos Someș, Tisza y Danubio	Aurul S.A., retratamiento de jales por cianuración	Solución cianurada	Rebase del embalse de jales	Concurrencia de precipitación intensa y fusión de nieve	Agua superficial y biota
1995	Ríos Omai y Essequibo, Guyana	Omai Gold Mines Limited	Residuos con cianuro	Liberación de 2.9 a 4 millones de m³	Brecha en el bordo de tierra del embalse de jales	Agua superficial y biota
1998	Barskoon, Kirguistán	Mina Kumtor, transporte por carretera	Cianuro de sodio sólido	Vertido de 1,762 kg a aguas superficiales	Caída de un camión de transporte desde un puente	Agua superficial y población
2000	Provincia Central, Papúa Nueva Guinea	Mina Tolukuma, transporte aéreo	Cianuro de sodio en pastillas	Desprendimiento en vuelo de una tonelada	Falla en el transporte aéreo de reactivos	Suelo y agua superficial
1991 a 1992	Rio Grande, Colorado, Estados Unidos de América; Wightman Fork y río Alamosa	Summitville Mine	Solución cianurada y drenaje ácido	Falla del patio de lixiviación en pila	Falla de la contención del patio	Agua superficial y biota
2001	Wassa Occidental, Ghana; río Asuman	Mina de oro de Tarkwa, Gold Fields	Residuos con cianuro	Liberación de miles de m³	Ruptura del bordo del embalse de jales	Agua superficial y biota
2015	Guadalcanal, Islas Salomón	Gold Ridge Mine	Agua con cianuro	Riesgo inminente de rebase del embalse	Deterioro del embalse tras inundaciones repentinas y abandono de la operación	Agua superficial
2000	Gällivare, Norrbotten, Suecia	Mina Aitik, Boliden	Agua con residuos de proceso	Liberación de un millón de m³	Apertura de una brecha de 100 m en un muro interno del embalse	Agua superficial

Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancia(s) involucrada(s)	Evento	Causa	Nivel de afectación
2007	Fráncfort, Alemania	Planta química de proceso	Ácido clorhídrico e hipoclorito de sodio	Liberación de aproximadamente 200 kg de cloro gaseoso	Transferencia errónea de ácido clorhídrico a un tanque con hipoclorito	Aire
2020	West Thurrock, Essex, Reino Unido	Instalación de almacenamiento de productos químicos	Ácido clorhídrico	Liberación no controlada de 300,000 litros	Falla de tubería de interconexión entre tres tanques	Suelo y agua superficial
1984	Hinckley, Reino Unido	Instalación de almacenamiento y trasiego de productos químicos	Ácido clorhídrico e hipoclorito de sodio	Generación de una nube de cloro gaseoso	Descarga de ácido clorhídrico a un tanque con hipoclorito	Aire

La columna de acciones realizadas para su atención del formato de la guía se desarrolla de forma extensa en el apartado I.4.1, para cada uno de los veintidós registros, y no se reproduce aquí por su extensión. Se remite a ese apartado.

La incorporación de estos antecedentes a la identificación de riesgos del Proyecto, practicada en el apartado I.4.1.3, acredita que la totalidad de los mecanismos de falla históricamente registrados queda interceptada por una salvaguarda del Proyecto. Los mecanismos recurrentes son cuatro: el rebase de la contención por precipitación extraordinaria, la falla mecánica de recipiente o de línea, el contacto entre corrientes incompatibles, y la falla durante el transporte o el trasiego del reactivo.

Tabla 21: Correspondencia entre los mecanismos de falla de los antecedentes y las salvaguardas del Proyecto

Mecanismo de falla recurrente en los antecedentes	Registros que lo presentan	Salvaguarda del Proyecto que lo intercepta	Apartado que la desarrolla
Rebase de la contención por precipitación extraordinaria	Los Filos, Magistral, Baia Mare, Gold Ridge	Contención dimensionada sobre el 110 % del recipiente mayor más lámina de 250 mm en 24 h, con vaciado programado previo a la temporada de lluvias	III.1.1.6 y III.1.2.4
Falla mecánica de recipiente o de línea	Media Luna, El Chanate, Buenavista del Cobre, West Thurrock	Programa de inspección de líneas y recipientes; verificación de anclaje; especificación de material resistente al medio	III.1.2.1 y III.1.2.2
Contacto entre corrientes incompatibles	Fráncfort, Hinckley	Segregación absoluta en cuatro planos concurrentes entre el almacén de cianuro de sodio y el de ácido clorhídrico, con redes de drenaje sin punto de confluencia	III.1.1.7
Falla durante el transporte o el trasiego del reactivo	Kumtor, Tolukuma, autotanque de Ecatepec	Recepción en contenedores de una tonelada con maniobra en ruta y horario que no coinciden con los del ácido clorhídrico; gabinetes de atención a derrames por área	III.1.1.7 y III.1.1.12
Ruptura del bordo del depósito de jales	Omai, Tarkwa, Aitik, Summitville	Depósito de jales filtrados con análisis geotécnico específico y evaluación geoquímica de los materiales a depositar; pozos de observación con vigilancia trimestral	I.1 y III.1.2.5

