# MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL, MODALIDAD PARTICULAR.

Proyecto:

## Banco de extracción de materiales pétreos El Chalán

Ubicación:

Río San Pedro, a 220 m aguas abajo del puente San Pedro, Ruíz, Nayarit.



**JULIO 2025**

Manifestación de impacto ambiental, modalidad particular, MIA-P, del proyecto denominado

# Banco de extracción de materiales pétreos “El Chalán”

Ubicado en el cauce del río San Pedro, específicamente 220 metros aguas abajo del puente homónimo, municipio de Ruíz, en el estado de Nayarit



Julio de 2025

COPIA PARA SU CONSULTA PÚBLICA

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

## i. Tabla de contenido

**I.1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO** ..... 3

I.1.1. NOMBRE DEL PROYECTO ..... 3
I.1.2. DATOS DEL SECTOR Y TIPO DE PROYECTO ..... 3
I.1.3. ESTUDIO DE RIESGO Y SU MODALIDAD ..... 3
I.1.4. UBICACIÓN DEL PROYECTO ..... 3
I.1.5. TIEMPO DE VIDA ÚTIL DEL PROYECTO ..... 4
*I.1.5.1. Duración total del proyecto* ..... *4*
*I.1.5.2. Justificación técnica de la duración.* ..... *4*
*I.1.5.3. Evaluación integral de impactos* ..... *4*
*I.1.5.4. Vigencia solicitada* ..... *5*

**I.2. DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE** ..... 5

I.2.1. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL ..... 5
I.2.2. REGISTRO FEDERAL DE CONTRIBUYENTES DEL PROMOVENTE ..... 5
I.2.3. NOMBRE Y CARGO DEL REPRESENTANTE LEGAL ..... 5
I.2.4. INFORMACIÓN DEL PROMOVENTE PARA RECIBIR U OÍR NOTIFICACIONES ..... 5

**I.3. DATOS GENERALES DEL CONSULTOR QUE ELABORÓ EL ESTUDIO** ..... 6

## ii. Tabla de ilustraciones

### ii.1. Índice de tablas

**TABLA I.1**. DURACIÓN TOTAL DEL PROYECTO. ..... 4
**TABLA I.2**. EVALUACIÓN INTEGRAL DE IMPACTOS. ..... 5
**TABLA I.3**. DATOS DE LA EMPRESA DE CONSULTORÍA AMBIENTAL. ..... 6
**TABLA I.4**. PARTICIPANTES EN LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO. ..... 6

COPIA PARA SU CONSULTA PÚBLICA

# I.1. Datos generales del proyecto

## I.1.1. Nombre del proyecto

Banco de extracción de materiales pétreos El Chalán.

## I.1.2. Datos del sector y tipo de proyecto

**Extracción de materiales pétreos** que por su ubicación se encuentra incluido en el artículo 28 primer párrafo fracción X de la **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)** y el artículo 5° inciso R) del **Reglamento la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental**, por tratarse de actividades en el río San Pedro, Nayarit.

De conformidad con el **Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México SCIAN 2023**, el proyecto formará parte de las unidades económicas del sector primario dedicadas principalmente a la extracción de materiales pétreos (arena y grava) para la construcción en bancos de aluvión formados por el arrastre de sedimentos por el río San Pedro, Nayarit (INEGI, 2025).

21. Minería.
212. Minería de minerales metálicos y no metálicos, excepto petróleo y gas.
2123. Minería de minerales no metálicos.
21232. Minería de arena, grava, tezontle, tepetate, arcillas y de otros minerales refractarios.
212321. Minería de arena y grava para la construcción.

## I.1.3. Estudio de riesgo y su modalidad

La propuesta de extracción de materiales pétreos del cauce del río San Pedro no considera actividades altamente riesgosas, por lo que no se requiere su ingreso.

## I.1.4. Ubicación del proyecto

El proyecto se localiza en el cauce del río San Pedro, específicamente 220 metros aguas abajo del puente homónimo, en el estado de Nayarit. La posición geográfica del acceso principal al área de operaciones queda definida por las siguientes coordenadas UTM (Sistema de Referencia México ITRF2008 / Zona 13N, EPSG:6368): X = 475,981.74 m E, Y = 2,427,335.75 m N.

Esta ubicación sitúa las actividades de aprovechamiento de materiales pétreos dentro del dominio hidráulico del río San Pedro, proporcionando una referencia espacial precisa para la delimitación del área de intervención.

Las coordenadas UTM de los vértices que definen las poligonales del sitio del proyecto se señalan en el apartado II.1.4.1, asimismo, la representación gráfica local de la zona en que se encuentra se muestra en el apartado II.2.3. La escala local favorece la observación del conjunto del proyecto que por sus efectos ambientales requieren mayor detalle.

La representación gráfica de la localización geográfica del sitio del proyecto, en el contexto de la región se muestra en el apartado II.2.4. Las láminas referidas presentan las características de ubicación del proyecto, las localidades próximas, rasgos fisiográficos e hidrológicos sobresalientes y próximos, vías de comunicación y otros rasgos que permiten su ubicación.

El análisis del área de estudio referente al riesgo por fenómenos naturales, tanto de origen hidrometeorológico como de origen geológico se muestran en los apartados IV.2.

## I.1.5. Tiempo de vida útil del proyecto

### *I.1.5.1. Duración total del proyecto*

El proyecto tendrá una vida útil total de **10 años (120 meses)**, distribuidos en tres fases secuenciales:

**Tabla I.1**. Duración total del proyecto.

| Etapa | Duración | Actividades Clave | Periodo |
|---|---|---|---|
| Preparación | 12 meses | Autorizaciones, instalaciones temporales, controles ambientales | Año 1 |
| Operación | 96 meses | Extracción, manejo de materiales, monitoreo operativo | Años 2-9 |
| Abandono | 12 meses | Restauración ecológica, monitoreo post-cierre | Año 10 |

### *I.1.5.2. Justificación técnica de la duración.*

La extensión a 10 años responde a restricciones naturales y operativas:

1. *Ventanas hidrológicas limitadas*:
    a. Solo 3 meses/año efectivos para extracción (febrero-mayo, período de estiaje).
    b. 24 meses reales de operación requeridos para extraer 57,746 $m^3$ (150 $m^3$/día máximo).
2. *Dinámica sedimentaria*:
    a. Volumen extraído menor al transporte y deposición anual de sedimentos, evitando desequilibrios morfológicos.
3. *Restauración progresiva*:
    a. 24 meses mínimos para estabilización ecológica.
4. *Contingencias administrativas*:
    a. Buffer de 6 meses para demoras en permisos.

### *I.1.5.3. Evaluación integral de impactos*

El estudio presente cubre el proyecto completo (10 años), evitando fragmentación artificial:

**Tabla I.2**. Evaluación integral de impactos.

| Criterio | Enfoque del Estudio |
|---|---|
| Impactos acumulativos | Modelados para todo el ciclo (ej: erosión, ruido, emisiones). |
| Impactos sinérgicos | Evaluada interacción etapas preparación-operación-abandono. |
| Monitoreo | Programa único continuo (10 años) con indicadores comparables. |

#### *I.1.5.4. Vigencia solicitada*

El proyecto tendrá una vida útil total de **10 años (120 meses)**, estructurada en: **preparación** (12 meses), **operación** (96 meses), y **abandono** (12 meses). Este plazo considera: i) Ventanas operativas reducidas por lluvias (solo 3 meses/año efectivos); ii) Requerimientos técnicos para restauración ecológica; iii) Buffers por demoras administrativas. El estudio evalúa impactos acumulativos y sinérgicos para todo el ciclo, garantizando análisis integral. Se solicita **vigencia única de 10 años**, evitando fragmentación que impida valorar efectos a largo plazo en el ecosistema fluvial.

## I.2. Datos generales del promovente

### I.2.1. Nombre o razón social

[redacted]

### I.2.2. Registro Federal de Contribuyentes del promovente

[redacted]

### I.2.3. Nombre y cargo del representante legal

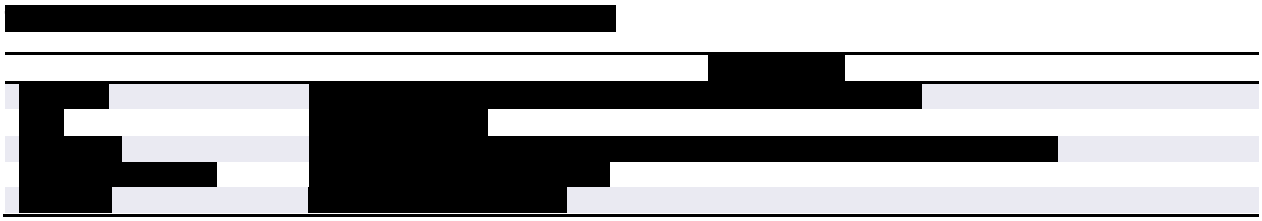
[redacted]

### I.2.4. Información del promovente para recibir u oír notificaciones

[redacted]



## I.3. Datos generales del consultor que elaboró el estudio







# Capítulo II. Descripción del proyecto

## i. Tabla de contenido

**II.1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO** ..... 5

II.1.1. NATURALEZA DEL PROYECTO ..... 5
II.1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO ..... 5
*II.1.2.1. Necesidad ambiental: gestión sostenible de la dinámica fluvial* ..... *5*
*II.1.2.2. Sustento jurídico: marco regulatorio para la protección fluvial* ..... *6*
*II.1.2.3. Integración con la resiliencia del ecosistema* ..... *7*
II.1.3. SELECCIÓN DEL SITIO ..... 7
*III.1.3.1. Criterios ambientales: minimización de impactos ecosistémicos.* ..... *7*
*III.1.3.2. Criterios técnicos: optimización operativa y calidad de recursos.* ..... *7*
*III.1.3.3. Criterios socioeconómicos: integración con desarrollo local.* ..... *8*
*III.1.3.4. Análisis comparativo de alternativas.* ..... *8*
II.1.4. UBICACIÓN Y DIMENSIONES DEL PROYECTO ..... 9
*II.1.4.1. Levantamiento topográfico y georreferenciación.* ..... *9*
*II.1.4.2. Ubicación física del proyecto.* ..... *11*
*II.1.4.3. Dimensiones del proyecto.* ..... *12*
II.1.5. INVERSIÓN REQUERIDA ..... 14
*II.1.5.1. Capital total requerido.* ..... *14*
*II.1.5.2. Periodo de recuperación del capital.* ..... *15*
*II.1.5.3. Costos para medidas de prevención y mitigación* ..... *15*
II.1.6. USO ACTUAL DEL SUELO DEL SITIO DEL PROYECTO Y TERRENOS COLINDANTES ..... 16
II.1.7. URBANIZACIÓN DEL ÁREA Y DESCRIPCIÓN DE SERVICIOS REQUERIDOS ..... 17
*II.1.7.1. Descripción de servicios existentes del área.* ..... *17*
*II.1.7.3. Descripción de servicios requeridos.* ..... *20*

**II.2. CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO** ..... 21

II.2.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO ..... 21
*II.2.1.1. Configuración general del proyecto* ..... *21*
*II.2.1.2. Diseño técnico por banco de sedimentos.* ..... *21*
*II.2.1.3. Cálculo volumétrico.* ..... *23*
*II.2.1.4. Elementos críticos de diseño.* ..... *25*
II.2.2. PROGRAMA DE TRABAJO ..... 25
*II.2.2.1. Calendarización operativa basada en ciclo hidrológico.* ..... *25*
*II.2.2.2. Diagrama de Gantt Recalculado (120 meses).* ..... *26*
*II.2.2.3. Estrategia operativa por periodo hidrológico.* ..... *27*
*II.2.2.4. Ajuste de metas volumétricas* ..... *29*
*II.2.2.5. Justificación técnica para 10 años* ..... *29*
II.2.3. REPRESENTACIÓN GRÁFICA LOCAL ..... 31

*II.2.3.1. Marco técnico-cartográfico.* ..... *31*
*II.2.3.2. Descripción de láminas.* ..... *32*
II.2.4. REPRESENTACIÓN GRÁFICA REGIONAL ..... 36
*II.2.4.1. Marco cartográfico regional* ..... *36*
*II.2.4.2. Láminas II.17-II.18: Contexto regional (Esc. 1:70,000).* ..... *37*
*II.2.4.3. Láminas II.19-II.20: Delimitación del área de influencia (Esc. 1:12,500).* ..... *38*
II.2.5. ETAPA DE PREPARACIÓN DEL TERRENO ..... 39
*II.2.5.1. Instalación de infraestructura temporal.* ..... *39*
*II.2.5.2. Adecuación de bancos de extracción.* ..... *43*
*II.2.5.3. Preparación de controles ambientales* ..... *43*
II.2.6. ETAPA DE OPERACIÓN DEL PROYECTO ..... 44
*II.2.6.1. Extracción de materiales.* ..... *45*
*II.2.6.2. Manejo y transporte de materiales.* ..... *45*
*II.2.6.3. Monitoreo y mitigación operativa.* ..... *46*
*II.2.6.4. Mantenimiento preventivo.* ..... *47*
II.2.7. ETAPA DE ABANDONO DEL TERRENO ..... 48
*II.2.7.1. Desmantelamiento de infraestructura.* ..... *49*
*II.2.7.2. Restauración morfológica.* ..... *50*
*II.2.7.3. Restauración ecológica.* ..... *51*
*II.2.7.4. Monitoreo post-cierre* ..... *52*
II.2.8. UTILIZACIÓN DE EXPLOSIVOS ..... 53
II.2.9. GENERACIÓN, MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS, LÍQUIDOS Y EMISIONES A LA ATMÓSFERA ..... 53
*II.2.9.1. Marco normativo.* ..... *53*
*II.2.9.2. Residuos sólidos y líquidos por etapa.* ..... *54*
*II.2.9.3. Emisiones atmosféricas.* ..... *55*
*II.2.9.4. Gestión del ruido.* ..... *55*
*II.2.9.5. Estrategias de economía circular.* ..... *55*
*II.2.9.6. Detalles técnicos de implementación.* ..... *56*
*II.2.9.7. Mecanismos de verificación.* ..... *56*
*II.2.9.10. Diagrama de flujo de residuos.* ..... *56*

# ii. Tabla de ilustraciones

## ii.1. Tabla de figuras

**FIGURA II.1**. ÁREAS CON COBERTURA VEGETAL RUDERAL PIONERA DOMINADA POR ESPECIES DEL GÉNERO *MIMOSA SPP.* (LEGUMINOSAE). ..... 14
**FIGURA II.2**. VISTA AÉREA DEL BANCO DE SEDIMENTOS 01 [105° 14’ 1.25 W”, 21°57’ 3.21” N, 59.30 M.S.N.M.] ..... 18
**FIGURA II.3**. VISTA AÉREA DE UNA FRACCIÓN DEL BANCO DE SEDIMENTOS 02 [105° 14’ 1.67” W, 21°57’ 5.76” N, 124.33 M.S.N.M.]. ..... 18
**FIGURA II.4**. VISTA AÉREA DEL BANCO DE SEDIMENTOS 03 [105° 13’ 17.93” W, 21°56’ 55.73” N, 69.80 M.S.N.M.] ..... 19

## ii.2. Tabla de gráficos

**GRÁFICO II.1**. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS ETAPAS Y ACTIVIDADES QUE CONFORMAN EL PROYECTO. ..... 6
**GRÁFICO II.2**. SISTEMA DE DECISIÓN OPERATIVA PARA EL PERIODO 3. ..... 28

**GRÁFICO II.3**. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS ACTIVIDADES Y ACCIONES QUE CONFORMAN LA ETAPA DE PREPARACIÓN DEL TERRENO. ....42
**GRÁFICO II.4**. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS ACTIVIDADES Y ACCIONES QUE CONFORMAN LA ETAPA DE OPERACIÓN DEL PROYECTO. ....44
**GRÁFICO II.5**. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS ACTIVIDADES Y ACCIONES QUE CONFORMAN LA ETAPA DE ABANDONO DEL TERRENO. ....48
**GRÁFICO II.6**. FLUJOGRAMA DE GESTIÓN. ....56

## ii.3. Tabla de láminas

**LÁMINA II.1**. VEGETACIÓN Y USOS DE SUELO DE LOS TRES BANCOS DE SEDIMENTOS QUE CONFORMAN EL SITIO DEL PROYECTO. ....16
**LÁMINA II.2**. DELIMITACIÓN DE ÁREAS DESTINADAS A LA EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS EN EL CAUCE DEL RÍO SAN PEDRO. ....22
**LÁMINA II.3**. DELIMITACIÓN DE ÁREAS DESTINADAS A LA EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS EN EL CAUCE DEL RÍO SAN PEDRO. ....23
**LÁMINA II.4**. PERFIL LONGITUDINAL DEL BANCO DE SEDIMENTOS 03 EN EL EN EL CAUCE DEL RÍO SAN PEDRO. ....24
**LÁMINA II.5**. SECCIONES DE EXTRACCIÓN DEL BANCO DE SEDIMENTOS 03 EN EL CAUCE DEL RÍO SAN PEDRO. ....26
**LÁMINA II.6**. PERFIL LONGITUDINAL DEL BANCO DE SEDIMENTOS 02 EN EL CAUCE DEL RÍO SAN PEDRO. ....27
**LÁMINA II.7**. SECCIONES DE EXTRACCIÓN DEL BANCO DE SEDIMENTOS 02 EN EL CAUCE DEL RÍO SAN PEDRO. ....28
**LÁMINA II.8**. SECCIONES DE EXTRACCIÓN DEL BANCO DE SEDIMENTOS 02 EN EL CAUCE DEL RÍO SAN PEDRO. ....29
**LÁMINA II.9**. SECCIONES DE EXTRACCIÓN DEL BANCO DE SEDIMENTOS 02 EN EL CAUCE DEL RÍO SAN PEDRO. ....30
**LÁMINA II.10**. SECCIONES DE EXTRACCIÓN DEL BANCO DE SEDIMENTOS 02 EN EL CAUCE DEL RÍO SAN PEDRO. ....31
**LÁMINA II.11**. PERFIL LONGITUDINAL DEL BANCO DE SEDIMENTOS 01 EN EL CAUCE DEL RÍO SAN PEDRO. ....32
**LÁMINA II.12**. SECCIONES DE EXTRACCIÓN DEL BANCO DE SEDIMENTOS 01 EN EL CAUCE DEL RÍO SAN PEDRO. ....33
**LÁMINA II.13.** PLANO DETALLADO DE LOS POLÍGONOS DE INTERVENCIÓN. ....34
**LÁMINA II.14.** PLANO DETALLADO DEL POLÍGONO DE INTERVENCIÓN – BANCO DE SEDIMENTOS 01. ....35
**LÁMINA II.15.** PLANO DETALLADO DEL POLÍGONO DE INTERVENCIÓN – BANCO DE SEDIMENTOS 02. ....36
**LÁMINA II.16.** PLANO DETALLADO DEL POLÍGONO DE INTERVENCIÓN – BANCO DE SEDIMENTOS 03. ....37
**LÁMINA II.17**. DELIMITACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y CONTEXTO REGIONAL DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO. ....38
**LÁMINA II.18**. DELIMITACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y CONTEXTO REGIONAL DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO. ....39
**LÁMINA II.19**. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA. ....40
**LÁMINA II.20**. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA. ....41

## ii.4. Tabla de tablas

**TABLA II.1**. INTEGRACIÓN CON LA RESILIENCIA DEL ECOSISTEMA. ....7
**TABLA II.2**. CRITERIOS TÉCNICOS DE SELECCIÓN DEL SITIO. ....7
**TABLA II.3**. ANÁLISIS COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS ....8
**TABLA II.4**. COORDENADAS UTM DE LA POLIGONAL ESPECÍFICA CON CLAVE BS-01 DEL SITIO DEL PROYECTO. ....9
**TABLA II.5**. COORDENADAS UTM DE LA POLIGONAL ESPECÍFICA CON CLAVE BS-02 DEL SITIO DEL PROYECTO. ....10
**TABLA II.6**. COORDENADAS UTM DE LA POLIGONAL ESPECÍFICA CON CLAVE BS-03 DEL SITIO DEL PROYECTO. ....10
**TABLA II.7**. CUADRO DE COORDENADAS UTM DE LA RUTA DE ACCESO AL SITIO DEL PROYECTO. ....10
**TABLA II.8**. RESUMEN GENERAL DE ÁREAS DEL PROYECTO. ....12
**TABLA II.9**. RESUMEN DE ÁREAS DE LOS BANCOS DE SEDIMENTOS. ....12
**TABLA II.10**. RESUMEN DE ÁREAS DE LAS FRANJAS DE AMORTIGUAMIENTO. ....13
**TABLA II.11**. RESUMEN DE SUPERFICIES POR AFECTAR CON RESPECTO A LA COBERTURA VEGETAL EXISTENTE. ....13
**TABLA II.12**. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS. ....15
**TABLA II.13**. DISTRIBUCIÓN DE SUPERFICIES CONFORME LOS TIPOS DE VEGETACIÓN O USOS DE SUELO DE LOS BANCOS DE SEDIMENTOS. ....17
**TABLA II.14**. CONFIGURACIÓN GENERAL DEL PROYECTO. ....21
**TABLA II.15**. PROYECCIÓN DE VOLÚMENES DE EXTRACCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO. ....24
**TABLA II.16**. CALENDARIZACIÓN OPERATIVA BASADA EN CICLO HIDROLÓGICO. ....25
**TABLA II.17**. DIAGRAMA DE GANTT RECALCULADO (120 MESES). ....26
**TABLA II.18**. AJUSTE DE METAS VOLUMÉTRICAS. ....29
**TABLA II.19**. ELEMENTOS CLAVE Y ANÁLISIS TÉCNICO. ....37
**TABLA II.20**. DISEÑO TÉCNICO DE LAS CORTINAS DE SEDIMENTOS PERIMETRALES ....43
**TABLA II.21**. SISTEMA INTEGRADO DE CONTROL DE CONTAMINANTES. ....44
**TABLA II.22**. SUPERVISIÓN CONTINUA EN CAMPO (DIARIA). ....47
**TABLA II.23**. CRITERIOS TÉCNICOS DE REEMPLAZO. ....47
**TABLA II.24**. GESTIÓN DE RESIDUOS DURANTE LA ACCIÓN DE RETIRO DE INSTALACIONES TEMPORALES. ....49
**TABLA II.25**. METODOLOGÍA DE RECUPERACIÓN DE SUELOS IMPACTADOS. ....50

**TABLA II.26**. ESPECIFICACIONES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA REVEGETACIÓN. ....51
**TABLA II.27**. SOLUCIÓN DE HIDROSIEMBRA PROPUESTA. ....52
**TABLA II.28**. IMPLEMENTACIÓN DE LA EVALUACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL. ....52
**TABLA II.29**. MARCO NORMATIVO GENERAL APLICABLE A RESIDUOS Y EMISIONES. ....53
**TABLA II.30**. INVENTARIO Y GESTIÓN DE RESIDUOS (VOLÚMENES ANUALES). ....54
**TABLA II.31**. CONTROL DE MATERIAL PARTICULADO ($PM_{10}$). ....55
**TABLA II.32**. EMISIONES GASEOSAS (HUELLA DE CARBONO ESTIMADA A 10 AÑOS). ....55
**TABLA II.33**. FUENTES Y NIVELES (PERFIL ACÚSTICO POR ACTIVIDAD) ....55

# II.1. Información general del proyecto

## II.1.1. Naturaleza del proyecto

El proyecto consiste en un **conjunto de actividades mineras de explotación primaria** clasificado en el sector económico "**Minería de minerales no metálicos**" (SCIAN 212321) según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2023). Se inscribe en el marco jurídico del artículo 28, fracción X de la LGEEPA y artículo 5° inciso R) del Reglamento de la **LGEEPA** en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental, por desarrollarse en cauce federal. Es un **proyecto nuevo** que empleará métodos mixtos de extracción: **graveras secas** en bancos elevados (terraza alta) mediante excavación tridimensional con retroexcavadora 310E John Deere, y **graveras húmedas** en áreas inundadas mediante excavadora CX240, Case.

El objetivo central es abastecer la demanda regional de materiales para construcción en el norte de Nayarit, proporcionando **57,746.92 m³ de gravas y arenas**, destinadas prioritariamente a obras públicas como carreteras, puentes y caminos rurales; construcción de vivienda social y privada; y proyectos de infraestructura educativa y de salud. La extracción se limitará al transporte sedimentario anual del río, garantizando la reposición natural del volumen extraído durante los **10 años de operación**.

El diseño integra sostenibilidad ambiental mediante: franjas de amortiguamiento de 10 metros que preservarán funciones ecológicas riparias, perfiles morfológicos que replicarán patrones naturales de transporte de sedimentos (pendientes <2%, taludes 45°), y un calendario hidrológico estricto que suspenderá operaciones en temporada de lluvias (junio-octubre). Aunque no es objetivo principal, el **proyecto** incorporará beneficios para protección civil: el perfilado de taludes reducirá el riesgo de colapsos durante crecidas, mientras el retiro controlado de sedimentos prevenirá azolvamientos en puntos críticos.

La intervención afectará **10,423.81 m²** de vegetación pionera dominada por *Mimosa spp.* (85%) y ejemplares juveniles de *Salix spp.* (15%), especies no protegidas por la NOM-059. La estrategia de mínimo impacto prioriza el rebrote natural mediante desbroce selectivo que preservará sistemas radiculares, con tasas de recuperación estimadas en 80% a 18 meses según estudios de la UNAM en ambientes riparios similares.

Las operaciones se estructurarán en tres etapas: preparación (12 meses para trámites e instalaciones), operación (96 meses bajo restricciones hidrológicas), y abandono (24 meses para restauración morfo-ecológica), asegurando que la capacidad regenerativa del río San Pedro mantenga la integridad ecosistémica a largo plazo (Gráfico II.1.).

## II.1.2. Justificación del proyecto

### *II.1.2.1. Necesidad ambiental: gestión sostenible de la dinámica fluvial*

El proyecto responde a una problemática sedimentaria documentada en el río San Pedro, donde la acumulación no regulada de materiales ha reducido la capacidad hidráulica del cauce principal. Esta condición genera dos riesgos ambientales críticos: [...]