IV.3.3 Identificación y jerarquización de riesgos ambientales

El formato de identificación y jerarquización de riesgos ambientales se llena sobre las once desviaciones que producen escenario de consecuencias con modelación de dispersión propia. El número de falla corresponde a la clave de la desviación del Análisis de Riesgos y Operabilidad y el número de evento al escenario de consecuencias modelado, conforme a la sincronización establecida en el apartado I.4.2.3.

Las columnas de fuga, derrame, incendio y explosión del formato se llenan marcando la que corresponde al tipo de falla de cada evento. Ninguna desviación del Proyecto produce evento de incendio ni de explosión con alcance sobre el ambiente, por la razón expuesta en el apartado IV.1.1: ninguna de las tres sustancias listadas es inflamable en las condiciones de manejo del Proyecto, y el límite inferior de explosividad del ácido cianhídrico es superior en más de tres órdenes de magnitud al valor techo de evacuación adoptado.

Tabla 22: Informe Técnico. Identificación y jerarquización de riesgos ambientales

No. de falla	No. de evento	Fuga	Derrame	Incendio	Explosión	Accidente hipotético: unidad o equipo	Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado
1.01.01	1	X	—	—	—	Línea troncal de solución de cianuro de sodio, DN 80	Análisis de Riesgos y Operabilidad por nodos de proceso, con evaluación en matriz de seis niveles de frecuencia y seis de consecuencia, y modelación de dispersión de las consecuencias	Aire; suelo del recinto de contención
1.01.02	2	X	—	—	—	Línea troncal de solución de cianuro de sodio, DN 80	Análisis de Riesgos y Operabilidad por nodos de proceso, con evaluación en matriz de seis niveles de frecuencia y seis de consecuencia, y modelación de dispersión de las consecuencias	Aire; suelo del recinto de contención
1.02.01	5	X	—	—	—	Línea de distribución de ácido clorhídrico, DN 50	Análisis de Riesgos y Operabilidad por nodos de proceso, con evaluación en matriz de seis niveles de frecuencia y seis de consecuencia, y modelación de dispersión de las consecuencias	Aire; suelo del recinto de contención
1.02.02	6	X	—	—	—	Línea de distribución de ácido clorhídrico, DN 50	Análisis de Riesgos y Operabilidad por nodos de proceso, con evaluación en	Aire; suelo; vegetación por deposición ácida

No. de falla	No. de evento	Fuga	Derrame	Incendio	Explosión	Accidente hipotético: unidad o equipo	Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado
							matriz de seis niveles de frecuencia y seis de consecuencia, y modelación de dispersión de las consecuencias	
1.03.01	9	—	X	—	—	Recinto de contención con concurrencia de solución cianurada y ácido clorhídrico	Análisis de Riesgos y Operabilidad por nodos de proceso, con evaluación en matriz de seis niveles de frecuencia y seis de consecuencia, y modelación de dispersión de las consecuencias	Aire; suelo del recinto de contención
2.01.01	3	X	—	—	—	Tren de cianuración CIL, superficie libre de cinco tanques	Análisis de Riesgos y Operabilidad por nodos de proceso, con evaluación en matriz de seis niveles de frecuencia y seis de consecuencia, y modelación de dispersión de las consecuencias	Aire
2.02.01	4	—	X	—	—	Tanque de cianuración 400-TK-002	Análisis de Riesgos y Operabilidad por nodos de proceso, con evaluación en matriz de seis niveles de frecuencia y seis de consecuencia, y modelación de dispersión de las consecuencias	Aire; suelo del recinto de contención
3.01.01	8	X	—	—	—	Recipiente de extracción de carbón 500-V-001	Análisis de Riesgos y Operabilidad por nodos de proceso, con evaluación en matriz de seis niveles de frecuencia y seis de consecuencia, y modelación de dispersión de las consecuencias	Aire
3.03.01	8	—	X	—	—	Recipiente de extracción de carbón 500-V-001	Análisis de Riesgos y Operabilidad por nodos de proceso, con evaluación en	Aire; suelo del recinto de contención

No. de falla	No. de evento	Fuga	Derrame	Incendio	Explosión	Accidente hipotético: unidad o equipo	Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado
							matriz de seis niveles de frecuencia y seis de consecuencia, y modelación de dispersión de las consecuencias	
3.05.01	9	—	X	—	—	Circuito de lavado ácido y extracción, 500-TK-003 y 500-V-001	Análisis de Riesgos y Operabilidad por nodos de proceso, con evaluación en matriz de seis niveles de frecuencia y seis de consecuencia, y modelación de dispersión de las consecuencias	Aire
4.01.01	7	X	—	—	—	Reactores de destrucción de cianuro, superficie libre	Análisis de Riesgos y Operabilidad por nodos de proceso, con evaluación en matriz de seis niveles de frecuencia y seis de consecuencia, y modelación de dispersión de las consecuencias	Aire; agua de proceso con destino a espesamiento de jales

Se consigna que las once desviaciones del formato producen nueve escenarios, dado que las claves 3.01.01 y 3.03.01 convergen en el Escenario 8 y las claves 1.03.01 y 3.05.01 convergen en el Escenario 9. Las veinte desviaciones restantes del registro completo no producen escenario propio y quedan expuestas en el apartado IV.2.2 con su clasificación por relación con los escenarios modelados.

La jerarquización de los eventos así identificados, por el indicador relativo que resulta de dividir el término fuente entre el umbral de exposición aguda de segundo nivel de la sustancia modelada, es la siguiente.

Tabla 23: Jerarquización de los eventos identificados por indicador relativo de severidad

Escenario	Sustancia	Término fuente	Umbral de segundo nivel	Indicador relativo	Jerarquía
6	Cloruro de hidrógeno	2.83 kg/min	22 ppm	0.129	Gobernante de la instalación
9	Ácido cianhídrico	0.831 kg/min	7.1 ppm	0.117	Gobernante por cianuro
5	Cloruro de hidrógeno	1.66 kg/min	22 ppm	0.075	Tercero en severidad
8	Ácido cianhídrico	0.108 kg/min	7.1 ppm	0.0152	Menor
4	Ácido cianhídrico	0.0664 kg/min	7.1 ppm	0.0094	Menor
2	Ácido cianhídrico	0.0562 kg/min	7.1 ppm	0.0079	Menor
7	Ácido cianhídrico	0.0522 kg/min	7.1 ppm	0.0074	Menor
3	Ácido cianhídrico	0.0518 kg/min	7.1 ppm	0.0073	Menor
1	Ácido cianhídrico	0.0470 kg/min	7.1 ppm	0.0066	Menor

Con lo anterior queda presentado el Informe Técnico en sus tres formatos, y concluido el Capítulo IV del Estudio de Riesgo Ambiental.

V.2 OTROS ANEXOS

Los siguientes anexos se encuentran en la carpeta correspondiente al **CAP V** bajo el nombre de “OTROS” (formato **digital**)

1. Agua contra incendios_REV2.
2. Características de los recipientes de almacenamiento_REV2.
3. Descripción del cuarto de control central_REV2.
4. Descripción detallada de las condiciones de operación_REV2.
5. Descripción pruebas de integridad_REV2.
6. Filosofía de operación Recinto Minero Ana Paula_REV2.
7. Inventario de extintores_REV2.
8. Sistema contra incendios y detección de fugas_REV2.
9. Sistemas auxiliares de alerta y comunicaciones_REV2.
10. Sistemas de aislamiento en zonas de riesgo_REV2.
11. Plano extintores.
12. Plano Sistemas Seguridad.
13. Plano Sistema Contra Incendios.
14. Memoria Técnico – Descriptiva.

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

PROYECTO

“CONTINUIDAD AL DESARROLLO DEL RECINTO MINERO ANA PAULA MEDIANTE EXPLOTACIÓN MINERA SUBTERRÁNEA Y PLANTA DE BENEFICIO”

CAPÍTULO V

IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

Índice

V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL 3
V.1 FORMATOS DE PRESENTACIÓN 3
V.1.1 Planos de localización 3
V.2 OTROS ANEXOS 5

Índice de figuras

Figura 1. Localización Local del Proyecto. 3
Figura 2. Localización Regional del Proyecto. 3

V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

V.1 FORMATOS DE PRESENTACIÓN

V.1.1 Planos de localización

Figura 1. Localización Local del Proyecto.