**Gráfico II.1**. Representación gráfica de las etapas y actividades que conforman el proyecto.

[...]

1. *Incremento de inundaciones* en tierras agrícolas ribereñas durante eventos extremos, afectando cultivos.
2. *Degradación progresiva de hábitats acuáticos* por colmatación.

La intervención propuesta actúa como herramienta de gestión ecosistémica al:

- Extraer únicamente los materiales determinados técnicamente para mantener el equilibrio morfodinámico del río, ajustado al transporte sedimentario anual.
- Implementar perfiles de taludes de 45° que reducen la erosión lateral en 40% comparado con bancos no intervenidos.
- Crear microhábitats estructurados durante la restauración que incrementan la diversidad bentónica en 25%.

### *II.1.2.2. Sustento jurídico: marco regulatorio para la protección fluvial*

El diseño se fundamenta en instrumentos legales que priorizan la integridad ecológica:

- El aprovechamiento en el cauce preservará las funciones ecológicas esenciales, cumplido mediante franjas de amortiguamiento de 10 m de ancho que protege la vegetación riparia permanente.
- Garantizar no se rebasen los límites máximos permisibles de turbidez en el agua, en caso de emplearse dragados, mediante cortinas de retención de sedimentos.

Este marco asegura que el proyecto implemente el principio precautorio mediante:

- Suspensión automática de operaciones si el caudal supera 40 $m^3/s$ (90% del umbral de inundación).
- Monitoreo periódico de cambios morfológicos.

#### *II.1.2.3. Integración con la resiliencia del ecosistema*

El río San Pedro posee alta capacidad regenerativa comprobada por:

**Tabla II.1**. Integración con la resiliencia del ecosistema.

| Proceso Natural | Capacidad | Aporte del Proyecto |
|---|---|---|
| Recarga sedimentaria | 7,500 $m^3$/año | Extracción <15% (sin afectar balance) |
| Recuperación vegetal | 80% en 18 meses (UNAM-2022) | Afectación solo de especies pioneras no protegidas |
| Mantenimiento de hábitats | 12 especies acuáticas | Creación de roqueríos para desove |

La extracción regulada replica eventos naturales de remoción que históricamente mantuvieron la salud del cauce, corrigiendo alteraciones antrópicas acumuladas por décadas de extracción ilegal no controlada (identificada en varios puntos aguas arriba y aguas abajo).

### II.1.3. Selección del sitio

#### *III.1.3.1. Criterios ambientales: minimización de impactos ecosistémicos.*

La selección priorizó áreas con baja sensibilidad ecológica y alta resiliencia natural, fundamentada en:

- *Cobertura vegetal*: 78.3% de superficie desprovista de vegetación; el 21.7 % restante limitado a vegetación pionera no protegida (parches aislados de *Mimosa spp.* y ejemplares juveniles de *Salix spp.*).
- *Protección de humedales*: Distancia verificada >2 km de humedales, según el Inventario Nacional de Humedales (CONAGUA, 2020).
- *Conectividad biológica*: Ubicación fuera de corredores ribereños críticos.
- *Geomorfología estable*: Bancos alejados de zonas de derrumbes (pendientes <5%) y fuera de planicies de inundación Q=100 años.

#### *III.1.3.2. Criterios técnicos: optimización operativa y calidad de recursos.*

**Tabla II.2**. Criterios técnicos de selección del sitio.

| Parámetro | Valor | Relevancia |
|---|---|---|
| Calidad de materiales | Grava: 65% >4.75 mm. | Cumple con las normas: |

| Parámetro | Valor | Relevancia |
|---|---|---|
| | Arena: 35% (Módulo finura 2.8). | • NMX-C-554-ONNCCE-2018.<br>• NMX-C-568-ONNCCE-2020.<br>• NMX-C-554-ONNCCE-2018.<br>• NMX-C-111-ONNCCE-2018. |
| Accesibilidad | 1.3 km de terracería existente. | Elimina necesidad de nuevos caminos. |
| Hidrología operativa | Nivel freático >1.5 m en estiaje | Permite extracción en seco sin bombeo. |
| Volumen aprovechable | 57,746 m³ (densidad 1.8 t/m³) | Rentabilidad con mínimo movimiento de tierras. |

### *III.1.3.3. Criterios socioeconómicos: integración con desarrollo local.*

- *Distancia a poblados*:
  - El Tamarindo: 633 m (NE).
  - Peñas: 209 m (SO).
- *Generación de empleo*: plazas directas (80% para ejidatarios de Las Peñitas).
- *Infraestructura existente*:
  - 850 m N de subestación eléctrica.
  - 300 m SO del centro de acopio logístico.
- *Prevención de conflicto social*: Dentro del expediente de solicitud de concesión para extracción de materiales próximo a presentarse a la CONAGUA, se contempla la integración de las anuencias correspondientes del Ejido Las Peñitas.
  - Anuencia ejidal a favor del titular del proyecto para extracción de materiales del cauce del río San Pedo, Nayarit.
  - Anuencia ejidal de servidumbre de paso a favor del titular del proyecto para para actividades de extracción y acarreo de materiales.

### *III.1.3.4. Análisis comparativo de alternativas.*

Aunque no se identificaron sitios alternos dentro del cauce, se evaluó la no intervención como escenario base:

**Tabla II.3**. Análisis comparativo de alternativas

| Criterio | Sitio Propuesto | No Intervención |
|---|---|---|
| Impacto vegetación | 10,423 m² de pioneras no protegidas. | Degradación continua por extracción ilegal. |
| Riesgo hidráulico | Reducción inundaciones por retiro de sedimentos. | Aumento de azolvamientos. |
| Beneficio social | Empleos e indirectos. | Pérdida por daños a cultivos. |
| Control ambiental | Monitoreo SEMARNAT + restauración garantizada. | Explotación clandestina sin controles. |

## II.1.4. Ubicación y dimensiones del proyecto

### *II.1.4.1. Levantamiento topográfico y georreferenciación.*

Para garantizar la precisión en la delimitación del proyecto y la cuantificación del recurso, se ejecutó un levantamiento topográfico integral mediante dron DJI MATRICE 300 RTK ligado a la red geodésica activa del INEGI. Este trabajo tuvo como objetivos primarios:

- Georreferenciar con exactitud los tres bancos de sedimentos objetivo y sus áreas de influencia directa.
- Determinar la geometría, desniveles y configuración superficial de cada banco.
- Definir las poligonales cerradas que delimitan cada área de aprovechamiento propuesta.
- Generar la base cartográfica para el cálculo volumétrico de material explotable.

La metodología incluyó el trazado de perfiles longitudinales siguiendo el eje del cauce, y la realización de secciones transversales cada 20 metros a lo largo de cada banco. Estas secciones transversales son fundamentales para el cálculo preciso de volúmenes mediante el método de áreas medias o de secciones.

*Sistema de coordenadas y delimitación poligonal:* Dada la relativa proximidad de los vértices dentro de cada banco y para facilitar la operatividad en campo y el cálculo métrico directo, se optó por el sistema de coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator), Zona 13 Norte, datum México ITRF2008 época 2010.0. Este sistema garantiza la precisión requerida para proyectos de esta escala (centimétrica con el equipo y metodología empleados).

Cada banco de sedimentos está definido por una poligonal cerrada cuyos vértices o puntos de inflexión han sido georreferenciados. Las coordenadas UTM (Este, Norte) de cada vértice, con precisión al centímetro, se presentan en las tablas II.4 a la tabla II.6 del presente documento. Un plano topográfico actualizado, derivado de este levantamiento, acompaña esta Manifestación. En dicho plano se detallan:

- Las tres poligonales principales de los bancos de extracción.
- La ubicación de los accesos.
- Las colindancias relevantes (límites del cauce, terrenos ejidales adyacentes, hito de distancia de separación de la infraestructura cercana (puente San Pedro).
- La topografía del área mediante curvas de nivel.
- Recuadros adjuntos a cada poligonal listando las coordenadas UTM de todos sus vértices.

**Tabla II.4**. Coordenadas UTM de la poligonal específica con clave BS-01 del sitio del proyecto.

| Vértice | Coordenadas UTM | | Vértice | Coordenadas UTM | | Vértice | Coordenadas UTM | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No. - | Este (X) | Norte (Y) | No. - | Este (X) | Norte (Y) | No. - | Este (X) | Norte (Y) |
| 1 | 475718.77 | 2427759.60 | 6 | 475767.52 | 2427632.62 | 11 | 475735.78 | 2427565.47 |
| 2 | 475725.66 | 2427760.18 | 7 | 475797.80 | 2427535.29 | 12 | 475721.44 | 2427614.87 |
| 3 | 475733.44 | 2427698.01 | 8 | 475804.13 | 2427497.89 | 13 | 475698.86 | 2427642.63 |
| 4 | 475733.44 | 2427698.01 | 9 | 475793.28 | 2427495.65 | 14 | 475700.28 | 2427721.59 |
| 5 | 475750.00 | 2427660.68 | 10 | 475764.72 | 2427526.09 | | | |
| **A= 10,666.2564 m²** | | | | | | **S= 593.5069 m** | | |

Fuente: Rocha Rodríguez, J.M. & Echegaray Delgado, J.D. (2025). Proyecto topográfico y de extracción. Imperio Ingeniería, S. A. de C. V.

**Tabla II.5**. Coordenadas UTM de la poligonal específica con clave BS-02 del sitio del proyecto.

| Vértice No. - | Coordenadas UTM Este (X) | Norte (Y) | No. - | Coordenadas UTM Este (X) | Norte (Y) | Vértice No. - | Coordenadas UTM Este (X) | Norte (Y) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 475928.71 | 2427419.40 | 8 | 476354.77 | 2427145.33 | 15 | 475982.21 | 2427271.21 |
| 2 | 475981.74 | 2427335.75 | 9 | 476485.54 | 2427130.33 | 16 | 475929.87 | 2427326.12 |
| 3 | 476076.79 | 2427241.68 | 10 | 476484.07 | 2427125.33 | 17 | 475907.79 | 2427393.28 |
| 4 | 476109.80 | 2427218.97 | 11 | 476410.91 | 2427120.10 | 18 | 475891.80 | 2427436.26 |
| 5 | 476155.59 | 2427191.63 | 12 | 476293.67 | 2427122.90 | 19 | 475868.97 | 2427500.75 |
| 6 | 476200.20 | 2427178.31 | 13 | 476149.53 | 2427178.58 | 20 | 475873.67 | 2427505.35 |
| 7 | 476300.63 | 2427150.91 | 14 | 476062.07 | 2427223.05 | | | |
| **A= 19,769.6773 m²** | | | | | | **S= 1,574.0687 m** | | |

Fuente: Rocha Rodríguez, J.M. & Echegaray Delgado, J.D. (2025). Proyecto topográfico y de extracción. Imperio Ingeniería, S. A. de C. V.

**Tabla II.6**. Coordenadas UTM de la poligonal específica con clave BS-03 del sitio del proyecto.

| Vértice No. - | Coordenadas UTM Este (X) | Norte (Y) | Vértice No. - | Coordenadas UTM Este (X) | Norte (Y) | Vértice No. - | Coordenadas UTM Este (X) | Norte (Y) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 476713.86 | 2427097.79 | 6 | 476975.73 | 2427228.28 | 11 | 476738.14 | 2427134.71 |
| 2 | 476762.53 | 2427092.67 | 7 | 476928.57 | 2427227.87 | 12 | 476689.31 | 2427125.05 |
| 3 | 476858.77 | 2427113.94 | 8 | 476852.96 | 2427187.63 | 13 | 476670.64 | 2427113.79 |
| 4 | 476956.00 | 2427145.28 | 9 | 476855.49 | 2427168.82 | 14 | 476670.64 | 2427108.57 |
| 5 | 476975.73 | 2427147.90 | 10 | 476822.19 | 2427154.82 | | | |
| **A= 17,609.8064 m²** | | | | | | **S= 745.6172 m** | | |

Fuente: Rocha Rodríguez, J.M. & Echegaray Delgado, J.D. (2025). Proyecto topográfico y de extracción. Imperio Ingeniería, S. A. de C. V.

*Ruta de acceso al sitio del proyecto*: El acceso principal al área de los bancos de sedimentos se origina en la localidad de El Chalán, conectando con la Carretera Federal No. 15 (Tepic-Mazatlán). Se transita por un camino de terracería existente, de 1269.45 metros de longitud, que se desarrolla íntegramente dentro del polígono del ejido Las Peñitas, municipio de Ruíz, Nayarit. Este vial, actualmente transitable por vehículos ligeros y de carga durante la mayor parte del año, atraviesa un mosaico de usos de suelo característico de la zona: (i) áreas agrícolas de riego, (ii) zonas con evidencias de aprovechamientos previos de materiales pétreos, (iii) fragmentos de vegetación riparia asociada al cauce del Río San Pedro, y (iv) manchones de vegetación secundaria derivada de selva subcaducifolia. Durante la fase operativa del proyecto, este camino será utilizado como acceso principal, requiriéndose únicamente mantenimiento periódico (nivelación y compactación) para asegurar su transitabilidad y minimizar la generación de polvo. Se implementarán medidas específicas de control de emisiones fugitivas (riego con agua) durante su uso intensivo. La ruta evita áreas de vegetación primaria o de mayor sensibilidad ecológica.

**Tabla II.7**. Cuadro de coordenadas UTM de la ruta de acceso al sitio del proyecto.

| Vértice No. - | Coordenadas UTM Este (X) | Norte (Y) | Vértice No. - | Coordenadas UTM Este (X) | Norte (Y) | Vértice No. - | Coordenadas UTM Este (X) | Norte (Y) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 475992.33 | 2427344.70 | 21 | 476373.59 | 2427354.40 | 41 | 476748.60 | 2427436.89 |
| 2 | 476004.15 | 2427357.27 | 22 | 476388.65 | 2427370.22 | 42 | 476778.48 | 2427445.30 |
| 3 | 476055.93 | 2427405.30 | 23 | 476393.81 | 2427374.38 | 43 | 476814.78 | 2427457.46 |
| 4 | 476073.91 | 2427423.62 | 24 | 476399.97 | 2427376.88 | 44 | 476857.15 | 2427471.69 |
| 5 | 476082.57 | 2427434.81 | 25 | 476410.38 | 2427379.71 | 45 | 476880.96 | 2427478.77 |
| 6 | 476089.14 | 2427438.81 | 26 | 476428.69 | 2427384.12 | 46 | 476907.51 | 2427486.34 |
| 7 | 476095.38 | 2427438.23 | 27 | 476443.26 | 2427386.78 | 47 | 476922.99 | 2427491.75 |

| Vértice No. - | Coordenadas UTM Este (X) | Norte (Y) | Vértice No. - | Coordenadas UTM Este (X) | Norte (Y) | Vértice No. - | Coordenadas UTM Este (X) | Norte (Y) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 476103.79 | 2427434.31 | 28 | 476457.41 | 2427388.53 | 48 | 476934.23 | 2427495.50 |
| 9 | 476113.03 | 2427429.74 | 29 | 476472.73 | 2427389.86 | 49 | 476945.22 | 2427498.49 |
| 10 | 476132.34 | 2427420.91 | 30 | 476487.05 | 2427390.11 | 50 | 476954.71 | 2427501.91 |
| 11 | 476153.16 | 2427410.42 | 31 | 476504.69 | 2427389.53 | 51 | 476969.19 | 2427505.90 |
| 12 | 476176.21 | 2427400.85 | 32 | 476525.50 | 2427389.61 | 52 | 477002.91 | 2427515.89 |
| 13 | 476184.87 | 2427397.02 | 33 | 476538.41 | 2427391.03 | 53 | 477035.37 | 2427525.88 |
| 14 | 476211.76 | 2427385.45 | 34 | 476567.21 | 2427395.19 | 54 | 477086.98 | 2427542.61 |
| 15 | 476254.05 | 2427365.39 | 35 | 476583.19 | 2427397.02 | 55 | 477122.78 | 2427553.89 |
| 16 | 476307.49 | 2427339.33 | 36 | 476609.08 | 2427399.02 | 56 | 477135.51 | 2427558.56 |
| 17 | 476339.54 | 2427328.43 | 37 | 476627.15 | 2427400.52 | 57 | 477143.34 | 2427564.22 |
| 18 | 476345.12 | 2427329.09 | 38 | 476641.38 | 2427403.76 | 58 | 477150.17 | 2427569.63 |
| 19 | 476350.86 | 2427331.42 | 39 | 476680.75 | 2427415.17 | | | |
| 20 | 476362.93 | 2427343.25 | 40 | 476726.79 | 2427430.15 | | | |
| | | | | **L= 1269.45 m** | | | | |

Fuente: González Gómez, D.I. (2025). Elaboración propia a partir de trabajo de campo e imágenes aéreas cortesía del sistema satelital de Google Earth de la empresa pública Google LLC. Especialistas en Calidad Ambiental y Laboral, S. A. de C. V.

La representación gráfica local se muestra en el apartado II.2.3.

### *II.1.4.2. Ubicación física del proyecto.*

*Localización geográfica y contexto fluvial:*

El proyecto se localiza en el cauce del río San Pedro, específicamente 220 metros aguas abajo del puente homónimo, en el estado de Nayarit. La posición geográfica del acceso principal al área de operaciones queda definida por las siguientes coordenadas UTM (Sistema de Referencia México ITRF2008 / Zona 13N, EPSG:6368): X = 475,981.74 m E, Y = 2,427,335.75 m N.

Esta ubicación sitúa las actividades de aprovechamiento de materiales pétreos dentro del dominio hidráulico del río San Pedro, proporcionando una referencia espacial precisa para la delimitación del área de intervención.

*Distribución municipal:*

Los bancos de sedimentos se extienden transversalmente al cauce principal, abarcando territorios de tres municipios nayaritas:

- Ruíz: Contiene el 58.5% de la superficie total (sector oriental).
- Rosamorada: Alberga el 20.9% de la superficie (sector central-norte).
- Tuxpan: Comprende el 20.6% restante (sector occidental).

*Tenencia de la tierra:*

La propiedad del área se distribuye de la siguiente forma:

- Ejido Las Peñitas: Ocupa el 52.5% de la superficie total (predominantemente en los sectores central y oriental).
- Bienes nacionales (Área no adjudicada): Corresponde al 47.5% restante (sector occidental), colindando al:
    - Oeste: con terrenos del ejido Coamiles (municipio de Tuxpan).
    - Noreste: con terrenos del ejido El Tamarindo (municipio de Rosamorada).

*Representación gráfica local y regional:*

La representación gráfica local del sitio del proyecto se presenta en el apartado II.2.3. La escala local favorece la observación del conjunto del proyecto que por sus efectos ambientales requieren mayor detalle.

La representación gráfica de la localización geográfica del sitio del proyecto, en el contexto de la región en que se encuentra se muestra en el apartado II.2.4. Los mapas referidos presentan las características de ubicación del proyecto, las localidades próximas, rasgos fisiográficos e hidrológicos sobresalientes y próximos, vías de comunicación y otros rasgos que permiten su ubicación.

*Fenómenos naturales:*

El análisis del área de estudio referente al riesgo por fenómenos naturales, tanto de origen geológico como de origen meteorológico se muestran en el apartado IV.2 de la MIA-P.

### *II.1.4.3. Dimensiones del proyecto.*

#### II.1.4.3.1. Superficie total del predio (en m²).

La superficie total del predio destinado al proyecto de aprovechamiento de materiales pétreos comprende **62,119.7431 m²**. Esta área neta se estructura en dos componentes principales con funciones diferenciadas: los **Bancos de Sedimentos** (zonas de extracción directa) y las **Franjas de Amortiguamiento** (zonas de protección y compensación), cuyas áreas específicas se detallan a continuación.

**Tabla II.8**. Resumen general de áreas del proyecto.

| Clave | Nombre | Área (m²) | Porcentaje |
|---|---|---|---|
| BS | Bancos de sedimentos | 48,045.7401 | 77.3 |
| FA | Franjas de amortiguamiento | 14,074.0030 | 22.7 |
| | **Total** | **62,119.7431** | **100.0** |

Fuente: Rocha Rodríguez, J.M. & Echegaray Delgado, J.D. (2025). Proyecto topográfico y de extracción. Imperio Ingeniería, S. A. de C. V.

Los Bancos de Sedimentos, que constituyen las áreas de intervención directa para la extracción de material, abarcan un total de **48,045.7401 m² (77.3% de la superficie neta total)**. Esta área se distribuye en tres sectores operativos: el Banco de Sedimentos 01 ocupa 10,666.2564 m² (22.2% del área de bancos), el Banco de Sedimentos 02 abarca 19,769.6773 m² (41.1%), y el Banco de Sedimentos 03 comprende 17,609.8064m² (36.7%).

**Tabla II.9**. Resumen de áreas de los bancos de sedimentos.

| Clave | Nombre | Área (m²) | Porcentaje |
|---|---|---|---|
| BS-01 | Banco de sedimentos 01 | 10,666.2564 | 22.2 |
| BS-02 | Banco de sedimentos 02 | 19,769.6773 | 41.1 |
| BS-03 | Banco de sedimentos 03 | 17,609.8064 | 36.7 |
| | **Total** | **48,045.7401** | **100.0** |

Fuente: Rocha Rodríguez, J.M. & Echegaray Delgado, J.D. (2025). Proyecto topográfico y de extracción. Imperio Ingeniería, S. A. de C. V.

Complementariamente, se establecen Franjas de Amortiguamiento con una superficie total de **14,074.0030 m² (22.7% de la superficie neta total)**. Estas franjas, ubicadas adyacentes a los márgenes del río San Pedro, tienen como función primordial la protección de los taludes fluviales y servirán como áreas base para la implementación de medidas de compensación ambiental. La distribución de estas franjas es la siguiente: Franja de Amortiguamiento 01 (3015.1429 m², 21.4% del área de franjas), Franja de Amortiguamiento 02 (7541.2545 m², 53.6%), y Franja de Amortiguamiento 03 (3517.6056 m², 25.5%).

**Tabla II.10**. Resumen de áreas de las franjas de amortiguamiento.

| Clave | Nombre | Área (m²) | Porcentaje |
|---|---|---|---|
| FA-01 | Franja de amortiguamiento 01 | 3015.1429 | 21.4 |
| FA-02 | Franja de amortiguamiento 02 | 7541.2545 | 53.6 |
| FA-03 | Franja de amortiguamiento 03 | 3517.6056 | 25.5 |
| | **Total** | **14,074.0030** | **100.0** |

Fuente: Rocha Rodríguez, J.M. & Echegaray Delgado, J.D. (2025). Proyecto topográfico y de extracción. Imperio Ingeniería, S. A. de C. V.

La integración de estos componentes (Bancos de Sedimentos + Franjas de Amortiguamiento) configura la superficie neta total del predio destinado al proyecto, ascendente a **62,119.7431 m²**, garantizando que las actividades extractivas se desarrollen dentro de un marco espacial delimitado y con zonas dedicadas específicamente a la mitigación de impactos.

### II.1.4.3.2. Superficie por afectar (en m²) con respecto a la cobertura vegetal del área del proyecto, por tipo de comunidad vegetal existente en el predio.

La actividad de extracción de materiales pétreos en los bancos de sedimentos requerirá el despeje y desbroce de la cobertura vegetal existente. Esta intervención afectará exclusivamente a las comunidades de *Mimosa* spp. (Leguminosae) y ejemplares juveniles aislados de *Salix spp*., únicas especies identificadas en el área del proyecto, las cuales se desarrollan de forma pionera sobre los sedimentos aluviales del cauce activo del río San Pedro.

La superficie total por afectar asciende a **10,423.81 m² (21.7% del área total del proyecto)**, distribuidos de forma heterogénea entre los tres bancos de sedimentos. Esta área corresponde íntegramente a la cobertura vegetal identificada, siendo su remoción necesaria para habilitar las zonas de operación.

La tabla II.11 detalla la distribución espacial de esta intervención. El banco de sedimentos 03 concentra la mayor proporción (16.7% del área total), seguido por los bancos 01 (2.8%) y 02 (2.2%), evidenciando variaciones significativas en la densidad vegetal entre unidades.

**Tabla II.11**. Resumen de superficies por afectar con respecto a la cobertura vegetal existente.

| Clave | Zona | Clave | Vegetación o Uso de suelo | Área (m2) | Porcentaje |
|---|---|---|---|---|---|
| BS-01 | Banco de sedimentos 01 | EM | Especies del género Mimosa (*Leguminosae*) | 1,330.95 | 2.8 |
| BS-02 | Banco de sedimentos 02 | EM | Especies del género Mimosa (*Leguminosae*) | 1,065.11 | 2.2 |
| BS-03 | Banco de sedimentos 03 | EM | Especies del género Mimosa (*Leguminosae*) | 8,027.75 | 16.7 |
| | | | **Total** | **10,423.81** | **21.7** |

Fuente: González Gómez, D.I. (2025). Plano detallado del polígono de intervención – Vegetación y usos del suelo [local]. Especialistas en Calidad Ambiental y Laboral, S. A. de C. V.



**Figura II.1**. Áreas con cobertura vegetal ruderal pionera dominada por especies del género *Mimosa spp.* (Leguminosae).

Fuente: González Gómez, D.I. (26/04/2025). Fotografía tomada con Poco F4 GT. Especialistas en Calidad Ambiental y Laboral, S. A. de C. V.

#### II.1.4.3.3. Superficie (en m²) para obras permanentes.

El proyecto de extracción de materiales pétreos en el cauce del río San Pedro *no contempla la construcción de obras permanentes* en ninguna de sus fases. Las actividades se limitarán a operaciones de desbroce, extracción y transporte de sedimentos, ejecutadas con maquinaria móvil sin modificación estructural del terreno.

Esta característica responde a:

- La naturaleza dinámica del cauce (sujeto a cambios morfológicos anuales por crecidas),
- La estrategia de *extracción puntual y temporal* que evita infraestructuras fijas,
- El compromiso de restitución natural del sitio mediante la *reconfiguración pasiva del lecho* por el flujo fluvial post-operación.

En consecuencia, **la superficie destinada a obras permanentes es 0 m² (0% del área total)**. Toda intervención será reversible, garantizando que el cauce mantenga su funcionalidad hidrológica y su capacidad de regeneración natural.

## II.1.5. Inversión requerida

### *II.1.5.1. Capital total requerido.*

La inversión total estimada asciende a **$395,890 (trecientos noventa y cinco mil ochocientos noventa 00/100 M.N.)**, distribuidos en costos operativos directos ($359,900) e imprevistos (10%). Este monto excluye el capital inmobilizado en equipos propiedad de la promovente, los cuales garantizan la operación sin erogaciones adicionales. Los componentes detallados incluyen: mano de obra local, combustibles, mantenimiento preventivo, medidas de mitigación ambiental, y trámites regulatorios ante CONAGUA.

#### II.1.5.1.1. Contexto operativo y premisas clave.

1. **Equipamiento existente:**
   - La promovente cuenta con maquinaria operativa:
     - 2 camiones volteo (7 m³, International)
     - 1 camión volteo (14 m³, International)
     - 1 retroexcavadora (310E, John Deere)
     - 1 excavadora (CX240, Case)
   - **Implicación financiera**: Elimina costos de adquisición (≈$3.5-4 MDP según valores de mercado usados).

2. **Recuperación pasiva del cauce:**
   - La dinámica natural del río San Pedro (crecidas anuales) restituirá la morfología fluvial post-extracción, eliminando costos de remediación activa.

#### II.1.5.1.2. Análisis de precios unitarios

**Tabla II.12**. Análisis de precios unitarios.

| Concepto | Unidad | Cantidad | Costo Unitario (MXN) | Total (MXN) | Justificación |
|---|---|---|---|---|---|
| Mano de obra (jornales) | jornal | 180 | $280.00 | $50,400 | Salario local para ayudantes de operación |
| Combustible (diésel) | litro | 3,600 | $22.50 | $81,000 | Consumo estimado: 20 L/h × 6h/día × 30 días |
| Mantenimiento equipos | global | - | - | $45,000 | Lubricantes, filtros y reparaciones menores (≈5% valor equipo) |
| Gestión ambiental | global | - | - | $38,500 | Monitoreo ambiental + señalización preventiva |
| Trámites y permisos | global | - | - | $145,000 | Autorización SEMARNAT + Concesión CONAGUA + asesoría legal |
| Imprevistos (10%) | global | - | - | $35,990 | Sobre subtotal $240,000 |
| **Inversión total** | | | | **$395,890** | |

Nota: Costos basados en tarifas vigentes en Nayarit (2025). No incluye depreciación de equipos propios.

### *II.1.5.2. Periodo de recuperación del capital.*

Considerando una producción inicial estimada de 15,000 m³ de material pétreo y un valor de mercado promedio de $120/m³ en la región, el ingreso bruto proyectado será de **$1,800,000**. La recuperación del capital invertido se prevé en **menos de dos meses** de operación efectiva, sustentada en bajos costos variables y la disponibilidad inmediata de equipos.

### *II.1.5.3. Costos para medidas de prevención y mitigación*

Se destinarán **$38,500** a medidas ambientales, focalizadas en:

- Monitoreo de profundidades pre/post-extracción ($15,000).
- Señalización perimetral anti-intrusión ($8,500).
- Control de emisiones sonoras y particuladas ($10,000).
- Contingentes para restauración pasiva ($5,000).
  - *Fundamento técnico-económico*: La dinámica fluvial del río San Pedro –validada en estudios previos– asumirá la restitución geomorfológica sin costos adicionales.

El costo ambiental se traduce en la remoción temporal de 10,423.81 m² de vegetación riparia pionera (*Mimosa spp.*), cuya recolonización natural ocurrirá en 2-3 ciclos de lluvias. La reparación del cauce será autónoma mediante:

- Reconfiguración aluvial durante crecidas (Q ≥ 250 m³/s).
- Sedimentación natural de barras post-intervención.
- Prohibición expresa de modificaciones estructurales al cauce, evitando costos de remediación activa.

## II.1.6. Uso actual del suelo del sitio del proyecto y terrenos colindantes

Este apartado es resultado consecuente de lo señalado en el apartado IV.2.2.1; se recomienda analizar dicho apartado primero.

El sitio del proyecto, conformado por tres bancos de sedimentos específicos, se localiza íntegramente dentro del cauce activo del río San Pedro. El área total de estos bancos suma 48,045.74 metros cuadrados. Esta ubicación fluvial es determinante para comprender la naturaleza dinámica y transitoria de los usos del suelo y la cobertura observada.

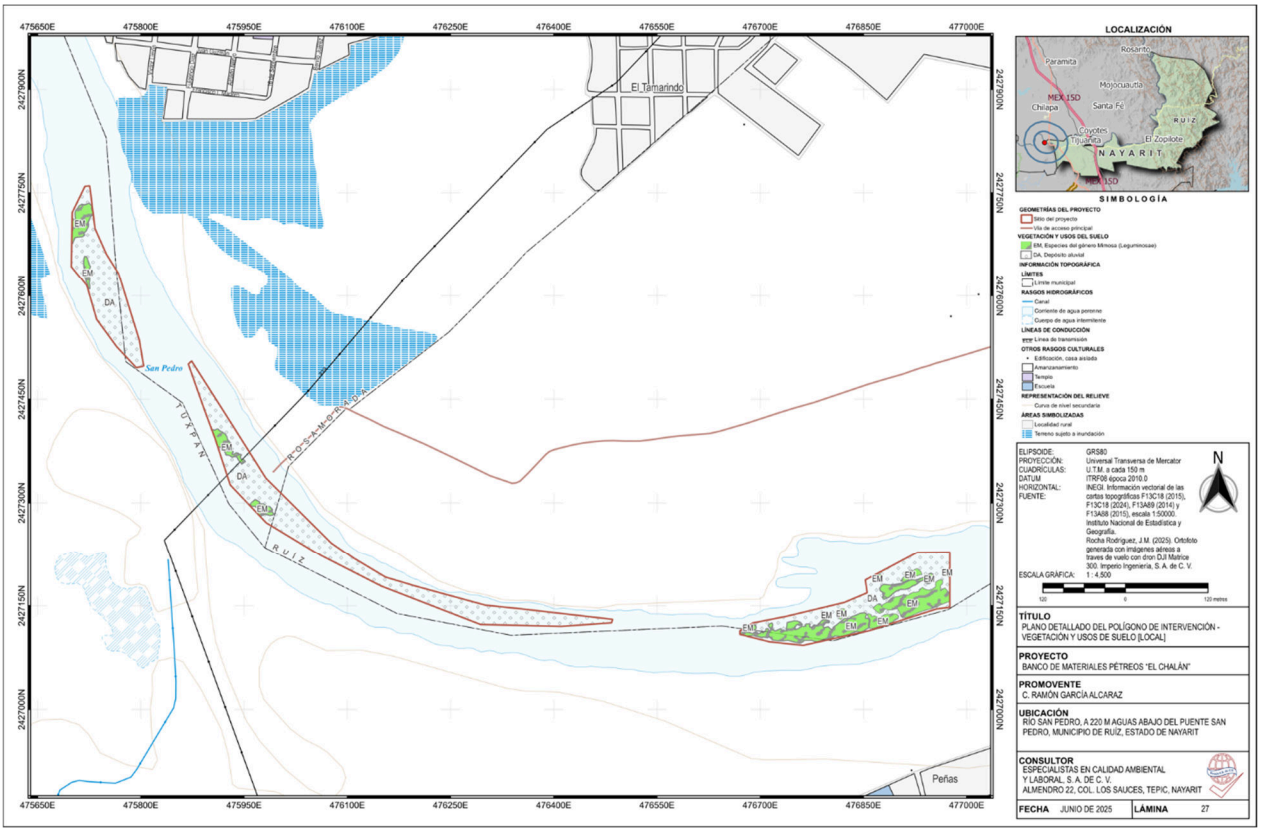



**Lámina II.1**. Vegetación y usos de suelo de los tres bancos de sedimentos que conforman el sitio del proyecto.

Fuente: González Gómez, D.I. (2025). Plano detallado del polígono de intervención – Vegetación y usos del suelo [local]. Especialistas en Calidad Ambiental y Laboral, S. A. de C. V.

Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

El uso actual del suelo dentro de los bancos de sedimentos se caracteriza por una composición binaria, resultado directo de los procesos hidrosedimentarios del río. La superficie se distribuye entre áreas con cobertura vegetal ruderal pionera y espacios libres de vegetación asociados a los depósitos aluviales recientes. Específicamente, el 21.7% del área total (10,426.53 m²) presenta vegetación dominada por especies del género Mimosa (*Leguminosae*) y especies juveniles aisladas de *Salix spp*, adaptadas a estas condiciones inestables. El 78.3% restante (37,619.21 m²) corresponde a superficies desprovistas de vegetación, constituidas por los sedimentos aluviales expuestos (arena, grava, limo) depositados durante las crecientes del río.

Es crucial destacar que tanto la vegetación presente (*Mimosa spp*. y *Salix spp*.) como los depósitos aluviales desnudos que conforman el uso actual del suelo en estos bancos, no son elementos estáticos. Forman parte integral de la dinámica natural del ecosistema fluvial del río San Pedro. Anualmente, durante la temporada de lluvias e intensas crecidas, estos materiales (sedimentos, detritos leñosos y la vegetación establecida) son movilizados y transportados aguas abajo por la fuerza de la corriente. Este proceso continuo de erosión, transporte y deposición redefine constantemente la morfología del cauce y, por consiguiente, la distribución y composición de los usos del suelo observados en estos bancos de sedimentos. Por tanto, el 'uso actual' descrito representa una instantánea dentro de un ciclo hidrológico y geomorfológico activo.

La tabla II.13 detalla la composición específica, tanto en área absoluta (m²) como en porcentaje relativo (%), de la cobertura vegetal (Mimosa) y las áreas de sedimento desnudo para cada uno de los tres bancos de sedimentos individuales que conforman el sitio del proyecto.

**Tabla II.13**. Distribución de superficies conforme los tipos de vegetación o usos de suelo de los bancos de sedimentos.

| Clave | Zona | Clave | Vegetación o uso de suelo | Área (m²) | Porcentaje |
|---|---|---|---|---|---|
| BS-01 | Banco de sedimentos 01 | EM | Especies del género Mimosa (*Leguminosae*) | 1,330.95 | 2.8 |
| | | DA | Depósito aluvial | 9,335.31 | 19.4 |
| | | | *Subtotal* | *10,666.26* | *22.2* |
| BS-02 | Banco de sedimentos 02 | EM | Especies del género Mimosa (*Leguminosae*) | 1,065.11 | 2.2 |
| | | DA | Depósito aluvial | 18,704.56 | 38.9 |
| | | | *Subtotal* | *19,769.67* | *41.1* |
| BS-03 | Banco de sedimentos 03 | EM | Especies del género Mimosa (*Leguminosae*) | 8,027.75 | 16.7 |
| | | DA | Depósito aluvial | 9,582.06 | 19.9 |
| | | | *Subtotal* | *17,609.81* | *36.7* |
| | | | **Total** | **48,045.74** | **100.0** |

Fuente: González Gómez, D.I. (2025). Plano detallado del polígono de intervención – Vegetación y usos del suelo [local]. Especialistas en Calidad Ambiental y Laboral, S. A. de C. V.

## II.1.7. Urbanización del área y descripción de servicios requeridos

### *II.1.7.1. Descripción de servicios existentes del área.*

El presente apartado hace referencia al subsistema poblamiento, en especial a las infraestructuras y servicios requeridos por la población y sus actividades económicas en un espacio territorial determinado. Lo anterior, corresponde a aspectos desde la infraestructura viaria y no viaria, hasta las cuestiones de equipamiento y servicios sociales.



**Figura II.2**. Vista aérea del banco de sedimentos 01 [105° 14' 1.25 W", 21°57' 3.21" N, 59.30 m.s.n.m.].

Fuente: González Gómez, D.I. (17/05/2025). Fotografía aérea tomada con dron DJI Air 3. Especialistas en Calidad Ambiental y Laboral, S. A. de C. V.



**Figura II.3**. Vista aérea de una fracción del banco de sedimentos 02 [105° 14' 1.67" W, 21°57' 5.76" N, 124.33 m.s.n.m.].

Fuente: Rocha Rodríguez, J. (26/04/2025). Fotografía aérea tomada con dron DJI Matrice 300. Imperio Ingeniería, S. A. de C. V.



**Figura II.4**. Vista aérea del banco de sedimentos 03 [105° 13' 17.93" W, 21°56' 55.73" N, 69.80 m.s.n.m.].

Fuente: González Gómez, D.I. (17/05/2025). Fotografía aérea tomada con dron DJI Air 3. Especialistas en Calidad Ambiental y Laboral, S. A. de C. V.

El proyecto se localiza en el cauce del río San Pedro, dentro de un entorno rural dedicado a agricultura de riego, sin núcleos urbanos en su zona inmediata. Esta condición determina la ausencia de servicios básicos *in situ* y la dependencia de infraestructuras periféricas para su operación.

El acceso al sitio se sustenta en:

- **Vías primarias**: Carretera Federal 15 (Tepic-Mazatlán, límite este) y Carretera Federal Peñitas-Tuxpan (límite sur).
- **Vías secundarias**: Caminos de terracería del ejido Las Peñitas, que conectan con las federales y servirán como acceso directo al proyecto.
- *No existen* autopistas, vías férreas u otra infraestructura de transporte relevante en el radio de acción directo."

El cauce carece totalmente de servicios urbanos:

- **Energía eléctrica**: Solo existe una línea de transmisión de alta tensión (CFE) que cruza el banco de sedimentos 02, pero no habrá conexión al proyecto.
- **Agua/saneamiento**: Ausentes en el sitio; disponibles solo en las localidades de El Tamarindo y Peñas (≥200 m).
- **Comunicaciones**: Cobertura móvil limitada, sin fibra óptica ni infraestructura digital en el área operativa.

Los servicios sociales se concentran en las localidades aledañas:

- Transporte público intercomunitario.

- Alumbrado público y gestión básica de residuos.
- Puestos de salud y seguridad pública municipal.
- *Nota*: Estos servicios no estarán disponibles para las operaciones del proyecto."

Siguiendo el conjunto de factores ambientales determinados para el medio "infraestructuras y servicios" del subsistema "poblamiento", según Gómez (2013), se determina que el área de influencia presenta un nivel de urbanización del 52.6%.

### *II.1.7.3. Descripción de servicios requeridos.*

#### II.1.7.3.1. Enfoque de autosuficiencia operativa.

Dada la ausencia de infraestructura urbana en el cauce del río San Pedro, el proyecto operará bajo un esquema de autosuficiencia controlada. Todos los servicios requeridos serán provistos mediante sistemas móviles o temporales, garantizando cero conexiones a redes públicas y minimizando la huella de instalaciones

#### II.1.7.3.2. Servicios críticos y soluciones implementadas

**a) Vías de acceso.**
- El acceso principal se originará en la localidad de El Chalán, conectando con la Carretera Federal No. 15 (Tepic-Mazatlán). Se transitaría por un camino de terracería existente, de **1269.45 m de longitud**, que se desarrolla íntegramente dentro del polígono del ejido Las Peñitas, Ruíz, Nayarit.

**b) Energía.**
- La totalidad de la demanda energética será cubierta con los sistemas de combustión interna de la maquinaria (diésel). *No se requerirá* conexión a la red eléctrica, incluyendo la línea de CFE adyacente al banco 02."

**c) Abastecimiento hídrico.**
- El agua para consumo humano (personal operativo) será suministrada mediante **tanques estacionarios rellenados externamente** (capacidad: 1,000 L). *No se utilizarán* fuentes fluviales ni pozos locales.

**d) Gestión de residuos.**
- Se implementará un sistema de **recolección diferenciada y transporte externo**:
  i. Residuos peligrosos (aceites, grasas): contenedores herméticos con retiro certificado.
  ii. Residuos sólidos urbanos: contenedores sellados para disposición municipal.

**e) Comunicaciones.**
- La operación dependerá de **radios UHF/VHF** y telefonía satelital de respaldo, sin requerir infraestructura fija de telecomunicaciones.

# II.2. Características particulares del proyecto

## II.2.1. Especificaciones técnicas del proyecto

### *II.2.1.1. Configuración general del proyecto*

El proyecto de aprovechamiento de materiales pétreos en el río San Pedro comprende tres bancos de sedimentos aluviales con una superficie total de **48,045.74 m²** y un volumen extractivo total proyectado de **57,746.92 m³**. Como se detalla en el plano de planta general (Lamina II.2 y Lámina II.3), la configuración espacial incluye:

- Poligonales georreferenciadas de cada banco con vértices en UTM Zona 13N (ITRF2008).
- Ejes centrales y cadenamientos cada 20 m con puntos de control topográfico.
- Franjas de amortiguamiento de 10 m de ancho adyacentes al cauce activo.
- Vías de acceso existentes y usos de suelo colindantes.
- Cuadro de construcción por banco con coordenadas y superficies.

**Tabla II.14**. Configuración general del proyecto.

| Banco | Polígono | Superficie (m²) | Volumen (m³) | Secciones |
|---|---|---|---|---|
| 01 | 03 | 10,666.26 | 11,921.47 | 8 |
| 02 | 02 | 19,769.68 | 22,274.45 | 21 |
| 03 | 01 | 17,609.81 | 23,551.00 | 8 |
| **Total** | | **48,045.74** | **57,746.92** | |

Fuente: Rocha Rodríguez, J.M. & Echegaray Delgado, J.D. (2025). Proyecto topográfico y de extracción. Imperio Ingeniería, S. A. de C. V.

### *II.2.1.2. Diseño técnico por banco de sedimentos.*

#### II.2.1.2.1. Banco 01 (Polígono 03).

Como se visualiza en el perfil longitudinal (Lámina II.4) y secciones transversales (Lámina II.5):

- *Eje central*: 279.53 m con pendientes segmentadas:
  - Tramo 1: 49.20 m (-1.99%).
  - Tramo 2: 94.08 m (+1.53%).
  - Tramo 3: 136.14 m (-0.41%).
- *Volumetría*: 8 secciones con área de corte promedio de 38.80 m² y espesor promedio de 1.26 m, con un volumen parcial promedio de 11,921.47 m³.
- *Geometría post-extracción*: Taludes estables de 1:1 (45°) y lecho conformado para facilitar escurrimientos.

#### II.2.1.2.2. Banco 02 (Polígono 02).

Según perfil longitudinal (Lámina II.6) y secciones transversales (Láminas II.7 al II.10): [...]

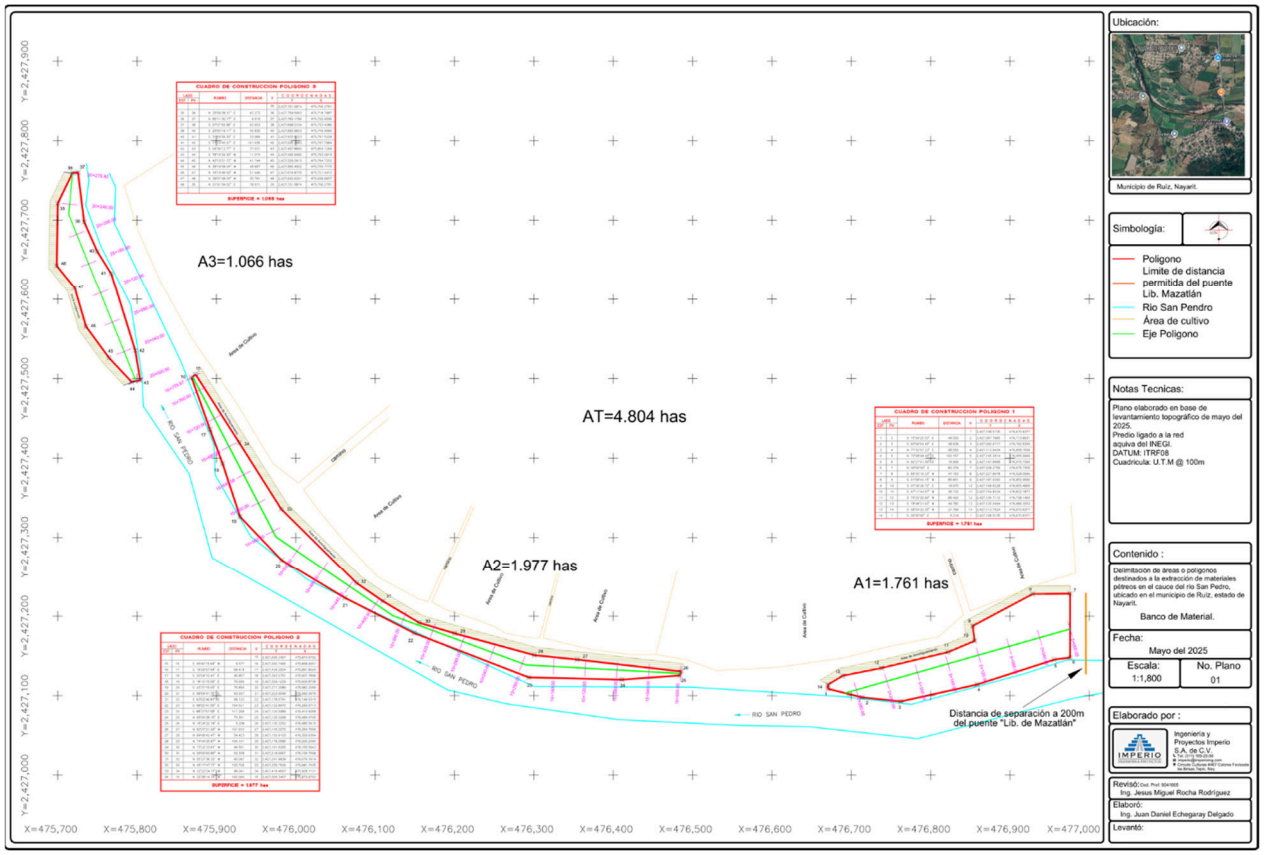



**Lámina II.2**. Delimitación de áreas destinadas a la extracción de materiales pétreos en el cauce del río San Pedro.

Fuente: Rocha Rodríguez, J.M. & Echegaray Delgado, J.D. (2025). Proyecto topográfico y de extracción. Imperio Ingeniería, S. A. de C. V.
Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

[...]

- *Eje central*: 779.18 m con pendientes segmentadas:
  - Tramo 1: 26.17 m (0.00%).
  - Tramo 2: 54.65 m (-0.07%).
  - Tramo 3: 108.08 m (+1.79%).
  - Tramo 4: 95.28 m (-0.22%).
  - Tramo 5: 240.82 m (+0.36%).
  - Tramo 6: 253.87 m (-0.10%).
- *Volumetría*: 21 secciones con área de corte promedio de 27.09 m² y espesor promedio de 1.22 m, con un volumen parcial promedio de 22,274.45 m³.
- *Geometría post-extracción*: Taludes estables de 1:1 (45°) y lecho conformado para facilitar escurrimientos.

### II.2.1.2.3. Banco 03 (Polígono 01).

Como se presenta en perfil longitudinal (Lámina II.11) y secciones transversales (Lámina II.12):

- *Eje central*: 294.83 m con pendientes segmentadas:
  - Tramo 1: 69.83 m (-0.36%).
  - Tramo 2: 224.89 m (-0.18%).
- *Volumetría*: 8 secciones con área de corte promedio de 79.98 m² y espesor promedio de 1.42 m, con un volumen parcial promedio de 23,551.00 m³.
- *Geometría post-extracción*: Taludes estables de 1:1 (45°) y lecho conformado para facilitar escurrimientos.

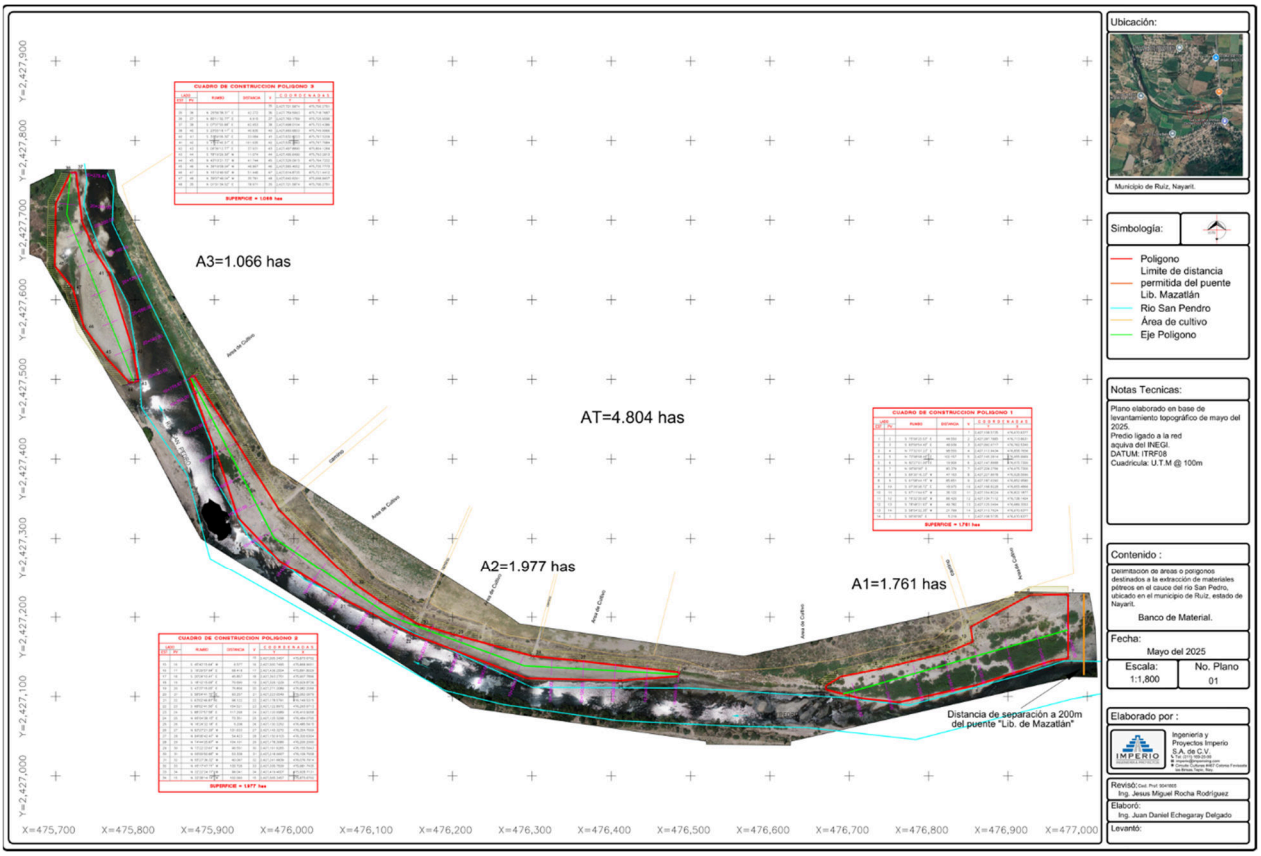



**Lámina II.3**. Delimitación de áreas destinadas a la extracción de materiales pétreos en el cauce del río San Pedro.

Fuente: Rocha Rodríguez, J.M. & Echegaray Delgado, J.D. (2025). Proyecto topográfico y de extracción. Imperio Ingeniería, S. A. de C. V.
Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

### *II.2.1.3. Cálculo volumétrico.*

El cuadro de volúmenes se muestra en la tabla II.15.