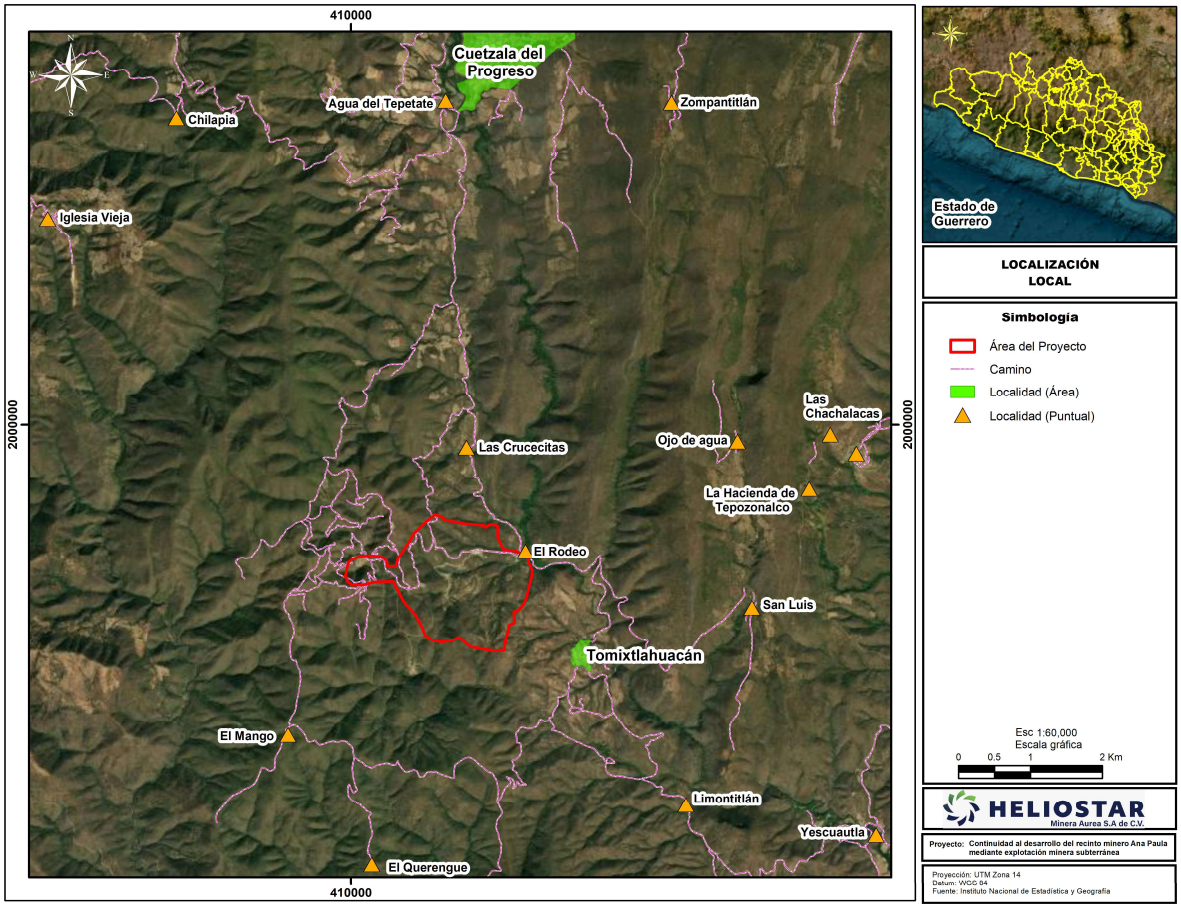
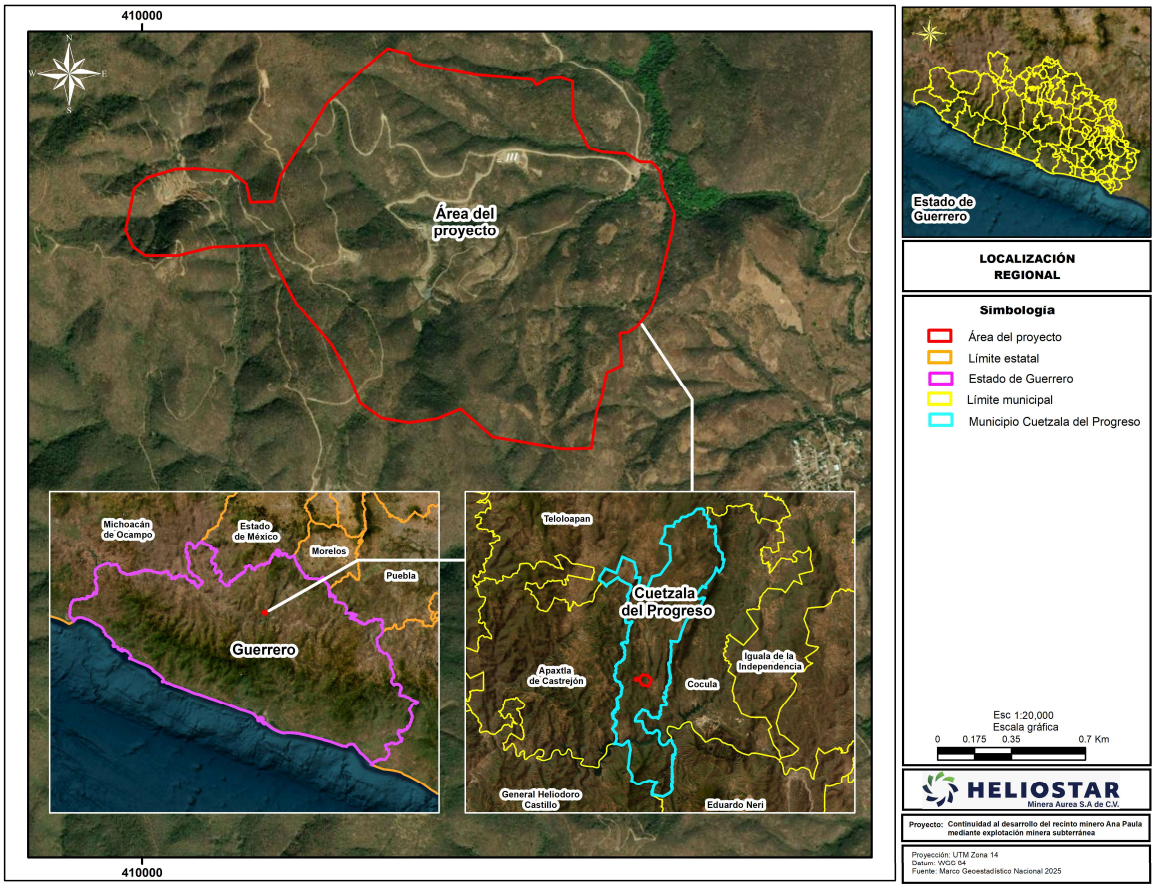