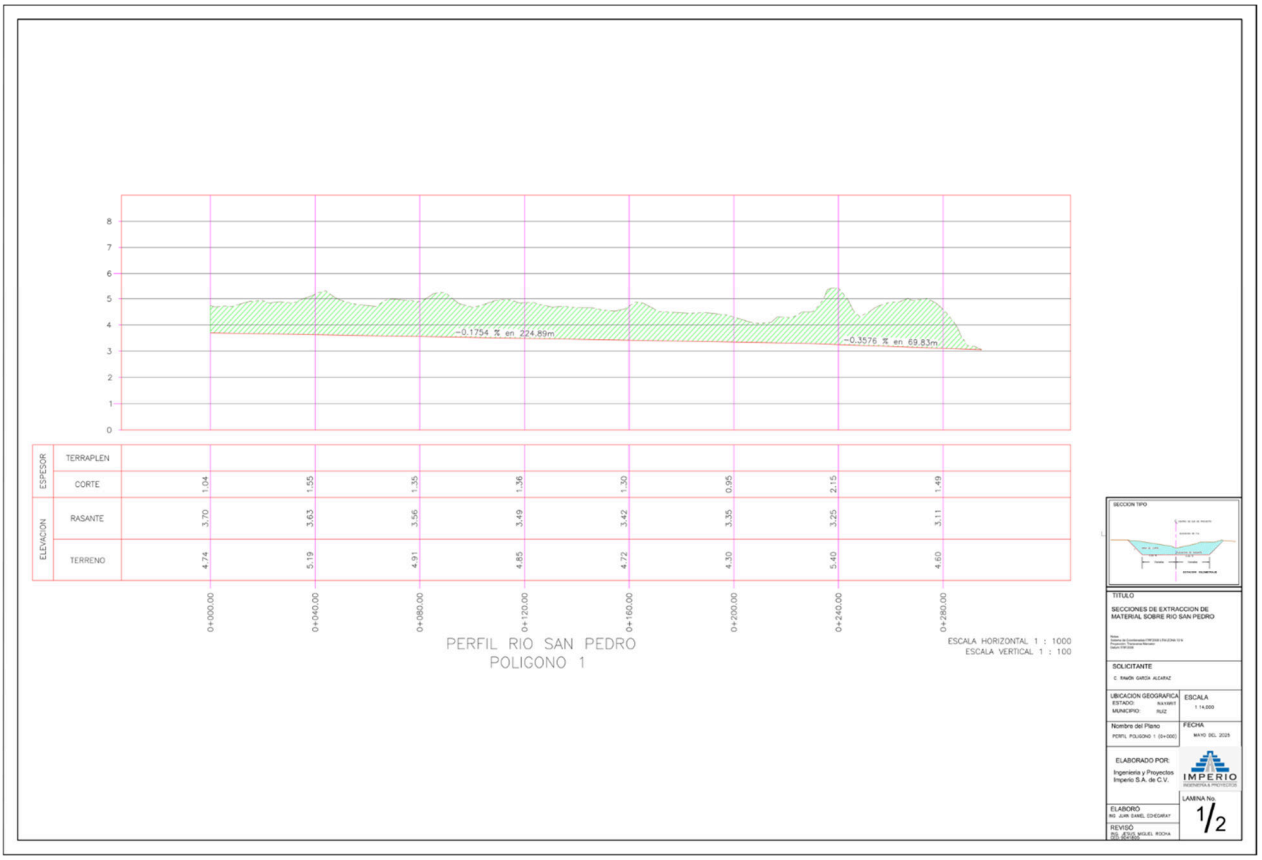



**Lámina II.4**. Perfil longitudinal del banco de sedimentos 03 en el en el cauce del río San Pedro.

Fuente: Rocha Rodríguez, J.M. & Echegaray Delgado, J.D. (2025). Proyecto topográfico y de extracción. Imperio Ingeniería, S. A. de C. V.
Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

**Tabla II.15**. Proyección de volúmenes de extracción del proyecto propuesto.

| Clave | Estación | Área de corte ($m^2$) | D/2 | Elevación | | Espesor de corte ($m^2$) | Volumen de corte ($m^3$) | Volumen acumulado ($m^3$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Terreno | Subrasante | | | |
| **Banco de sedimentos 03 (Polígono 1)** | | | | | | | | |
| **BS_03-01** | 0+000.00 | 70.50 | | 4.74 | 3.70 | 1.04 | | |
| **BS_03-02** | 0+040.00 | 138.89 | 20.00 | 5.19 | 3.63 | 1.55 | 4187.80 | 4187.80 |
| **BS_03-03** | 0+080.00 | 124.67 | 20.00 | 4.91 | 3.56 | 1.50 | 5271.20 | 9459.00 |
| **BS_03-04** | 0+120.00 | 63.85 | 20.00 | 4.85 | 3.49 | 1.36 | 3770.40 | 13229.40 |
| **BS_03-05** | 0+160.00 | 82.10 | 20.00 | 4.72 | 3.42 | 1.30 | 2919.00 | 16148.40 |
| **BS_03-06** | 0+200.00 | 66.42 | 20.00 | 4.30 | 3.35 | 0.95 | 2970.40 | 19118.80 |
| **BS_03-07** | 0+240.00 | 61.76 | 20.00 | 5.40 | 3.25 | 2.15 | 2563.60 | 21682.40 |
| **BS_03-08** | 0+280.00 | 31.67 | 20.00 | 4.60 | 3.11 | 1.49 | 1868.60 | 23551.00 |
| | | | | | | | **Total polígono 1** | **23,551.00 $m^3$** |
| **Banco de sedimentos 02 (Polígono 2)** | | | | | | | | |
| **BS_02_01** | 10+000.00 | 4.41 | | 2.94 | 1.91 | 1.03 | | |
| **BS_02_02** | 10+040.00 | 14.68 | 20.00 | 3.23 | 1.87 | 1.36 | 381.80 | 381.80 |
| **BS_02_03** | 10+080.00 | 24.40 | 20.00 | 3.29 | 1.83 | 1.46 | 781.60 | 1163.40 |
| **BS_02_04** | 10+120.00 | 27.78 | 20.00 | 3.15 | 1.79 | 1.36 | 1043.60 | 2207.00 |
| **BS_02_05** | 10+160.00 | 27.00 | 20.00 | 2.90 | 1.75 | 1.15 | 1095.60 | 3302.60 |
| **BS_02_06** | 10+200.00 | 26.08 | 20.00 | 2.69 | 1.71 | 0.98 | 1061.60 | 4364.20 |
| **BS_02_07** | 10+240.00 | 28.20 | 20.00 | 3.00 | 1.67 | 1.34 | 1085.60 | 5449.80 |

| Clave | Estación | Área de corte (m²) | D/2 | Elevación | | Espesor de corte (m²) | Volumen de corte (m³) | Volumen acumulado (m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Terreno | Subrasante | | | |
| **BS_02_08** | 10+280.00 | 24.00 | 20.00 | 3.16 | 1.74 | 1.42 | 1044.00 | 6493.80 |
| **BS_02_09** | 10+320.00 | 13.72 | 20.00 | 2.99 | 1.89 | 1.11 | 754.40 | 7248.20 |
| **BS_02_10** | 10+360.00 | 16.71 | 20.00 | 3.20 | 2.03 | 1.17 | 608.60 | 7856.80 |
| **BS_02_11** | 10+400.00 | 21.50 | 20.00 | 3.45 | 2.17 | 1.28 | 764.20 | 8621.00 |
| **BS_02_12** | 10+440.00 | 25.94 | 20.00 | 3.56 | 2.32 | 1.25 | 948.80 | 9569.80 |
| **BS_02_13** | 10+480.00 | 36.87 | 20.00 | 3.60 | 2.46 | 1.14 | 1256.20 | 10826.00 |
| **BS_02_14** | 10+520.00 | 50.90 | 20.00 | 3.60 | 2.46 | 1.14 | 1755.40 | 12581.40 |
| **BS_02_15** | 10+560.00 | 52.72 | 20.00 | 3.32 | 2.37 | 0.95 | 2072.40 | 14653.80 |
| **BS_02_16** | 10+600.00 | 56.07 | 20.00 | 3.77 | 2.48 | 1.29 | 2175.80 | 16829.60 |
| **BS_02_17** | 10+640.00 | 40.33 | 20.00 | 4.50 | 3.19 | 1.31 | 1928.00 | 18757.60 |
| **BS_02_18** | 10+680.00 | 33.83 | 20.00 | 5.26 | 3.91 | 1.35 | 1483.20 | 20240.80 |
| **BS_02_19** | 10+720.00 | 23.31 | 20.00 | 5.35 | 4.00 | 1.36 | 1142.80 | 21383.60 |
| **BS_02_20** | 10+760.00 | 11.58 | 20.00 | 4.78 | 3.65 | 1.13 | 697.80 | 22081.40 |
| **BS_02_21** | 10+778.87 | 8.88 | 9.44 | 4.58 | 3.65 | 0.94 | 193.05 | 22274.45 |
| | | | | | | | **Total polígono 2** | **22,274.45 m³** |
| | | | | **Banco de sedimentos 01 (Polígono 3)** | | | | |
| **BS_01_01** | 20+000.00 | 10.59 | | 2.41 | 1.40 | 1.02 | | |
| **BS_01_02** | 20+040.00 | 38.26 | 20.00 | 2.37 | 1.23 | 1.14 | 977.00 | 977.00 |
| **BS_01_03** | 20+080.00 | 47.81 | 20.00 | 2.05 | 1.07 | 0.98 | 1721.40 | 2698.40 |
| **BS_01_04** | 20+120.00 | 49.17 | 20.00 | 1.91 | 0.91 | 1.00 | 1939.60 | 4638.00 |
| **BS_01_05** | 20+160.00 | 72.72 | 20.00 | 2.55 | 1.21 | 1.34 | 2437.80 | 7075.80 |
| **BS_01_06** | 20+200.00 | 37.08 | 20.00 | 2.69 | 1.82 | 0.87 | 2196.00 | 9271.80 |
| **BS_01_07** | 20+240.00 | 41.46 | 20.00 | 4.07 | 2.09 | 1.98 | 1570.80 | 10842.60 |
| **BS_01_08** | 20+279.43 | 13.27 | 19.71 | 3.04 | 1.30 | 1.74 | 1078.87 | 11921.47 |
| | | | | | | | **Total polígono 3** | **11,921.47 m³** |
| | | | | | | | **Total acumulado** | **57,746.92 m³** |

Fuente: Rocha Rodríguez, J.M. & Echegaray Delgado, J.D. (2025). Proyecto topográfico y de extracción. Imperio Ingeniería, S. A. de C. V.

### *II.2.1.4. Elementos críticos de diseño.*

- Franjas de amortiguamiento:
  - 10 m paralelos al cauce activo.
  - Zonas de exclusión de extracción.
- Geometría de taludes:
  - Pendiente uniforme 1:1 (45°) en todos los bancos.
  - Ángulo inferior al de reposo natural del material (38°-42°).
- Drenaje post-extracción:
  - Pendientes longitudinales <2% para evitar erosión.
  - Simulación de microrelieves para retención de agua.

## II.2.2. Programa de trabajo

### *II.2.2.1. Calendarización operativa basada en ciclo hidrológico.*

**Tabla II.16**. Calendarización operativa basada en ciclo hidrológico.

| Periodo | Meses | Estado Hidrológico | Actividades Permitidas | Restricciones |
|---|---|---|---|---|
| P1: Estiaje | Febrero-Mayo | Caudales bajos (<15 m³/s) | Extracción intensiva:<br>- Excavación en seco<br>- Clasificación *in situ*<br>- Transporte | Monitoreo diario de niveles |
| P2: Lluvias | Junio-Octubre | Crecidas (>120 m³/s) | Solo monitoreo:<br>- Inspección cortinas sedimentos | Prohibición total de extracción |

| Periodo | Meses | Estado Hidrológico | Actividades Permitidas | Restricciones |
|---|---|---|---|---|
| | | | - Monitoreo hidrológico | |
| P3: Transición | Noviembre-Enero | Crecidas estacionales (15-80 $m^3/s$) | Operación condicionada:<br>- Evaluación diaria de caudal<br>- Extracción solo en bancos elevados | Suspensión si:<br>- Caudal >40 $m^3/s$.<br>- Pronóstico lluvia >20 mm |

(Revisión técnica según datos CONAGUA Estación hidrométrica B11039 "Río San Pedro").

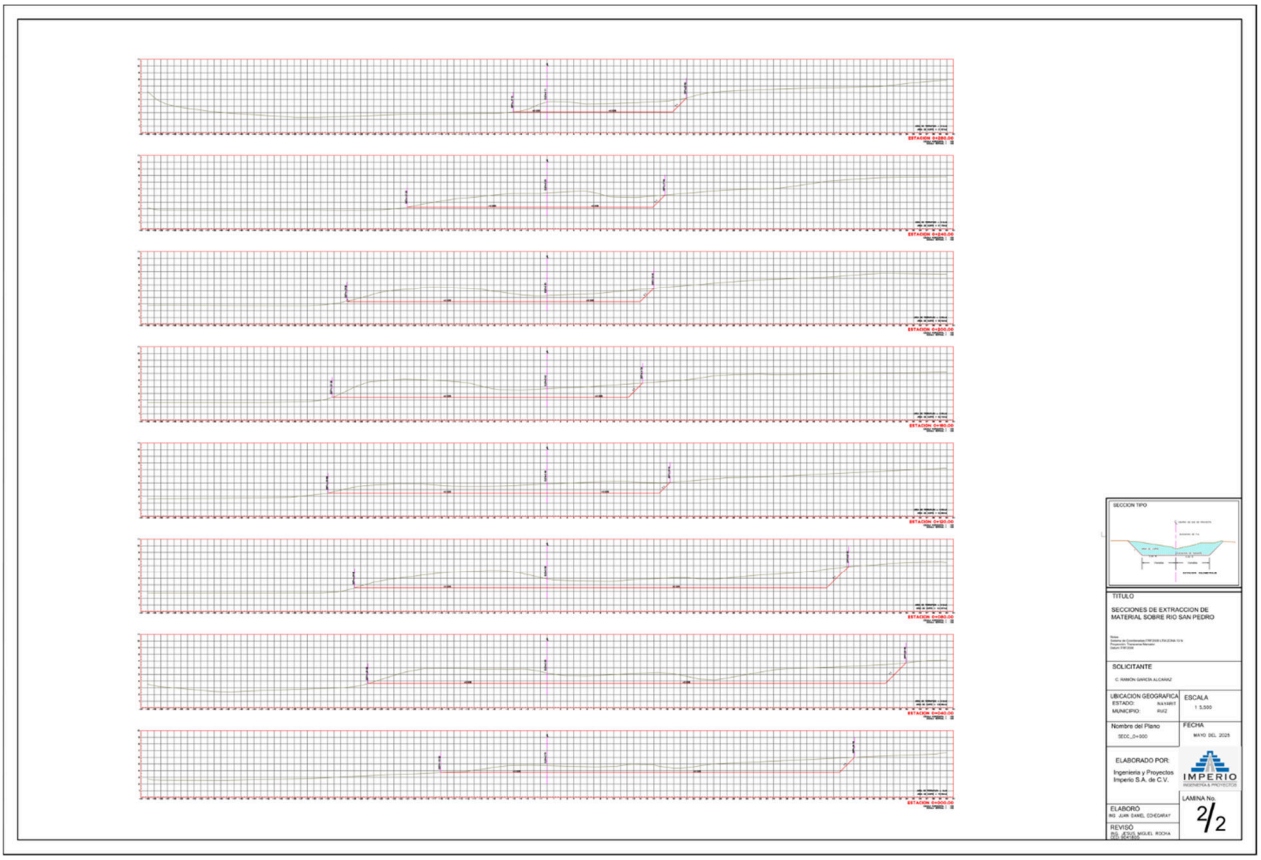



**Lámina II.5**. Secciones de extracción del banco de sedimentos 03 en el cauce del río San Pedro.

Fuente: Rocha Rodríguez, J.M. & Echegaray Delgado, J.D. (2025). Proyecto topográfico y de extracción. Imperio Ingeniería, S. A. de C. V.
Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

### *II.2.2.2. Diagrama de Gantt Recalculado (120 meses).*

**Tabla II.17**. Diagrama de Gantt recalculado (120 meses).

| Etapa | Actividades | Meses | Años | Periodos Hidrológicos |
|---|---|---|---|---|
| Preparación (Fase 0) | - Autorizaciones<br>- Instalación infraestructura | 1-12 | Año 1 | P3 (nov-ene) + P1 (feb-may) |
| Operación (Fases 1-8) | - Extracción en P1 (feb-may)<br>- Monitoreo en P2 (jun-oct)<br>- Operación controlada P3 (nov-ene) | 13-108 | Años 2-9 | 24 meses efectivos de extracción (8 años × 3 meses P1) |
| Abandono (Fases 9-10) | - Restauración morfo-ecológica<br>- Monitoreo post-cierre | 109-120 | Año 10 | Priorizar P1-P3 para revegetación |

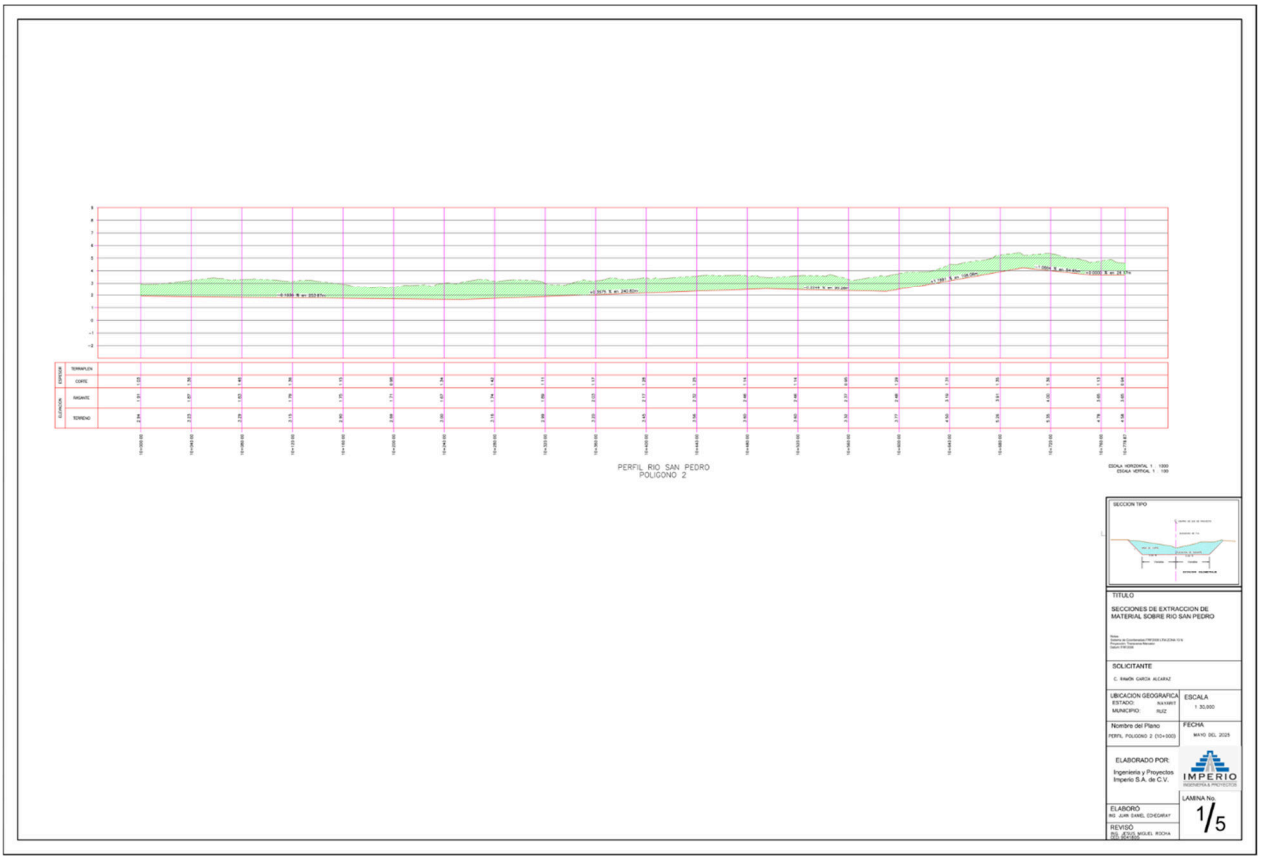



**Lámina II.6**. Perfil longitudinal del banco de sedimentos 02 en el cauce del río San Pedro.

Fuente: Rocha Rodríguez, J.M. & Echegaray Delgado, J.D. (2025). Proyecto topográfico y de extracción. Imperio Ingeniería, S. A. de C. V.
Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

### *II.2.2.3. Estrategia operativa por periodo hidrológico.*

#### II.2.2.3.1. Periodo 1 (Febrero-Mayo - Estiaje)

- Intensidad operativa máxima:
  - 6 días/semana, 10 h/día.
  - Meta: 150 $m^3$/día.
- Actividades prioritarias:
  - Extracción en bancos secos.
  - Mantenimiento mayor de equipos.

#### II.2.2.3.2. Periodo 2 (Junio-Octubre - Lluvias)

- Protocolo de inactividad:
  - Desmovilización de maquinaria a zonas altas.
  - Revisión de geomallas.
  - Monitoreo hidrológico cada 24 h.




**Lámina II.7**. Secciones de extracción del banco de sedimentos 02 en el cauce del río San Pedro.

Fuente: Rocha Rodríguez, J.M. & Echegaray Delgado, J.D. (2025). Proyecto topográfico y de extracción. Imperio Ingeniería, S. A. de C. V.
Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

### II.2.2.3.3. Periodo 3 (Noviembre-Enero - Transición)

Sistema de decisión operativa:

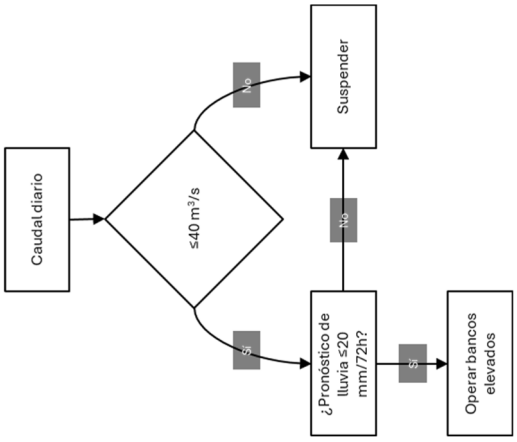



**Gráfico II.2**. Sistema de decisión operativa para el periodo 3.




**Lámina II.8**. Secciones de extracción del banco de sedimentos 02 en el cauce del río San Pedro.

Fuente: Rocha Rodríguez, J.M. & Echegaray Delgado, J.D. (2025). Proyecto topográfico y de extracción. Imperio Ingeniería, S. A. de C. V.
Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

### *II.2.2.4. Ajuste de metas volumétricas*

**Tabla II.18**. Ajuste de metas volumétricas.

| Banco | Volumen (m³) | Meses P1 requeridos | Años |
|---|---|---|---|
| 01 | 11,921.47 | 3.0 | Años 2-4 |
| 02 | 22,274.45 | 5.5 | Años 3-7 |
| 03 | 23,551.00 | 5.9 | Años 4-8 |
| **Total** | **57,746.92** | **14.4 meses** | **6 años operativos** |

(Distribución según ventanas operativas)

*Nota: Los 10 años incluyen 2 años de preparación + 1 año de abandono + 1 año buffer por imprevistos climáticos/administrativos.

### *II.2.2.5. Justificación técnica para 10 años*

**Limitantes críticas:**

1) Ventanas operativas reducidas:
    a. Solo 3 meses/año de extracción garantizada (P1).
    b. 14.4 meses efectivos necesarios para el volumen total.

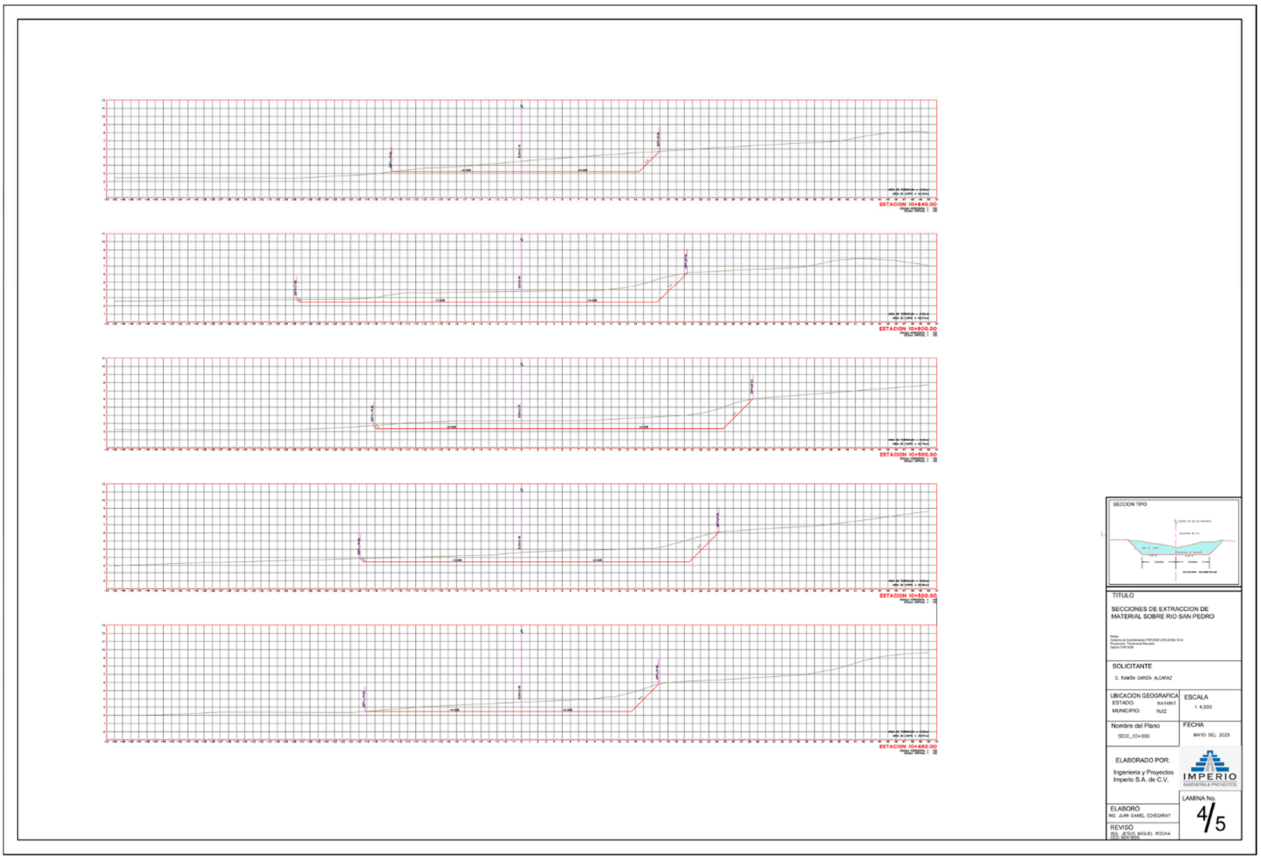



**Lámina II.9**. Secciones de extracción del banco de sedimentos 02 en el cauce del río San Pedro.

Fuente: Rocha Rodríguez, J.M. & Echegaray Delgado, J.D. (2025). Proyecto topográfico y de extracción. Imperio Ingeniería, S. A. de C. V.
Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

[...]

2) Imprevisibilidad en P3:
    a. Datos históricos (CONAGUA 2013-2023): Solo 45% de días operables en nov-ene.
3) Demoras administrativas:
    a. 240 días hábiles estimados para autorizaciones (40% más que plazo legal).

**Compromisos ambientales:**

- *Monitoreo hidrológico continuo*: Revisión de la estación hidrométrica B11039.
- *Flexibilidad operativa*: Ajuste de los volúmenes de extracción.
- *Informes periódicos*: Validación de cumplimiento de metas.

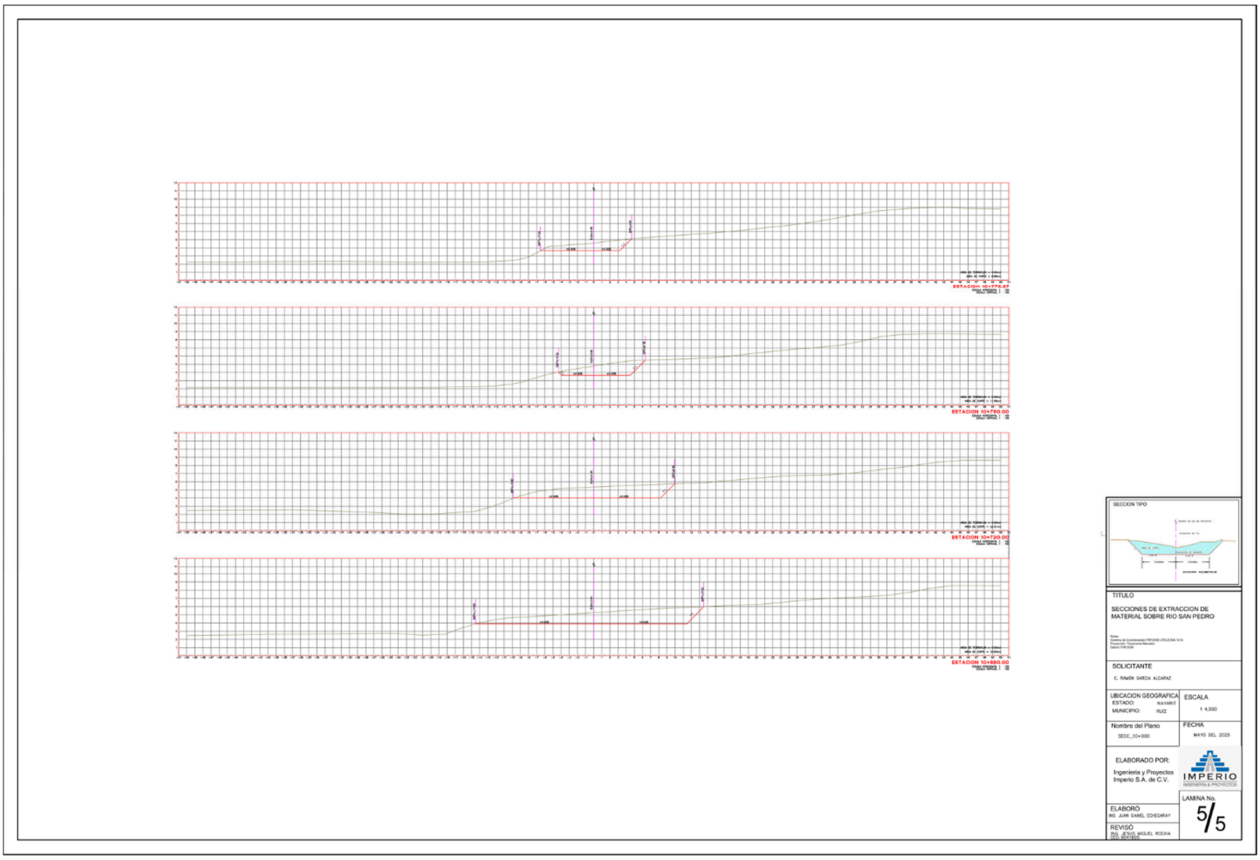



**Lámina II.10**. Secciones de extracción del banco de sedimentos 02 en el cauce del río San Pedro.

Fuente: Rocha Rodríguez, J.M. & Echegaray Delgado, J.D. (2025). Proyecto topográfico y de extracción. Imperio Ingeniería, S. A. de C. V.
Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

## II.2.3. Representación gráfica local

### *II.2.3.1. Marco técnico-cartográfico.*

La representación gráfica se desarrolló mediante ortofotografía digital actualizada (26/04/2025, resolución 10 cm/píxel) y sistemas de información geográfica (QGIS 3.40.4), garantizando congruencia con el apartado de ubicación física. Las escalas seleccionadas permiten visualizar:

- Detalle morfológico de bancos aluviales.
- Relación espacial con elementos ecológicos y antrópicos.
- Superficie exacta de intervención (48,045.74 m²) para correlacionar con impactos ambientales.

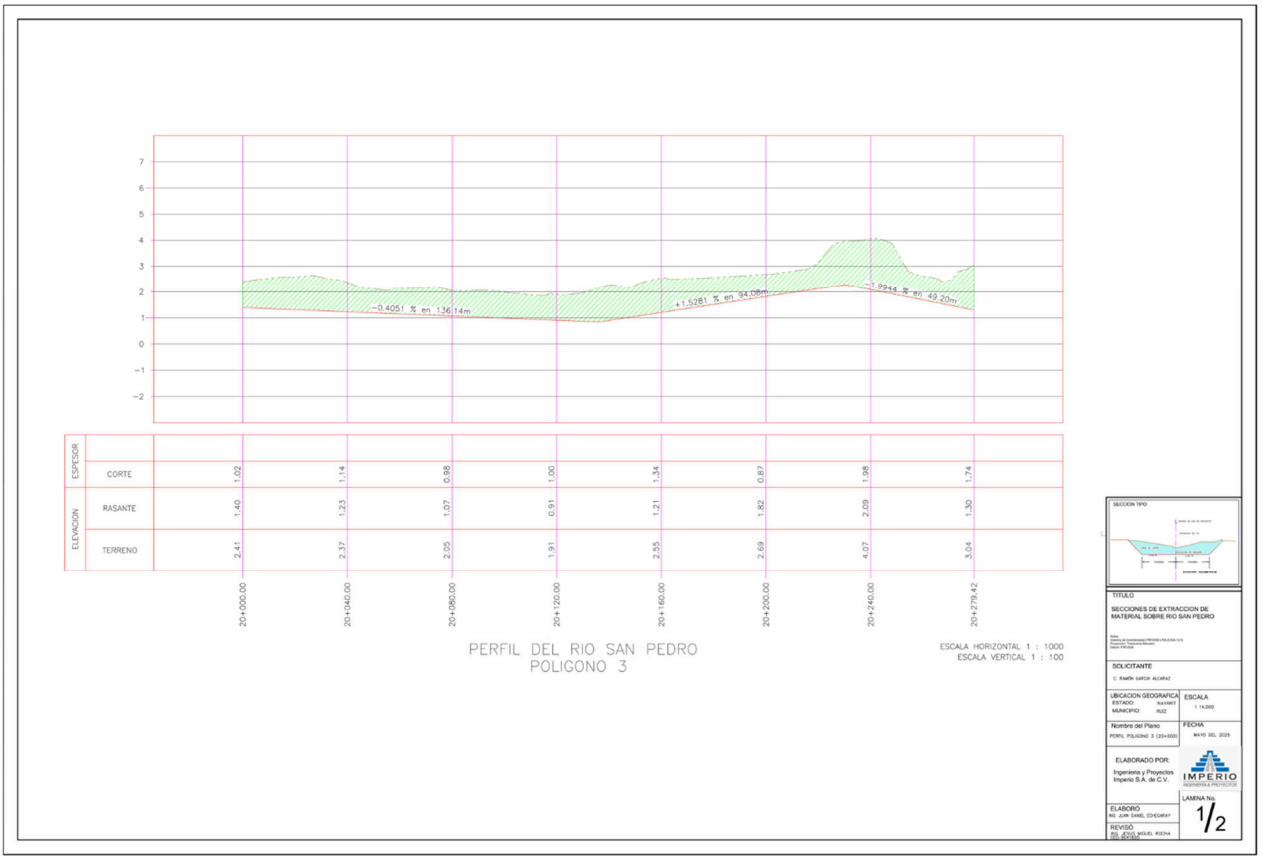



**Lámina II.11**. Perfil longitudinal del banco de sedimentos 01 en el cauce del río San Pedro.

Fuente: Rocha Rodríguez, J.M. & Echegaray Delgado, J.D. (2025). Proyecto topográfico y de extracción. Imperio Ingeniería, S. A. de C. V.
Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

### *II.2.3.2. Descripción de láminas.*

#### II.2.3.2.1. Lámina II.13: Plano detallado del polígono de intervención (Esc. 1:4,500)

Elementos clave:

- *Tres poligonales de bancos*: Georreferenciadas con coordenadas UTM Zona 13N (ITRF2008).
- *Franjas de amortiguamiento*: 10 m paralelas al cauce activo (área excluida de extracción).
- *Infraestructura*:
  - Cauce del Río San Pedro (trazado actualizado).
  - Ruta de acceso (terracería existente de 1,269.45 m).
  - Línea eléctrica de alta tensión (115 kV).
- *Contexto socioambiental*:
  - Localidades de El Tamarindo (633 m NE) y Peñas (209 m SO).
  - Usos de suelo colindantes: agrícola, vegetación riparia.
- *Base cartográfica*: Ortofoto RGB que evidencia estado actual (cobertura vegetal, áreas expuestas).

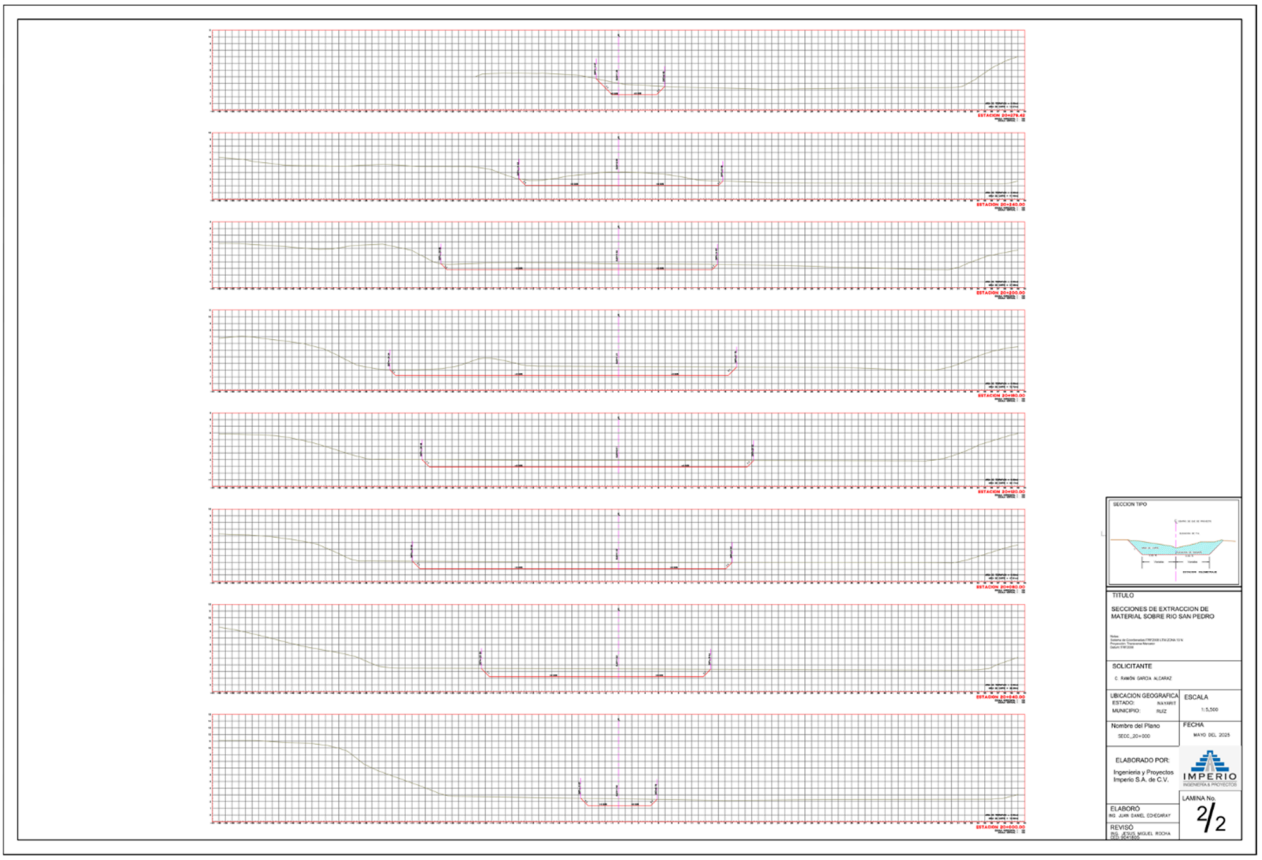



**Lámina II.12**. Secciones de extracción del banco de sedimentos 01 en el cauce del río San Pedro.

Fuente: Rocha Rodríguez, J.M. & Echegaray Delgado, J.D. (2025). Proyecto topográfico y de extracción. Imperio Ingeniería, S. A. de C. V.
Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

### II.2.3.2.2. Lámina II.14: Banco de Sedimentos 01 (Esc. 1:1,000).

Detalles técnicos:

- *Material aluvial*: Dominancia de arenas (tonos ocres) y gravas finas (tonos grises).
- Vegetación pionera: *Mimosa spp*.
- Diseño extractivo:
  - Eje central (279.53 m) con secciones transversales cada 20 m.
  - Cadenamientos numerados (20+000.00 al CT-20+279.43).
  - Franjas de amortiguamiento topográficamente adaptadas.
- Elementos de referencia:
  - Cota máxima: 4.07 msnm.
  - Distancia a cauce: 14.8 m.




**Lámina II.13.** Plano detallado de los polígonos de intervención.

Fuente: González Gómez, D.I. (2025). Plano detallado de las poligonales de intervención, a partir del proyecto topográfico y de extracción elabora-do por la empresa Imperio Ingeniería, S. A. de C. V. Especialistas en Calidad Ambiental y Laboral, S. A. de C. V.

Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

### II.2.3.2.3. Lámina II.15: Banco de Sedimentos 02 (Esc. 1:2,000).

Características distintivas:

- *Configuración aluvial*: Diferenciación de gravas (tonos grises) y arenas (tonos ocres).
- *Cobertura vegetal*: Parches de *Mimosa spp*.
- Ingeniería de extracción:
  - Eje central de 779.18 m (más largo del proyecto).
  - 21 secciones transversales con cadenamientos.
  - Taludes proyectados 1:1 (45°).
- Indicadores críticos:
  - Pendiente media: 0.7%
  - Área de amortiguamiento: 7547.18 $m^2$.

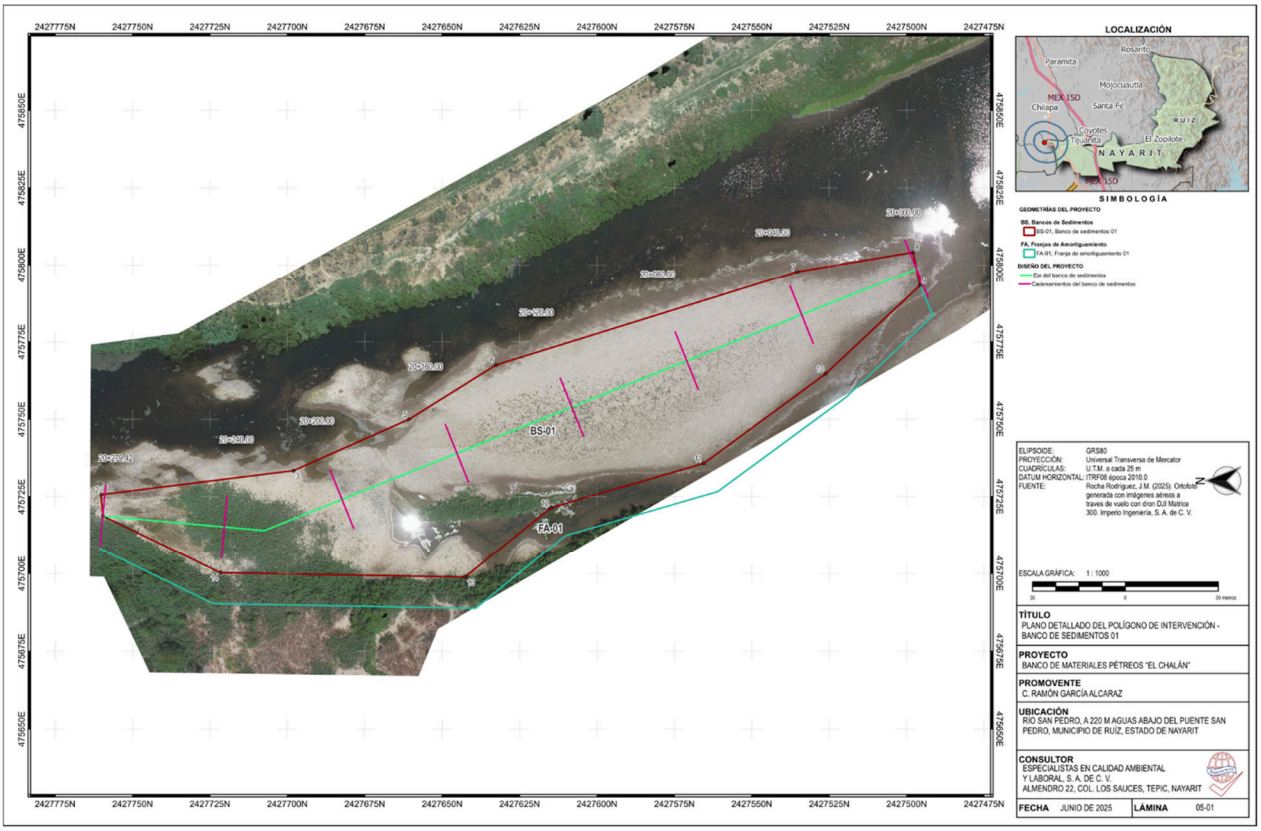



**Lámina II.14.** Plano detallado del polígono de intervención – banco de sedimentos 01.

Fuente: González Gómez, D.I. (2025). Plano detallado del polígono de intervención – banco de sedimentos 01, a partir del proyecto topográfico y de extracción elaborado por la empresa Imperio Ingeniería, S. A. de C. V. Especialistas en Calidad Ambiental y Laboral, S. A. de C. V.

Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

### II.2.3.2.4. Lámina II.16: Banco de Sedimentos 03 (Esc. 1:1,000)

Enfoque técnico:

- *Composición sedimentaria*: Dominio de gravas gruesas.
- Vegetación: Parches de *Mimosa spp.* y ejemplares aislados de *Salix spp.*
- Parámetros operativos:
  - Eje central: 294.83 m con pendientes ≤0.27%.
  - 8 secciones con áreas de corte hasta 138.89 $m^2$.
  - Puntos de control de estabilidad post-extracción.
- Relación hidrológica:
  - Cota máxima: 5.40 msnm.
  - Área de amortiguamiento: 3520.37 $m^2$.

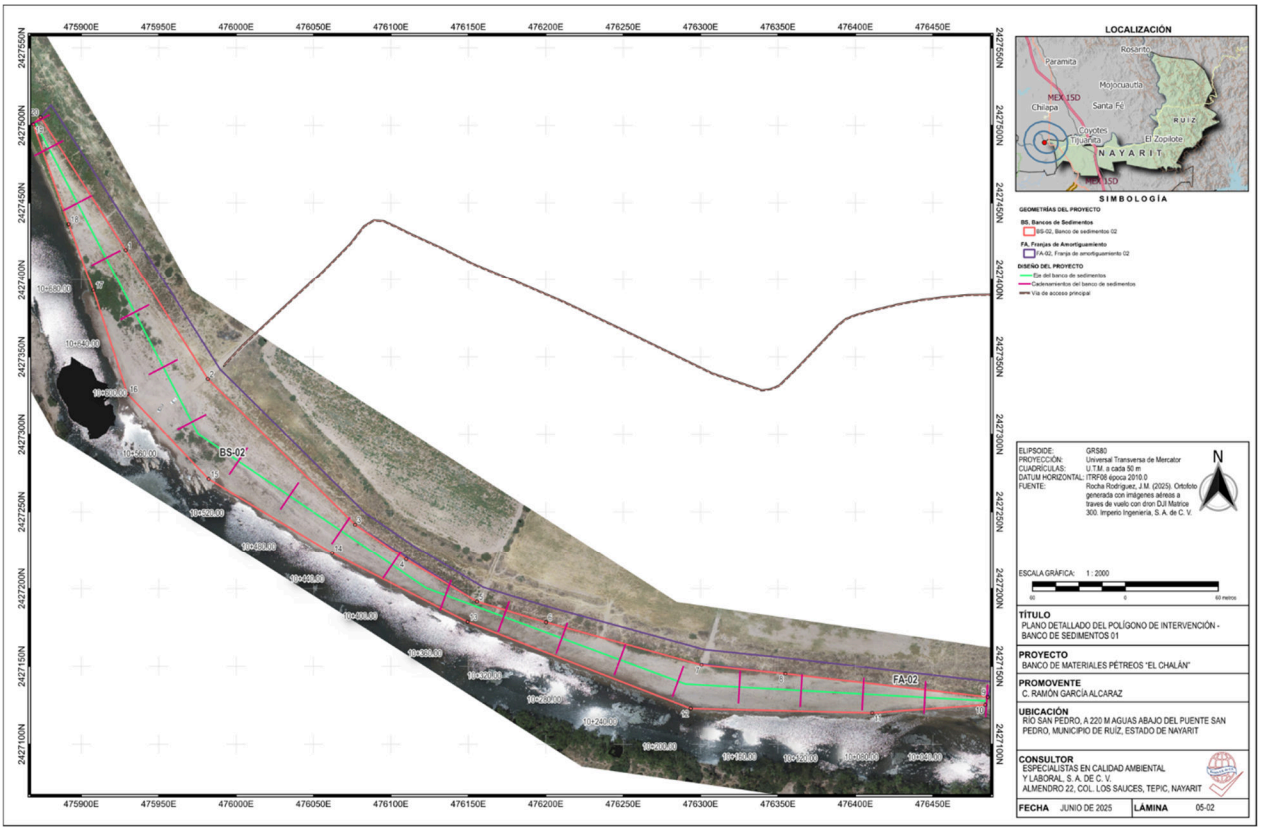



**Lámina II.15.** Plano detallado del polígono de intervención – banco de sedimentos 02.

Fuente: González Gómez, D.I. (2025). Plano detallado del polígono de intervención – banco de sedimentos 02, a partir del proyecto topográfico y de extracción elaborado por la empresa Imperio Ingeniería, S. A. de C. V. Especialistas en Calidad Ambiental y Laboral, S. A. de C. V.

Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

Los planos definitivos del proyecto se presentan en forma de anexo en el impreso de la manifestación de impacto ambiental y grabado en formato digital mediante USB.

## II.2.4. Representación gráfica regional

### *II.2.4.1. Marco cartográfico regional*

Las láminas emplean escalas jerárquicas (1:70,000 y 1:12,500) para contextualizar el proyecto en su entorno biofísico y social, utilizando:

- *Bases integradas*: Cartografía topográfica INEGI Serie III + imágenes satelitales actualizadas (Google Earth 2025)
- Sistemas de referencia: UTM Zona 13N (ITRF2008 época 2010.0).
- *Criterio SEMARNAT*: Congruencia con ubicación física mediante puntos de control geodésicos.