Figura 2. Localización Regional del Proyecto.


410000
Área del proyecto
Michoacán de Ocampo
Estado de México
Morelos
Puebla
Guerrero
Teloloapan
Cuetzala del Progreso
Iguala de la Independencia
Apaxtla de Castrejón
Cocula
General Heliodoro Castillo
Eduardo Neri
410000
Estado de Guerrero
LOCALIZACIÓN REGIONAL
Simbología
Área del proyecto
Límite estatal
Estado de Guerrero
Límite municipal
Municipio Cuetzala del Progreso
Esc 1:20,000
Escala gráfica
0 0.175 0.35 0.7 Km
HELIOSTAR
Minera Aurea S.A de C.V.
Proyecto: Continuidad al desarrollo del recinto minero Ana Paula mediante explotación minera subterránea
Proyección: UTM Zona 14
Datum: WGS 84
Fuente: Marco Geoestadístico Nacional 2025

V.2 OTROS ANEXOS

Los siguientes anexos se encuentran en la carpeta correspondiente al **CAP V** bajo el nombre de “OTROS” (formato **digital**)

1. Agua contra incendios_REV2.
2. Características de los recipientes de almacenamiento_REV2.
3. Descripción del cuarto de control central_REV2.
4. Descripción detallada de las condiciones de operación_REV2.
5. Descripción pruebas de integridad_REV2.
6. Filosofía de operación Recinto Minero Ana Paula_REV2.
7. Inventario de extintores_REV2.
8. Sistema contra incendios y detección de fugas_REV2.
9. Sistemas auxiliares de alerta y comunicaciones_REV2.
10. Sistemas de aislamiento en zonas de riesgo_REV2.
11. Plano extintores.
12. Plano Sistemas Seguridad.
13. Plano Sistema Contra Incendios.
14. Memoria Técnico – Descriptiva.