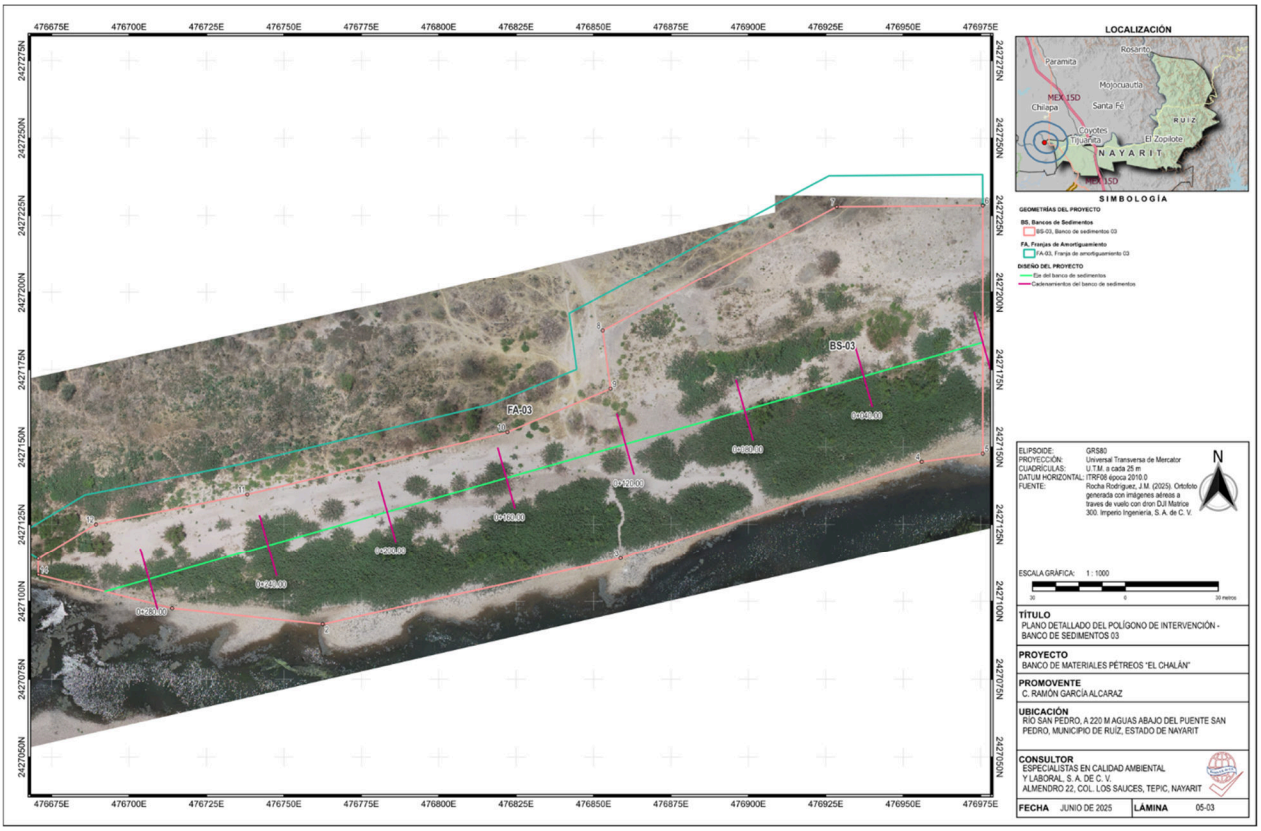



**Lámina II.16.** Plano detallado del polígono de intervención – banco de sedimentos 03.

Fuente: González Gómez, D.I. (2025). Plano detallado del polígono de intervención – banco de sedimentos 03, a partir del proyecto topográfico y de extracción elaborado por la empresa Imperio Ingeniería, S. A. de C. V. Especialistas en Calidad Ambiental y Laboral, S. A. de C. V.

Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

### *II.2.4.2. Láminas II.17-II.18: Contexto regional (Esc. 1:70,000).*

**Tabla II.19**. Elementos clave y análisis técnico.

| Componente | Descripción | Relevancia Ambiental |
|---|---|---|
| Unidad geomorfológica | Llanura deltaica Río Grande de Santiago (Pacífico). | Susceptibilidad a inundaciones. |
| Cobertura/uso de suelo | - Agricultura irrigada anual: 84.8%<br>- Agricultura temporal: 6.4%.<br>- Asentamientos humanos: 7.9%. | Presión antrópica dominante; fragmentación de hábitats. |
| Áreas naturales | - Vegetación secundaria selva mediana: 0.9%.<br>- Ecosistema fluvial: 0.1%. | Áreas de paso, concentración, descanso o destino de especies (generalmente aves). |
| Infraestructura vial | - Fed. 200 (Tepic-Mazatlán).<br>- Fed. Tuxpan-Peñas.<br>- Red viaria rural. | Fuentes potenciales de impactos acumulativos |

Simbología destacada:

- Trama agrícola: Patrón de parcelas rectangulares (mosaico de cultivos).
- Río San Pedro: Trazo meándrico activo (ancho medio: 107 m).
- Límite delta: Isohipsa 20 msnm (INEGI).

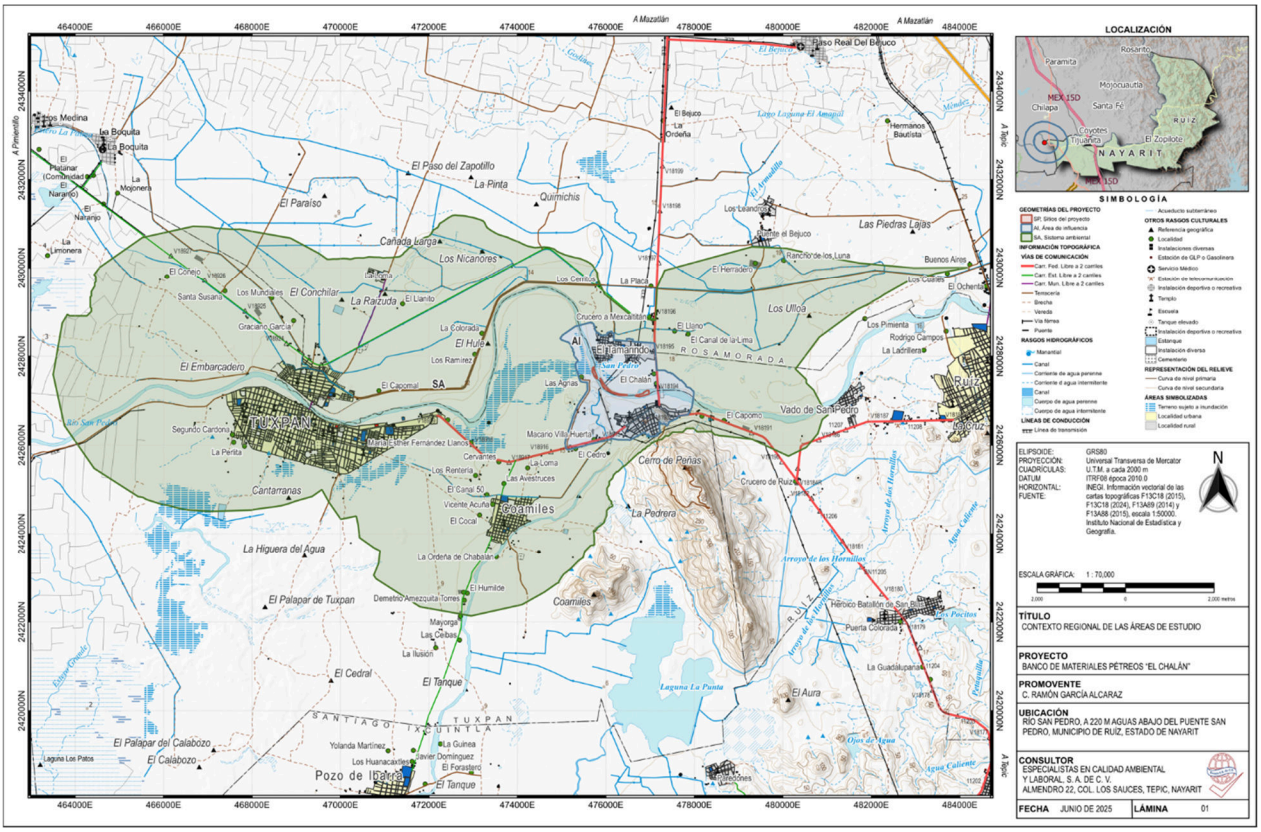



**Lámina II.17**. Delimitación del sistema ambiental y contexto regional de las áreas de estudio.

Fuente: González Gómez, D.I. (2025). Delimitación del área de influencia sobre información vectorial de las cartas topográficas F13C18, F13C19, F13A89 y F13A89 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Especialistas en Calidad Ambiental y Laboral, S. A. de C. V.

Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

### *II.2.4.3. Láminas II.19-II.20: Delimitación del área de influencia (Esc. 1:12,500).*

Detalles técnicos:

A. Elementos biofísicos.
   a. Zonas inundables: Planicies de desborde marcadas en azul.
   b. Hidrografía secundaria: canales de riego.
   c. Vegetación residual: Manchones de selva mediana subcaducifolia, bosque de galería en márgenes del río San Pedro (Salix spp.) y parches pioneros de *Mimosa spp*. sobre suelo aluvial.
B. Infraestructura antrópica.
C. Transformación territorial.
   a. Pérdida cobertura vegetal natural.
   b. Minería anárquica sobre el cauce y márgenes del río San Pedro.
   c. Vías de acceso: Terracería ejidal con tráfico moderado.

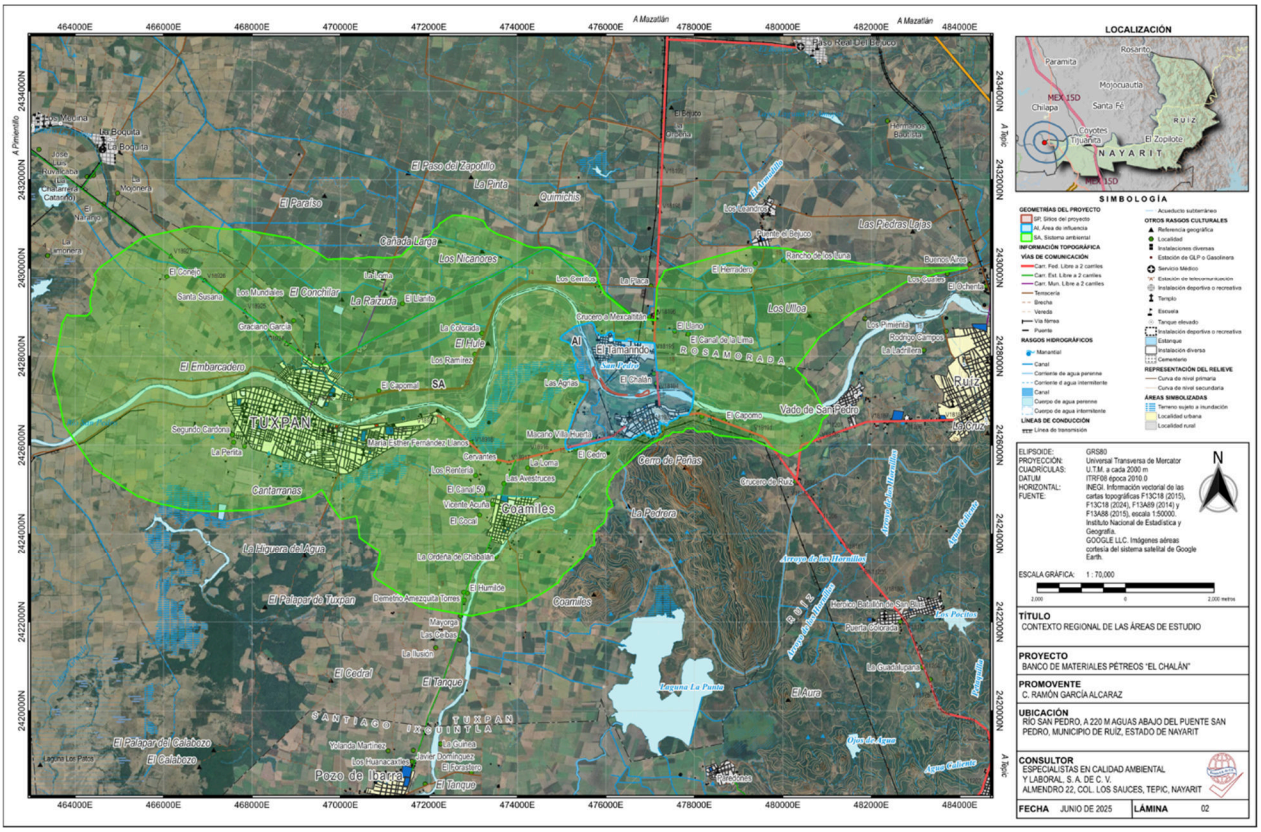



**Lámina II.18**. Delimitación del sistema ambiental y contexto regional de las áreas de estudio.

Fuente: González Gómez, D.I. (2025). Delimitación del área de influencia sobre imágenes aéreas cortesía del sistema satelital de Google Earth de la empresa pública Google LLC. Especialistas en Calidad Ambiental y Laboral, S. A. de C. V.

Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

## II.2.5. Etapa de preparación del terreno

***Objetivo***: Adecuación inicial del sitio para operaciones seguras y ambientalmente controladas.

A continuación, se hace una descripción concreta y objetiva de las principales actividades que integran esta etapa, con la finalidad de identificar las características de diseño del proyecto que propician alteraciones significativas al ambiente.

### *II.2.5.1. Instalación de infraestructura temporal.*

#### II.2.5.1.1. Delimitación física de áreas (geocercas y señalización).

***Objetivo técnico***: Establecer barreras físicas y visuales que definan con precisión los límites operativos, previniendo la afectación de zonas no autorizadas y garantizando el confinamiento de actividades dentro de los polígonos previamente georreferenciados.

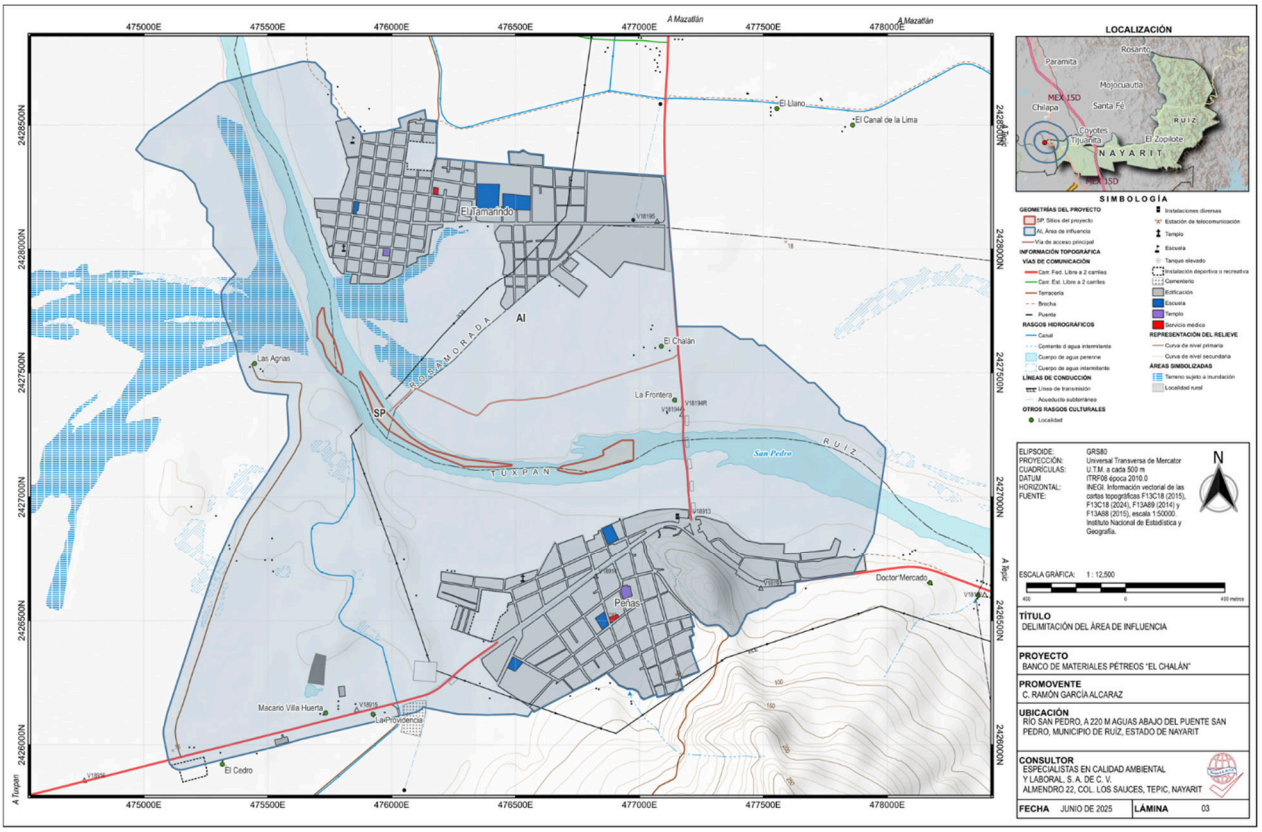



**Lámina II.19**. Delimitación del área de influencia.

Fuente: González Gómez, D.I. (2025). Delimitación del área de influencia sobre información vectorial de las cartas topográficas F13C18, F13C19, F13A89 y F13A89 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Especialistas en Calidad Ambiental y Laboral, S. A. de C. V.

Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

***Implementación***:

- *Sistema de geocercas modulares*: Se instalarán cercados perimetrales de malla geosintética o similares. Estos módulos serán desmontables, resistentes a inundaciones y reutilizables, minimizando la huella ambiental.

- *Señalización preventiva*: Se colocarán señales informativas en acero inoxidable, con leyendas que incluyen:
  - Límites de acceso restringido.
  - Zonas de riesgo (bancos inestables).
  - Datos del titular y contacto SEMARNAT.

- *Georreferenciación*: Cada vértice de la geocerca será marcado con hitos y coordenadas UTM, registradas en el plano topográfico.

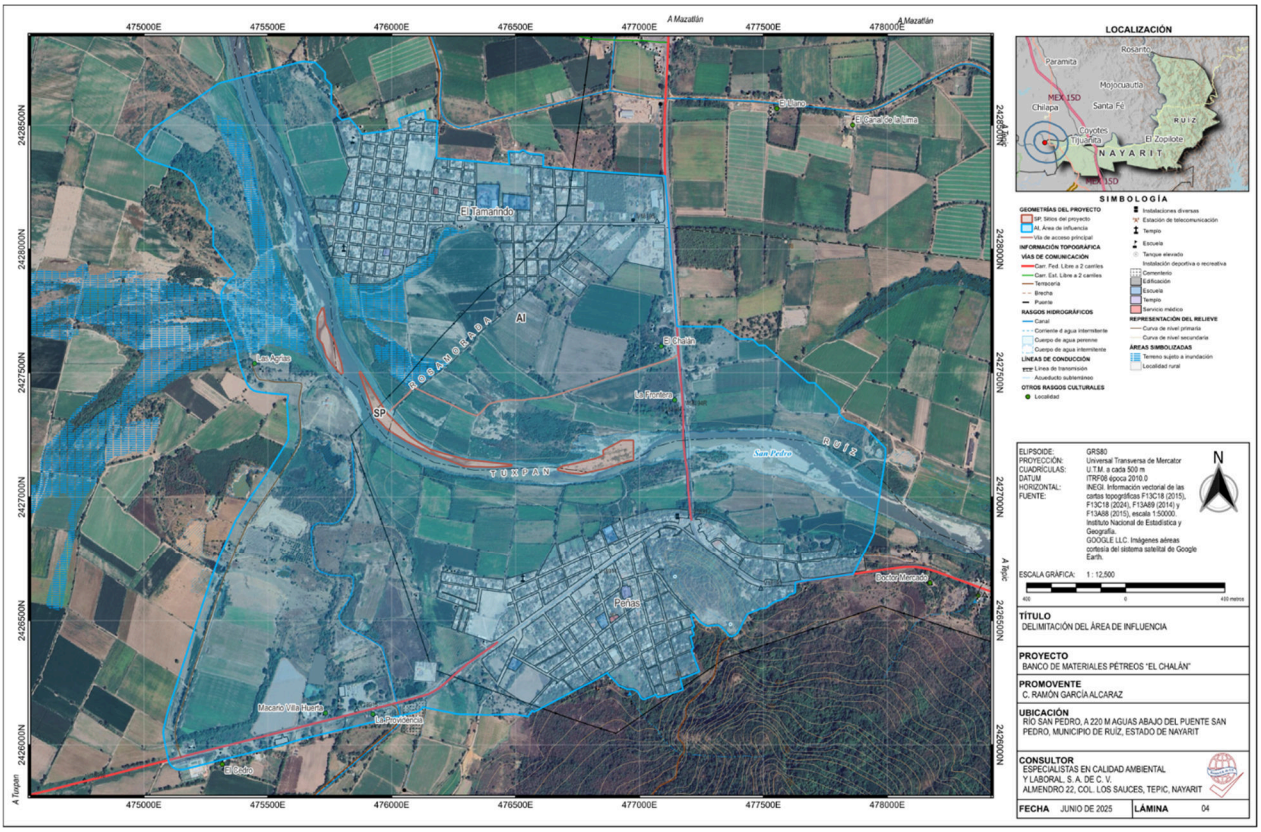



**Lámina II.20**. Delimitación del área de influencia.

Fuente: González Gómez, D.I. (2025). Delimitación del área de influencia sobre imágenes aéreas cortesía del sistema satelital de Google Earth de la empresa pública Google LLC. Especialistas en Calidad Ambiental y Laboral, S. A. de C. V.

Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.




**Gráfico II.3**. Representación gráfica de las actividades y acciones que conforman la etapa de preparación del terreno.

#### II.2.5.1.2. Adecuación de accesos a los bancos de extracción

***Objetivo técnico***: Optimizar el camino existente (1,269.45 m) para garantizar transitabilidad segura y minimización de emisiones fugitivas.

***Implementación***:

- *Refuerzo estructural*: Incorporación de material pétreo local como base estabilizadora en superficies del acceso que así lo requieran.

- *Supresión de polvo*:
  - Riego periódico con agua en las áreas de circulación y frente de trabajo durante el temporal de estiaje.

### *II.2.5.2. Adecuación de bancos de extracción.*

#### II.2.5.2.1. Limpieza superficial selectiva.

***Objetivo técnico***: Eliminar exclusivamente vegetación no protegida que obstruye las operaciones, preservando especies prioritarias y manteniendo la integridad del banco aluvial.

***Implementación***:

- *Método de retiro*: Corte manual con desbrozadoras de disco para arbustos <5 cm de diámetro y machete para arbustos <10 cm de diámetro, evitando arranque de raíces.

- *Criterios de exclusión*: Resguardo de individuos de *Salix spp*. >10 cm de diámetro, marcados con cintas reflectantes.

- *Gestión de residuos*: Trituración *in situ* de biomasa para cobertura temporal de suelos (espesor: 10 cm), inhibiendo erosión eólica.

#### II.2.5.2.2. Instalación de cortinas de sedimentos perimetrales (en caso de dragados)

***Objetivo técnico***: Contener la dispersión de partículas finas hacia el cauce activo durante fases de extracción.

**Tabla II.20**. Diseño técnico de las cortinas de sedimentos perimetrales

| Parámetro | Especificación |
|---|---|
| Material | Geomalla tejida PP-UV (poro: 150 µm, resistencia: 45 kN/m) |
| Dimensión | Altura: 1.2 m; Longitud: 95% del perímetro del banco |
| Anclaje | Estacas de acero helicoidales (Ø 25 mm, profundidad: 0.8 m) |
| Ubicación | 3 m paralelas al límite hídrico |

***Instalación***:

1. Trazo topográfico.
2. Colocación en dirección contracorriente (ángulo: 75° respecto al flujo).
3. Sellado inferior con sedimentos locales compactados.

### *II.2.5.3. Preparación de controles ambientales*

#### II.2.5.3.1. Sistema integrado de control de contaminantes.

***Objetivo técnico***: Mitigar emisiones fugitivas y residuos.

**Tabla II.21**. Sistema integrado de control de contaminantes.

| Componente | Implementación técnica |
|---|---|
| Tanques antipolvo | Pipas de agua contratadas, o en su caso, camionetas pickups con cisternas montadas para los riegos del camino de acceso y frentes de trabajo. Se priorizará el uso del método de aspersión y de agua reciclada de lluvia para el ahorro del recurso hídrico. |
| Sanitario portátil | Se adquirirá o rentará un sanitario portátil. La extracción y disposición final de los efluentes líquidos se realizarán a través de una empresa autorizada. |
| Gestión de residuos sólidos | Se instalarán dos contenedores metálicos con segregación: orgánico/inorgánico/peligroso. Serán transportados y dispuestos diariamente en puntos autorizados por las instituciones correspondientes; los RSU bajo responsabilidad del promovente y los RP a través de una empresa autorizada. |

## II.2.6. Etapa de operación del proyecto

***Objetivo***: Extracción sostenible y manejo seguro de materiales pétreos.

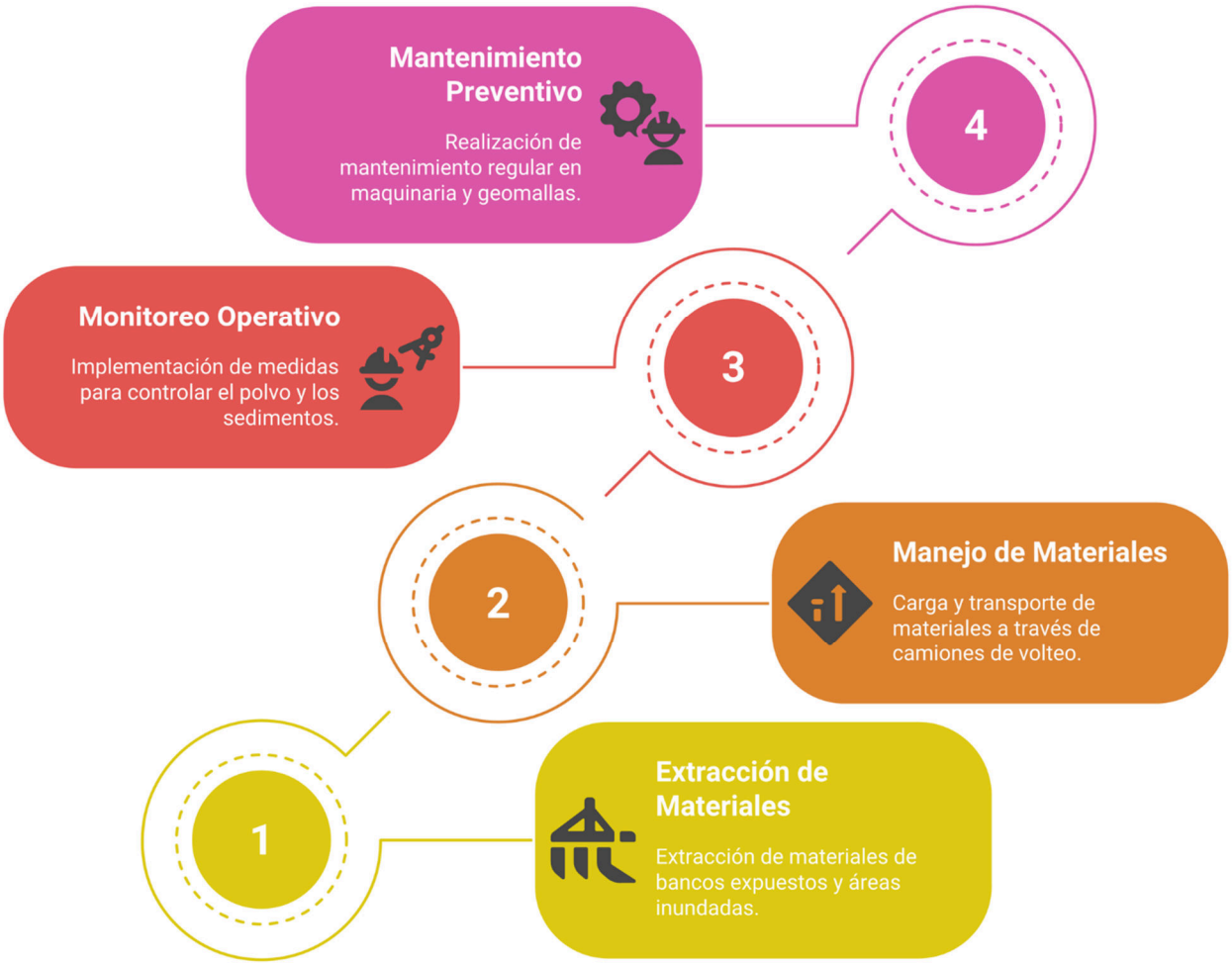



**Gráfico II.4**. Representación gráfica de las actividades y acciones que conforman la etapa de operación del proyecto.

A continuación, se hace una descripción concreta y objetiva de las principales actividades que integran esta etapa, con la finalidad de identificar las características de diseño del proyecto que propician alteraciones significativas al ambiente.

### *II.2.6.1. Extracción de materiales.*

#### II.2.6.1.1. Excavación en seco en bancos expuestos.

***Objetivo técnico***: Extraer materiales pétreos de bancos aluviales expuestos con precisión geométrica y mínima alteración del sustrato.

***Implementación***:

- *Equipamiento*:
  - 1 retroexcavadora (310E, John Deere).
  - 1 excavadora (CX240, Case).

- *Metodología*:
  - Extracción en capas horizontales (≤1 m de espesor por pasada).
  - Respeto de zona de amortiguamiento ribereña (10 m del cauce activo).
  - Estabilización inmediata de taludes (ángulo ≤45°).

Esta técnica reduce la compactación de suelos en un 40% vs. métodos tradicionales, preservando la porosidad del aluvión para restauración post-cierre.

#### II.2.6.1.2. Dragado superficial en áreas inundadas.

***Objetivo técnico***: Extracción selectiva de arenas y gravas en zonas inundadas sin alterar el lecho rocoso subyacente.

***Diseño técnico***:

- Equipo: 1 excavadora (CX240, Case).
- Control de turbidez: cortinas de sedimentos perimetrales.

***Procedimiento***:

- Delimitación georreferenciada del área.
- Extracción selectiva de materiales pétreos húmedos.
- Separación primaria de finos mediante cortinas de sedimentos.

### *II.2.6.2. Manejo y transporte de materiales.*

#### II.2.6.2.1. Carga directa a camiones de volteo.

***Objetivo técnico***: Transferencia eficiente de materiales a unidades de transporte con minimización de pérdidas y emisiones.

***Parámetros operativos***:

- 2 camiones volteo (7 $m^3$, International)

- 1 camión volteo (14 $m^3$, International)

***Protocolos críticos***:

1. *Distanciamiento*: 5 m entre equipos para evitar colisiones.
2. *Supresión de polvo*: Punto de carga previamente humedecido.
3. *Eficiencia energética*:
    - Ciclos de carga ≤3 min (meta: 120 $m^3$/h).
    - Programación evitando giros en pendiente >5%.

***Nota adicional***: Eliminar sedimentos adheridos a vehículos previo a salida del sitio, evitando dispersión de contaminantes en vías públicas.

### *II.2.6.3. Monitoreo y mitigación operativa.*

#### II.2.6.3.1. Riego continuo en vías para control de polvo.

***Objetivo técnico***: Mantener concentraciones de material particulado ($PM_{10}$) bajo 50 µg/$m^3$ en áreas críticas durante operaciones.

***Implementación***:

- *Equipamiento*:
    - Pipas de agua contratadas.
    - Camionetas pickups con cisternas montadas.

- *Metodología*:
    - Riegos de la ruta de tránsito y frentes de trabajo tres veces al día.
    - Consumo de agua estimado de 2.5 L/$m^2$/día.
    - Se priorizará el uso del método de aspersión y de agua reciclada de lluvia para el ahorro del recurso hídrico.

#### II.2.6.3.2. Inspección diaria de cortinas de sedimentos (en caso de dragados).

***Objetivo técnico***: Garantizar integridad estructural y funcional de barreras contra turbidez.

***Protocolo técnico***:

1. *Chequeo estructural (8:00 AM)*:
    - Tensión geomallas (torquímetro 50-60 N·m).
    - Estabilidad estacas (inclinación ≤3°).
    - Sellado inferior (infiltración <0.5 L/min/m).
2. *Evaluación de retención*:
    - Medición de sedimentos acumulados (regla graduada).
    - Análisis visual de fugas.
3. *Mantenimiento correctivo*:
    - Reemplazo inmediato si daño >5% superficie (tiempo respuesta <2 h).
    - Limpieza de colmatación con hidrolavadora baja presión (≤100 bar).

### *II.2.6.4. Mantenimiento preventivo.*

#### II.2.6.4.1. Revisión sistemática de maquinaria.

***Supervisión continua en campo (diaria).***

***Objetivo***: Detectar anomalías operativas con impacto ambiental mediante monitoreo básico estandarizado.

**Tabla II.22**. Supervisión continua en campo (diaria).

| Parámetro | Método | Frecuencia | Límite |
|---|---|---|---|
| Opacidad de humo | Observación visual + registro fotográfico | Pre-operación diaria | ≤47.53% |
| Fugas de hidrocarburos | Inspección visual de manchas + papel absorbente | Post-operación diaria | 0 fugas |
| Niveles de ruido | Mediciones puntuales | Semanal y ante quejas | ≤84 dB(A) |

***Bitácora simplificada.***

Para asegurar la operatividad óptima y prolongar la vida útil de la maquinaria y equipo, se implementará un sistema de supervisión continúa documentado en una bitácora. Este registro incluirá fotogeorreferenciación de cada inspección, creando un historial sistemático que facilitará el monitoreo de condiciones, la detección temprana de anomalías y la planificación de mantenimiento preventivo, optimizando así la eficiencia y seguridad de las operaciones.

***Análisis periódico en talleres regionales.***

Se llevará a cabo un **análisis periódico** de toda la maquinaria y equipo en **talleres especializados regionales**. La **frecuencia** de estas revisiones se determinará según el tipo de maquinaria, las recomendaciones del fabricante, las horas de operación y los parámetros específicos a revisar para cada componente. Esta medida busca **validar el desempeño ambiental** de los equipos, empleando para ello **equipo y personal especializado**. El objetivo es **reducir las emisiones gaseosas**, **analizar los fluidos del sistema mecánico** para optimizar su funcionamiento, y **mejorar el desempeño acústico**, contribuyendo así a una operación más eficiente y sostenible.

***Acciones correctivas.***

- Reemplazo inmediato de juntas con fugas (>1 gota/min) y ajuste de inyectores si opacidad >15% (tiempo respuesta <4 h).

#### II.2.6.4.2. Reemplazo de geomallas dañadas.

***Objetivo técnico***: Mantener eficiencia ≥90% en retención de sedimentos.

**Tabla II.23**. Criterios técnicos de reemplazo.

| Daño | Umbral reemplazo | Método evaluación |
|---|---|---|
| Rotura | >10 cm² por m² | Plantilla cuadriculada |
| Deformación | >5% alargamiento | Extensómetro digital |
| Obstrucción | >40% área de flujo | Análisis imagen |

***Procedimiento estandarizado***:

- Retiro: Corte con tijeras de polipropileno (evita fibras sueltas).
- Instalación:
  - Traslape mínimo 15 cm con geomalla existente.
  - Anclaje con estacas helicoidales cada 0.5 m (torque 45 N·m).
- Prueba post-instalación:
  - Riego simulado (100 L/min/m² por 10 min).
  - Verificación turbiedad aguas abajo (<5 UNT aumento).

## II.2.7. Etapa de abandono del terreno

***Objetivo***: Restauración ecológica progresiva y monitoreo post-cierre.

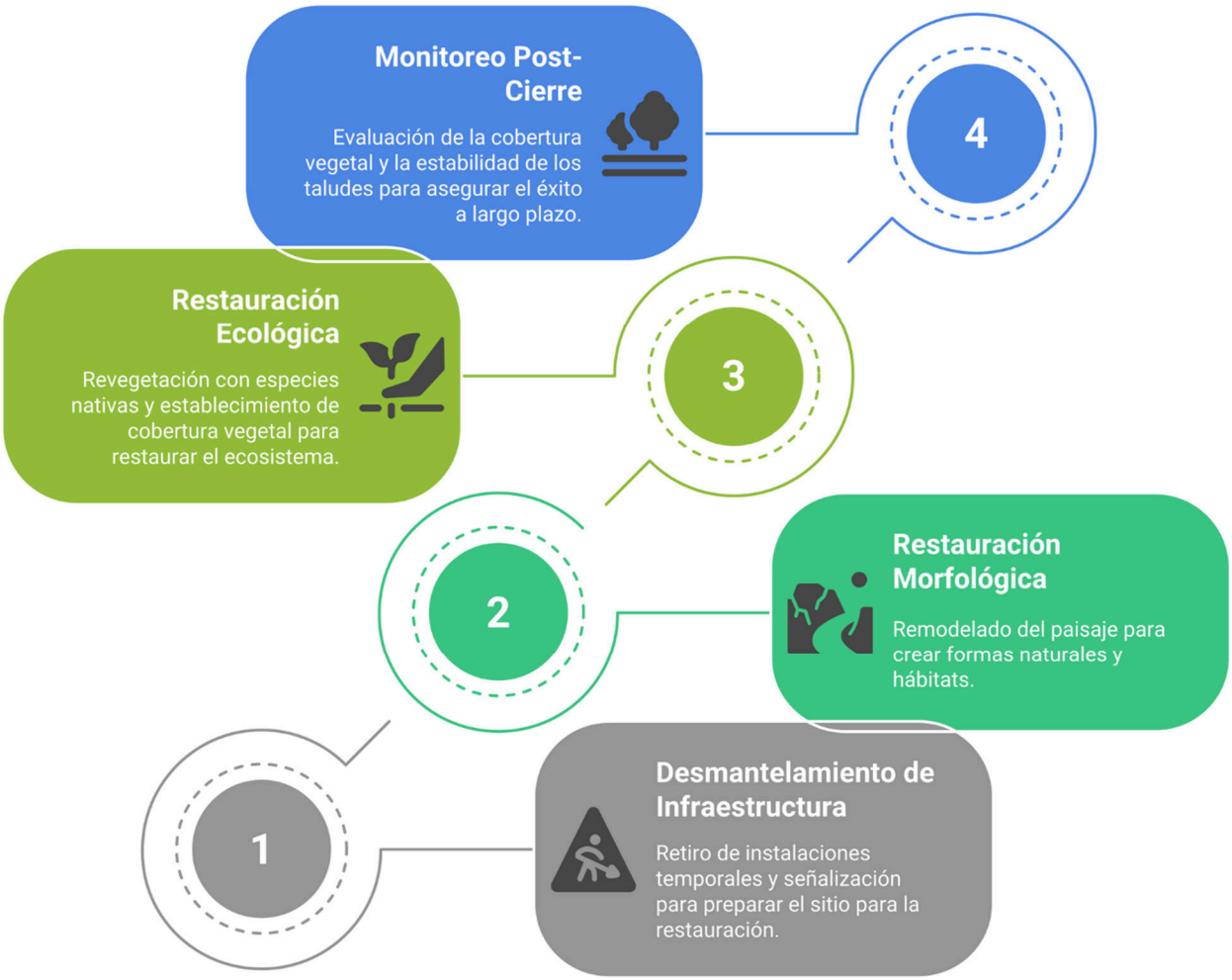



**Gráfico II.5**. Representación gráfica de las actividades y acciones que conforman la etapa de abandono del terreno.

A continuación, se hace una descripción concreta y objetiva de las principales actividades que integran esta etapa, con la finalidad de identificar las características de diseño del proyecto que propician alteraciones significativas al ambiente.

### *II.2.7.1. Desmantelamiento de infraestructura.*

#### II.2.7.1.1. Retiro de instalaciones temporales.

***Objetivo técnico***: Eliminar toda infraestructura no permanente sin dejar residuos ni alterar la dinámica fluvial.

***Implementación:***

- *Métodos*:
  - Desmontaje manual de estructuras ligeras (geocercas, señalética).
  - Uso de maquinaria básica (retroexcavadora pequeña, 1.5 $m^3$) solo en caso de que existan cimentaciones superficiales (hitos/mojoneras).

- *Gestión de residuos*:

**Tabla II.24**. Gestión de residuos durante la acción de retiro de instalaciones temporales.

| Material | Destino |
|---|---|
| Metales | Venta a recicladoras locales |
| Maderas | Donación a comunidades para leña |
| Geosintéticos | Reutilización en otros proyectos (si viabilidad >70%) |

#### II.2.7.1.2. Eliminación de señalización y cercados.

***Objetivo técnico***: Restituir el paisaje natural sin evidencias de intervención.

***Técnicas***:

- Proceso estandarizado:
  1) Retiro manual de postes y bases (taladro percutor liviano).
  2) Relleno de hoyos con suelo local compactado (95% Proctor Standard).
  3) Pintura biodegradable para cubrir marcas en rocas.

- Materiales reutilizables:
  - 70% de componentes se almacenarán para futuros proyectos.
  - 30% no reutilizable se llevará a centro de reciclaje municipal o, como último recurso, dispuestos en el tiradero regional autorizado.

#### II.2.7.1.3. Recuperación de suelos impactados.

***Objetivo técnico***: Restablecer la topografía natural con mínima inversión.

***Metodología***:

**Tabla II.25**. Metodología de recuperación de suelos impactados.

| Área | Técnica | Costo |
|---|---|---|
| Zonas de maneobras | Nivelación con motoniveladora pequeña + rastreado manual | $200/m³ |
| Vías temporales | Descompactación con arado subsolador + siembra directa | $50/m lineal |
| Excavaciones | Relleno con material estéril excedente + perfilado naturalista | $0 (uso de recursos propios) |

***Parámetros críticos***:

- Pendientes máximas: ≤30° (evita erosión).
- Espesor suelo superficial: ≥20 cm en áreas revegetadas.
- Tiempo ejecución: ≤10 días para 1,500 m².

### *II.2.7.2. Restauración morfológica.*

***Principios rectores***

Basado en bibliografía especializada (Palmer et al., 2005; Wohl et al., 2015), se priorizará la restauración pasiva asistida:

- Intervenciones mínimas que aprovechen procesos naturales del río.
- Uso exclusivo de materiales disponibles *in situ*.
- Soluciones de bajo costo con mano de obra local.
- Recuperación gradual guiada por dinámica fluvial.

#### II.2.7.2.1. Perfilado selectivo de taludes.

***Objetivo***: Prevenir erosión masiva sin alterar procesos geomorfológicos naturales.

***Implementación***:

- *Áreas de intervención*: Solo taludes con pendiente >60° o inestabilidad comprobada.
- *Método*:
  - Ajuste manual con palas y picos (no maquinaria pesada).
  - Ángulo objetivo: 45°-50° (no requiere estructuras de soporte).
  - Estabilización con raíces de vegetación existente.
- Criterio científico:
  - Pendientes ≤50° permiten autorreparación natural en ríos aluviales (Kondolf, 2012).

#### II.2.7.2.2. Reconformación naturalista de márgenes.

***Objetivo***: Recuperar conectividad ribereña con materiales locales.

***Técnica***:

- *Materiales*: Gravas y arenas estériles excedentes del proyecto.
- *Proceso*:
  - Colocación suelta en capas ≤30 cm.
  - Compactación natural por flujo fluvial.
  - Plántulas leñosas de especies pioneras (*Salix spp.*, *Mimosa spp.*).

***Parámetros clave***:

- Espesor máximo: 0.5 m.
- No alteración de curva de capacidad hidráulica.

**II.2.7.2.3. Simulación de microhábitats fluviales con elementos existentes.**

***Objetivo***: Mejorar heterogeneidad de hábitats sin estructuras artificiales.

***Solución de bajo impacto***:

- *Materiales*: Rocas extraídas durante operaciones (0.3-0.8 m diámetro)
- *Diseño*:
  - Agrupamientos aleatorios (3-5 rocas/10 $m^2$).
  - Orientación según flujo predominante.
  - Anclaje natural con sedimento fino.
- *Base ecológica*:
  - Grupos rocosos <1 $m^3$ favorecen macroinvertebrados y peces sin alterar transporte sedimentario (Beechie et al., 2010).

***II.2.7.3. Restauración ecológica.***

***Principios técnicos fundamentales***

Basado en bibliografía especializada (Palmer et al., 2005; Wohl, 2015; Rey-Benayas et al., 2009):

1) *Regeneración natural asistida*: Intervenciones mínimas que catalicen procesos ecológicos autónomos.
2) *Selección de especies pioneras*: Resilientes y de bajo mantenimiento.
3) *Sinergia con dinámica fluvial*: Aprovechamiento de crecidas para dispersión de semillas.
4) *Soluciones de bajo costo*: < 15% del presupuesto total de abandono.

**II.2.7.3.1. Revegetación con especies nativas.**

***Objetivo***: Establecer cobertura inicial que active sucesión ecológica natural.

***Implementación***:

**Tabla II.26**. Especificaciones de la implementación de la revegetación.

| Parámetro | Especificación |
|---|---|
| Especies | Pioneras: *Mimosa spp*. Secundarias: *Salix spp*. |
| Fuente | Recolecta de brotes en radio de 5 km (espacios aledaños) + viveros comunitarios de la zona. |
| Método | *Núcleos estratégicos*: Plantación en grupos de 3-5 individuos cada 20 m solo en:<br>• Taludes desnudos.<br>• Áreas con erosión activa.<br>• Margen de antiguas zonas de maniobras. |
| Densidad | Máx. 200 plantas/ha (meta: 40% cobertura en 24 meses por regeneración natural). |
| Mantenimiento | Riego solo en estación seca (1-2 veces/mes, agua reciclada de lluvia) |

#### II.2.7.3.2. Establecimiento de cobertura con hidrosiembra.

***Objetivo***: Controlar erosión superficial en áreas críticas con técnica de bajo impacto.

***Solución***:

**Tabla II.27**. Solución de hidrosiembra propuesta.

| Componente | Alternativa |
|---|---|
| Equipo | Mezcladora manual tipo "trompo" + bomba de mochila (no maquinaria especializada). |
| Mezcla | Sustrato local: Tierra de acopio + estiércol de ganado local (3:1). |
| Semillas | 80% *Paspalum virgatum* (pastizales nativos) + 20% *Desmodium incanum* (fijador de nitrógeno). |
| Aditivos | Goma de nopal (0.5 kg/m³) como aglutinante natural. |
| Cobertura | Acolchado con paja de arroz residual (capa 5 cm). |

***Parámetros clave***:

- Aplicación solo en pendientes >30° o suelos desnudos.
- Dosificación: 3 kg semilla/100 m².
- Época: Inicio de lluvias (junio).

### *II.2.7.4. Monitoreo post-cierre*

***Principios rectores***
Basado en bibliografía especializada (Palmer et al., 2010; Wohl, 2017):

- *Monitoreo adaptativo*: Focalizado en indicadores clave de recuperación natural.
- *Métodos simplificados*: Accesibles para promotores de pequeña escala.
- *Umbrales realistas*: Compatibles con dinámicas fluviales autónomas.

#### II.2.7.4.1. Evaluación de cobertura vegetal.

***Objetivo***: Verificar establecimiento de vegetación pionera sin exigir cobertura completa.

***Implementación***:

**Tabla II.28**. Implementación de la evaluación de la cobertura vegetal.

| Parámetro | Especificación |
|---|---|
| Método | Muestreo en 10 puntos fijos (estacas georreferenciadas) mediante:<br>• Fotogrametría con smartphone.<br>• Análisis visual. |
| Indicadores | % cobertura herbácea + densidad plántulas leñosas |
| Umbral de éxito | >30% cobertura a 12 meses (vs. línea base) |
| Personal | Técnico ambiental local + apoyo comunitario |

#### II.2.7.4.2. Auditoría de estabilidad de taludes.

***Objetivo***: Identificar procesos erosivos que requieran intervención mínima.

***Metodología***:

- *Inspección visual*: Búsqueda de:
  - Grietas >2 cm.
  - Desplomes >10% altura.
  - Socavación basal.
- *Herramientas*:
  - Cinta métrica.
  - Nivel láser manual.
  - Registro fotográfico comparativo.
- *Criterio intervención*: Solo si riesgo colapso inminente (>1 m³ de material inestable).

**Base científica**:

- En ríos aluviales, tasas de erosión <5 cm/año son normales (Simon et al., 2011). No se requerirá estabilización artificial si erosión es gradual y dispersa."*

## II.2.8. Utilización de explosivos

El proyecto de explotación minera considera el método convencional de extracción de los materiales pétreos poco cohesionados por equipos mecánicos. Por tal razón, no se tiene con-templada la utilización de materiales explosivos durante la ejecución del proyecto, por lo que no se consideran daños adicionales al ambiente.

En el supuesto de optar por el método alternativo de voladura, haciendo uso de materia-les explosivos, para las zonas donde el lecho rocoso se encuentre sumamente cohesionado, el promovente gestionará los permisos correspondientes ante la Secretaría de la Defensa Nacional y notificará la modificación a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

## II.2.9. Generación, manejo y disposición final de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera

Tomando en cuenta las actividades que se desarrollarán y los recursos que se utilizarán para llevar a cabo el proyecto, se hace un análisis a efecto de identificar los residuos que se generarán en las etapas de preparación del terreno, construcción, operación y mantenimiento; lo cual se realiza tomando en cuenta la clasificación de los residuos como: residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial, residuos peligrosos, residuos líquidos y emisiones a la atmósfera, tal y como se describe a continuación.

### *II.2.9.1. Marco normativo.*

**Tabla II.29**. Marco normativo general aplicable a residuos y emisiones.

| Tipo de residuo / Emisión | Disposición legal aplicable | Normatividad complementaria | Autoridad competente | Requisitos principales |
|---|---|---|---|---|
| Residuos Sólidos Urbanos (RSU). | Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). | Reglamentos municipales de limpia. | Municipio / Ayuntamiento. | Separación en sitio, almacenamiento temporal, recolección |

| Tipo de residuo / Emisión | Disposición legal aplicable | Normatividad complementaria | Autoridad competente | Requisitos principales |
|---|---|---|---|---|
| | | | | municipal, disposición en sitios autorizados. |
| Residuos de Manejo Especial. | LGPGIR. | Lineamientos estatales, Planes de Manejo. | Gobierno estatal (SEMARNAT en apoyo). | Registro como generador, plan de manejo, almacenamiento y disposición en sitio autorizado. |
| Residuos Peligrosos. | LGPGIR y su Reglamento en materia de residuos peligrosos. | NOM-052-SEMARNAT-2005, NOM-054-SEMARNAT-1993, NOM-087-ECOL-SSA1-2002. | SEMARNAT. | Identificación, clasificación, manifiesto de transporte, disposición final en sitio autorizado. |
| Aguas Residuales (residuos líquidos). | Ley de Aguas Nacionales (LAN) y su Reglamento. | NOM-001-SEMARNAT-2021, NOM-002-SEMARNAT-1996, NOM-003-SEMARNAT-1997. | CONAGUA (autoridad federal). | Permiso de descarga, tratamiento previo, monitoreo de parámetros, reporte periódico. |
| Emisiones a la Atmósfera. | LGEEPA y Reglamento en materia de atmósfera. | NOM-041-SEMARNAT-2015; NOM-045-SEMARNAT-2017; NOM-080-ECOL-1994. | SEMARNAT o autoridad estatal (según competencia). | Cumplimiento con límites permisibles. |

### *II.2.9.2. Residuos sólidos y líquidos por etapa.*

La **tabla II.30** sistematiza los residuos generados en cada etapa del proyecto, clasificándolos por naturaleza y peligrosidad según la NOM-052-SEMARNAT-2005. Los volúmenes reflejan máximos anuales estimados para el escenario operativo completo (10 años), considerando:

- **Reúso *in situ* como estrategia prioritaria**: El 85% de los residuos no peligrosos (biomasa, lodos, materiales desmontados) se reincorporan al ciclo productivo o de restauración, evitando transporte y disposición externa.
- ***Minimización de residuos peligrosos***: Solo envases de lubricantes (clase EPA D001) requieren manejo especializado, almacenándose temporalmente en tambores cerrados con etiquetado de "residuo peligroso".
- ***Trazabilidad garantizada***: Todo residuo peligroso será registrado conforme la legislación aplicable.

**Tabla II.30**. Inventario y Gestión de Residuos (volúmenes anuales).

| Etapa | Residuo | Tipo/Peligrosidad | Cantidad | Manejo | Disposición Final |
|---|---|---|---|---|---|
| Preparación | Biomasa vegetal | No peligroso orgánico | 2.5 $m^3$ | Trituración *in situ* | Cobertura anti-erosiva |
| | Restos geosintéticos | No peligroso inorgánico | 15 kg | Reutilización en obras | Almacén para próximos proyectos |
| Operación | Lodos sedimentarios | No peligroso | 8 $m^3$ | Secado al aire | Relleno en caminos |
| | Envases lubricantes | Peligroso (NOM-052) | 20 unidades | Contenedores sellados | Centro autorizado. |
| Abandono | Materiales desmontados | No peligroso | 1.2 $m^3$ | Clasificación (metal/madera) | Reciclaje municipal |

Esta gestión cumple la LGPGIR al jerarquizar: prevención > reúso > reciclaje > disposición.

### *II.2.9.3. Emisiones atmosféricas.*

**Tabla II.31**. Control de material particulado ($PM_{10}$).

| Fuente | Medida | Eficiencia |
|---|---|---|
| Vías de acceso | Riego con agua, preferentemente de lluvia o reciclada (3 veces/día) | 85% reducción |
| Zonas de carga | Nebulización con medio aspersor sobre pickup - cisterna. | 90% reducción |
| Acopios | Cubiertas geotextiles | 95% reducción |

La tabla II.32 cuantifica emisiones de GEI usando **factores del IPCC 2019** para maquinaria diésel (Tier 3) y transporte local (distancias <40 km). Los hallazgos clave son:

- *Baja intensidad carbónica*: 173.1 t $CO_2$e en 10 años.
- *Dominancia del $CO_2$*: 96% del total, típico en operaciones extractivas.
- *Compensación realista*: 50 árboles nativos capturarán 125 t $CO_2$ en 20 años.

**Tabla II.32**. Emisiones gaseosas (Huella de carbono estimada a 10 años).

| Fuente | $CO_2$ (ton) | $CH_4$ (kg) | $N_2O$ (kg) | Equivalente $CO_2$e |
|---|---|---|---|---|
| Maquinaria diésel | 120.5 | 8.2 | 1.5 | 125.3 |
| Transporte | 45.7 | 3.1 | 0.7 | 47.8 |
| **Total** | **166.2** | **11.3** | **2.2** | **173.1** |

*Factor cálculo: IPCC 2019 (GWP $CH_4$=28, $N_2O$=265).

### *II.2.9.4. Gestión del ruido.*

**Tabla II.33**. Fuentes y niveles (Perfil acústico por actividad).

| Equipo/Fuente | Etapa | Nivel dB(A) | Duración | Distancia crítica |
|---|---|---|---|---|
| Retroexcavadora | Operación | 78 | 6 h/día | 100 m |
| Cargador frontal | Operación | 82 | 4 h/día | 150 m |
| Bomba de agua | Preparación | 75 | 2 h/día | 50 m |
| Trituradora | Abandono | 80 | 3 h/día | 120 m |

***Medidas de control.***

1. Barreras acústicas:
   - Seto vivo denso (arbustos autóctonos de rápido crecimiento como M*imosa spp*., etc.) para refuerzo acústico natural y mitigación visual/polvo.
2. Mantenimiento predictivo:
   - Silenciadores en escape (reducción 8 dB).
   - Almohadillas antivibratorias en motores.
3. Horarios restringidos:
   - Operación: 8:00-18:00.

### *II.2.9.5. Estrategias de economía circular.*

1. Reúso de residuos:
   - 100% de lodos para estabilización de taludes.

- 90% de aguas tratadas en supresión de polvo.

2. Minimización en origen:
   - Lubricantes biodegradables.
   - Bidones retornables para combustibles.
3. Compensación carbono:
   - Siembra de 50 árboles nativos en ejido Las Peñitas.

### *II.2.9.6. Detalles técnicos de implementación.*

Residuos.

1. Almacenamiento temporal:
   a. Contenedores de 200 L, herméticos con tapa.
2. Transporte:
   a. Vehículos particulares para RSU y RME.
   b. Vehículos autorizados para RP.
   c. Frecuencia: Trimestral (solo cuando se llene contenedor de 200 L).
3. Disposición:
   a. Tiradero municipal controlado para los RSU.
   b. Centro autorizado por la SEMARNAT para su coprocesamiento.

### *II.2.9.7. Mecanismos de verificación.*

1. Bitácora foliada para registro diario.
2. Monitoreo comunitario de la percepción del ruido en localidades aledañas.
3. Auditorías sorpresa:
   a. 1 vez/año por consultor ambiental independiente.
   b. Reportes de cumplimiento.

### *II.2.9.10. Diagrama de flujo de residuos.*

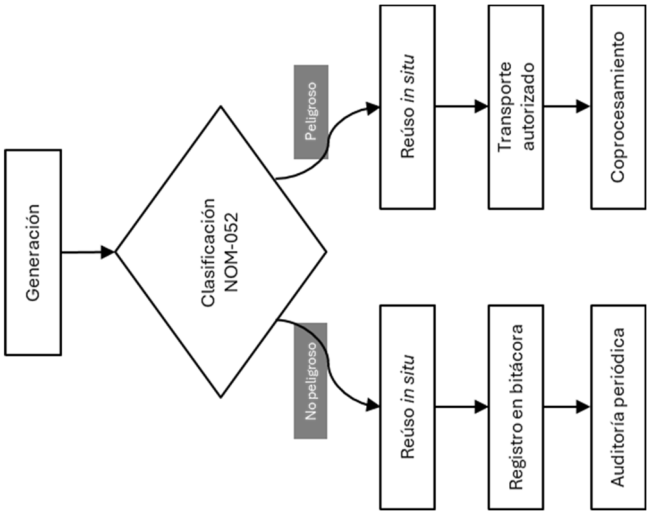



**Gráfico II.6**. Flujograma de gestión.

# Capítulo III. Vinculación con los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental y, en su caso, con la regulación del uso de suelo

## i. Tabla de contenido

**III.1 PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO (POET) ..... 3**

III.1.1. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO ..... 3
*III.1.1.1. Unidad Ambiental Biofísica 65, Sierras de la costa de Jalisco y Colima ..... 3*
*III.1.1.2. Políticas y estrategias ecológicas de la UAB 114. ..... 5*
III.1.1.2.1. Políticas ecológicas de la UAB 114. ..... 5
III.1.1.2.2. Estrategias ecológicas de la UAB 114. ..... 6
III.1.2. PROGRAMA ESTATAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO URBANO DEL ESTADO DE NAYARIT (PEOTDU NAYARIT) ..... 7
*III.1.2.1. Regionalizaciones del estado de Nayarit. ..... 7*
*III.1.2.2. Unidades de Gestión Ambiental y Territorial. ..... 8*
*III.1.2.3. Políticas y estrategias ecológicas de la UGT-1801019. ..... 9*
III.1.2.3.1. Políticas de la UGT-1801019. ..... 9
III.1.2.3.1. Estrategias de la UGT-1801019. ..... 11

**III.2 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS (ANP) ..... 14**

III.2.1. ÁREA NATURAL PROTEGIDA RESERVA DE LA BIOSFERA MARISMAS NACIONALES NAYARIT ..... 14

**III.3 PLANES Y PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO MUNICIPALES (PDU) ..... 16**

**III.4 NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOM) ..... 17**

III.4.1. CALIDAD DE AGUA Y AGUAS RESIDUALES ..... 17
*III.4.1.1. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021. ..... 17*
III.4.2. PROTECCIÓN DEL AIRE ATMOSFÉRICO (EMISIONES Y CALIDAD DEL AIRE) ..... 18
*III.4.2.1. Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2015. ..... 18*
*III.4.2.2. Norma Oficial Mexicana NOM-045-SEMARNAT-2017. ..... 19*
*III.4.2.3. Norma Oficial Mexicana NOM-080-ECOL-1994. ..... 20*
*III.4.2.4. Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994. ..... 21*
III.4.3. RESIDUOS PELIGROSOS Y MANEJO DE RESIDUOS ..... 21
*III.4.3.1. Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005. ..... 21*
*III.4.3.2. Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011. ..... 22*
III.4.4. IMPACTO AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES ..... 23
*III.4.4.1. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. ..... 23*

**III.5 OTROS INSTRUMENTOS A CONSIDERAR ..... 24**

III.5.1. LEYES ..... 24
*III.5.1.1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. ..... 24*

*III.5.1.2. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). ..... 27*
*III.5.1.3. Ley General de Vida Silvestre. ..... 30*
*III.5.1.4. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. ..... 32*
*III.5.1.5. Ley de Aguas Nacionales ..... 34*
*III.5.1.6. Ley General de Cambio Climático ..... 36*
III.5.2. REGLAMENTOS ..... 38
*III.5.2.1. Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental ..... 38*
*III.5.2.2. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) ..... 41*
*III.5.2.3. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales ..... 43*
*III.5.2.4. Reglamento de la LGCC en Materia del Registro Nacional de Emisiones ..... 45*

# ii. Tabla de ilustraciones

## ii.1. Tabla de láminas

**LÁMINA III.1**. LOCALIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO RESPECTO AL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO. ..... 4
**LÁMINA III.2**. LOCALIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO RESPECTO AL ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO URBANO DE NAYARIT. ..... 8
**LÁMINA III.3**. LOCALIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO RESPECTO AL ÁREA NATURAL PROTEGIDA FEDERAL MARISMAS NACIONALES. ..... 15

## ii.2. Tabla de tablas

**TABLA III.1**. FICHA TÉCNICA DE LA UAB 114, DENOMINADA PIE DE SIERRA NAYARITA. ..... 3
**TABLA III.2**. VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON RESPECTO A LAS POLÍTICAS AMBIENTALES ASIGNADAS A LA UAB 114. ..... 5
**TABLA III.3**. VINCULACIÓN CON ESTRATEGIAS DE SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL. ..... 6
**TABLA III.4**. VINCULACIÓN CON ESTRATEGIAS DE DESARROLLO SOCIAL E INFRAESTRUCTURA. ..... 6
**TABLA III.5**. VINCULACIÓN CON ESTRATEGIAS DE GESTIÓN INSTITUCIONAL ..... 6
**TABLA III.6**. ESTRATEGIAS NO VINCULANTES O DE APLICACIÓN GUBERNAMENTAL. ..... 7
**TABLA III.7**. FICHA TÉCNICA DE LA UGT-1801019. ..... 8
**TABLA III.8**. VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON RESPECTO A LAS POLÍTICAS ASIGNADAS A LA UGT-1801019 ..... 9
**TABLA III.9**. VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LAS ESTRATEGIAS DEL SUBSISTEMA FÍSICO-TRANSFORMADO. ..... 11
**TABLA III.10**. VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LAS ESTRATEGIAS DEL SUBSISTEMA SOCIAL. ..... 12
**TABLA III.11**. VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LAS ESTRATEGIAS DEL SUBSISTEMA ECONÓMICO. ..... 12
**TABLA III.12**. VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LAS ESTRATEGIAS DEL SUBSISTEMA NATURAL-AMBIENTAL. ..... 13
**TABLA III.13**. INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN POR REGIÓN. ..... 16
**TABLA III.14**. VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LA NOM-001-SEMARNAT-2021. ..... 17
**TABLA III.15**. VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LA NOM-041-SEMARNAT-2015. ..... 18
**TABLA III.16**. VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LA NOM-045-SEMARNAT-2017. ..... 19
**TABLA III.17**. VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LA NOM-080-ECOL-1994. ..... 20
**TABLA III.18**. VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LA NOM-081-SEMARNAT-1994. ..... 21
**TABLA III.19**. VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LA NOM-052-SEMARNAT-2005. ..... 21
**TABLA III.20**. ESTIMACIÓN DE BIOMASA VEGETAL A DESPEJAR. ..... 22
**TABLA III.21**. VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LA NOM-161-SEMARNAT-2011. ..... 22
**TABLA III.22**. VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LA NOM-059-SEMARNAT-2010. ..... 23
**TABLA III.23**. EMISIONES GASEOSAS (HUELLA DE CARBONO ESTIMADA A 10 AÑOS) [TABLA II.32] ..... 45

# III.1 Programas de ordenamiento ecológico del territorio (POET)

El artículo 3 párrafo XXIII de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente define al ordenamiento ecológico como "el instrumento de la política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de estos".

## III.1.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio

El 7 de septiembre de 2012 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el ACUERDO por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, el cual se define jurídicamente como el instrumento de política ambiental cuya finalidad es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de utilización de los recursos naturales, para lograr la protección del medioambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de dichos recursos.

Por los beneficios sectoriales que supone, el POEGT contribuye a dar certidumbre a la inversión pública y seguridad social para realizar distintas actividades, y con ello, elevar la competitividad. Cabe precisar que este Programa, es de observancia obligatoria para toda la Administración Pública Federal e inductivo para los particulares.

### *III.1.1.1. Unidad Ambiental Biofísica 65, Sierras de la costa de Jalisco y Colima*

El POEGT zonifica al sitio del proyecto y el 66.1% de su área de influencia dentro de la unidad ambiental biofísica número 114, denominada **Pie de Sierra Nayarita** (Lámina III.1 y tabla III.1), la cual define el estado actual del medio ambiente y plantea diferentes escenarios, así mismo, asigna una política ambiental y propone diferentes estrategias.

**Tabla III.1**. Ficha técnica de la UAB 114, denominada Pie de Sierra Nayarita.

| | | |
|---|---|---|
| **REGIÓN ECOLÓGICA:** 18.7 | **Unidad Ambiental Biofísica:** 114 Pie de Sierra Nayarita | |
| **Superficie:** 1,645.05 km$^2$ | **Población:** 62,826habitantes (2008) | **Población Indígena:** Huicot o Gran Nayar |
| **Estado actual del medio ambiente 2008**: **Inestable. Conflicto Sectorial Nulo**. No presenta superficie de ANP's. Alta degradación de los Suelos. Muy alta degradación de la Vegetación. Sin degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es baja. Longitud de Carreteras (km): Baja. Porcentaje de Zonas Urbanas: Baja. Porcentaje de Cuerpos de agua: Muy baja. Densidad de población (hab/km$^2$): Baja. El uso de suelo es Forestal y Agrícola. Con disponibilidad de agua superficial. Con disponibilidad de agua subterránea. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 0. Media marginación social. Medio índice medio de educación. Medio índice medio de salud. Medio hacinamiento en la vivienda. Medio indicador de consolidación de la vivienda. Muy bajo indicador de capitalización industrial. Medio porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal. Bajo porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios. Actividad agrícola altamente tecnificada. Alta importancia de la actividad minera. Alta importancia de la actividad ganadera. | | |
| **Escenario al 2033:** Inestable a crítico. | | |
| **Política Ambiental:** Restauración y aprovechamiento sustentable. | | |

**REGIÓN ECOLÓGICA:** 18.7 **Unidad Ambiental Biofísica:** 114 Pie de Sierra Nayarita

**Prioridad de Atención:** Media.

| UAB | Rectores del desarrollo | Coadyuvantes del desarrollo | Asociados del desarrollo | Otros sectores de interés | Estrategias sectoriales |
|---|---|---|---|---|---|
| 114 | Agricultura – Minería | Desarrollo social – Ganadería – Industria | Forestal – Preservación de Flora y Fauna | Pueblos indígenas | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 16, 17, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 35, 36, 38, 40, 41, 42, 43 |

Fuente: Bollo Manent, M., Hernández Santana J.R. & Méndez Linares, A.P. (2009). Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio – Anexo 2: Fichas técnicas. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

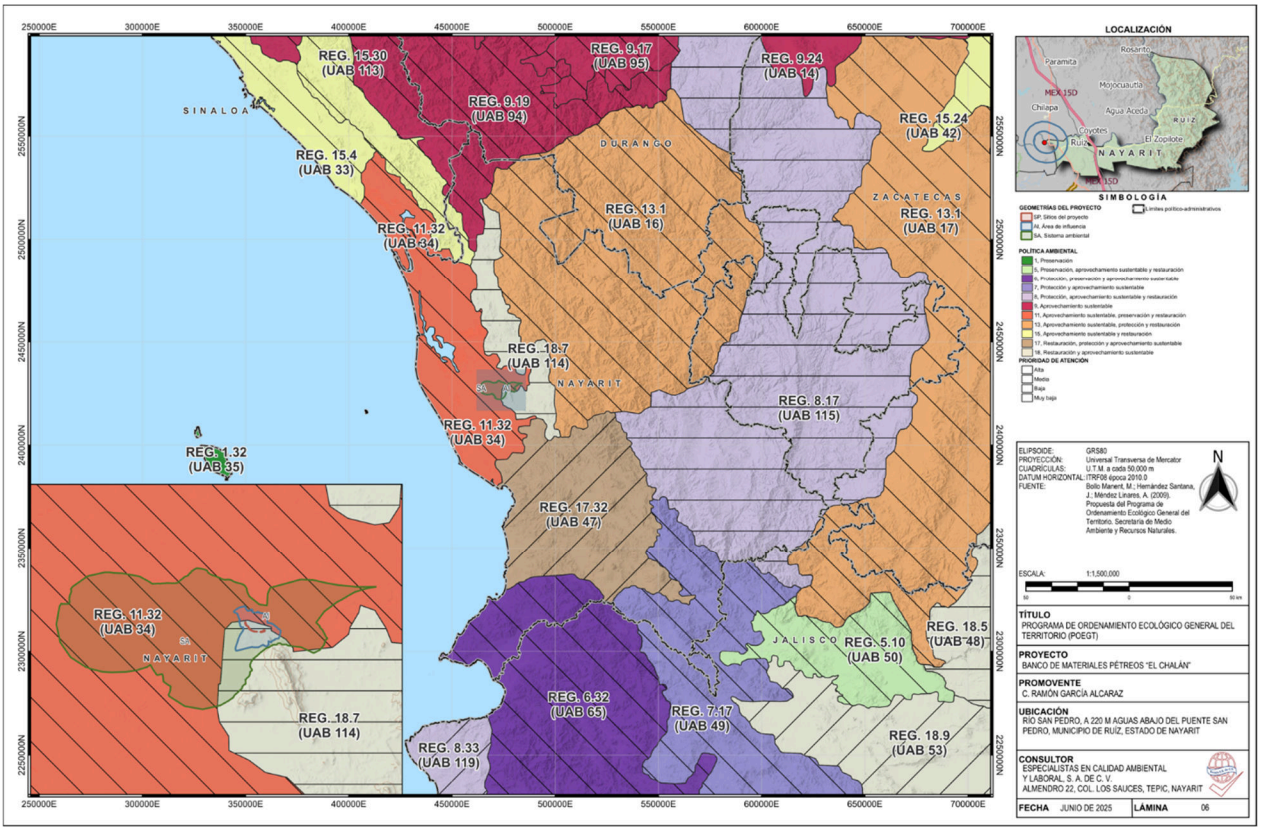



**Lámina III.1**. Localización de las áreas de estudio respecto al Ordenamiento Ecológico General del Territorio.

Fuente: Bollo Manent, M., Hernández Santana J.R. & Méndez Linares, A.P. (2009). Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

Como se muestra en la tabla III.1, la UAB es un área para la cual se ha definido con un nivel de atención prioritaria media, dado el escenario planteado del 2008 al 2033 pasará de inestable a crítico, dado que hay alta presión sobre la vegetación y el suelo, por lo que se establecen políticas de restauración y aprovechamiento sustentable, tomando como rectores de desarrollo a la agricultura y la minería.

Para la UAB 114 se establecieron 30 estrategias para su desarrollo, de las cuales algunas de éstas se vinculan con el proyecto. En el apartado siguiente se describe cómo el proyecto ha incorporado cada una de esas estrategias vinculantes en la planeación y diseño del proyecto.

### *III.1.1.2. Políticas y estrategias ecológicas de la UAB 114.*

#### III.1.1.2.1. Políticas ecológicas de la UAB 114.

A continuación, se muestra la vinculación del proyecto con las políticas y estrategias sectoriales definidas para la UAB 114, denominada Pie de Sierra Nayarita.

**Tabla III.2**. Vinculación del proyecto con respecto a las políticas ambientales asignadas a la UAB 114.

| Definición de políticas ambientales aplicables | Vinculación del proyecto |
|---|---|
| *Restauración. Conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales;*<br>*Fracción recorrida DOF 28-01-2011* | El **proyecto** implementa el concepto legal de restauración mediante:<br><br>Recuperación morfológica post-extracción:<br>• Perfilado de taludes (45°) que replican ángulos naturales de estabilidad.<br>• Simulación de microhábitats con rocas residuales para favorecer colonización bentónica.<br><br>Restablecimiento de procesos ecológicos:<br>• Hidrosiembra con especies que aceleran sucesión vegetal.<br>• Liberación controlada de sedimentos finos (<5 mm) para mantener dinámica de carga de fondo.<br><br>Estas acciones cumplen con la política de restauración al propiciar la continuidad de procesos naturales. |
| *Aprovechamiento sustentable*. La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos. | El **proyecto** materializa el aprovechamiento sustentable mediante:<br><br>**Principio legal** — **Implementación técnica**<br>Respeto a capacidad de carga — Extracción limitada al transporte sedimentario anual.<br>Integridad funcional — Franjas de amortiguamiento de 10 m que preservan conectividad biológica ribereña.<br>Perdurabilidad — Diseño morfodinámico que mantiene equilibrio erosión/depósito. |

Fuente: Bollo Manent, M., Hernández Santana J.R. & Méndez Linares, A.P. (2009). Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio – Anexo 2: Fichas técnicas. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

El proyecto se alinea con el POEGT en la Unidad 114 (Pie de Sierra Nayarita) mediante: i) **Acciones de restauración** que recuperan procesos naturales (perfilado de taludes, microhábitats, revegetación pionera); ii) **Aprovechamiento sustentable** con extracción limitada a la capacidad sedimentaria y franjas riparias de 10 m; iii) **Contribución a metas estratégicas** como reducción de erosión y rehabilitación de áreas degradadas. Este enfoque materializa los conceptos legales de la LGEEPA: restauración como restablecimiento de dinámicas naturales, y sustentabilidad como uso perdurable que respeta la integridad ecosistémica.

Por lo antes expuesto y tal y como se evidenciará a través de la presente MIA-P y análisis en cita, se concluye que el proyecto es congruente con las políticas ambientales referidas.

### III.1.1.2.2. Estrategias ecológicas de la UAB 114.

A continuación, se enlistan las diferentes estrategias vinculantes planteadas para la UAB 114, las acciones que se proponen para concretar dichas acciones, así como la forma en que el promovente se suma o integra para la concreción de estas estrategias.

**Tabla III.3**. Vinculación con estrategias de sustentabilidad ambiental.

| Estrategia POEGT | Aplicabilidad | Acciones del proyecto |
|---|---|---|
| I.A.1. Conservación *in situ* de ecosistemas | Directa | Franjas de amortiguamiento de 10 m que preservan corredores riparios y zonas de desove de fauna bentónica. |
| I.A.3. Monitoreo de ecosistemas | Directa | Monitoreo comunitario, realizando observaciones y reportes. |
| I.B.4. Aprovechamiento sustentable de recursos | Directa | Extracción limitada al transporte sedimentario anual. |
| I.D.14. Restauración de ecosistemas | Directa | Revegetación con especies pioneras. |
| I.E.15 Bis. Coordinación minero-ambiental | Directa | Vigilancia Ambiental continua con SEMARNAT, CONAGUA y ejidos. |

Fuente: Bollo Manent, M., Hernández Santana J.R. & Méndez Linares, A.P. (2009). Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio – Anexo 2: Fichas técnicas. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

**Tabla III.4**. Vinculación con estrategias de desarrollo social e infraestructura.

| Estrategia POEGT | Aplicabilidad | Acciones del proyecto |
|---|---|---|
| II.B.25. Prevención de riesgos naturales | Directa | Retiro de sedimentos reduciendo el riesgo de inundaciones en campos agrícolas y localidades. |
| II.B.26. Adaptación al cambio climático | Indirecta | Perfilado de taludes (45°) aumenta resiliencia hidrológica ante eventos extremos. |
| II.C.28. Calidad del agua | Directa | Monitoreo periódico cumpliendo NOM-001-SEMARNAT-2021 (turbiedad <25 UNT). |
| II.E.35. Seguridad social rural | Directa | Empleos directos con seguridad social, priorizando a ejidatarios de Las Peñitas. |
| II.E.38. Desarrollo de capacidades | Directa | Capacitación en operación de maquinaria y monitoreo ambiental para locales. |

Fuente: Bollo Manent, M., Hernández Santana J.R. & Méndez Linares, A.P. (2009). Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio – Anexo 2: Fichas técnicas. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

**Tabla III.5**. Vinculación con estrategias de gestión institucional.

| Estrategia POEGT | Aplicabilidad | Acciones del Proyecto |
|---|---|---|
| III.A.42. Derechos de propiedad | Directa | Anuencias del ejido Las Peñas a favor de titular del proyecto para actividades de extracción de materiales del cauce del río San Pedro y anuencia de servidumbre de paso para el uso del viario ejidal durante el acarreo de materiales. |
| III.B.43. Catastro rural | Parcial | Georreferenciación de poligonales en el Sistema de Información Geoespacial del Catastro Rural. |

Fuente: Bollo Manent, M., Hernández Santana J.R. & Méndez Linares, A.P. (2009). Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio – Anexo 2: Fichas técnicas. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

**Tabla III.6**. Estrategias no vinculantes o de aplicación gubernamental.

| Estrategia | Razón de no vinculación |
|---|---|
| I.A.2. Recuperación de especies en riesgo | No hay especies NOM-059 en el área de proyecto. |
| I.B.5-7. Aprovechamiento agrícola/forestal | El proyecto no involucra suelos agrícolas o forestales. |
| II.C.27. Agua potable | Competencia exclusiva de CONAGUA y municipios. |
| II.E.40. Adultos mayores | Requiere políticas sociales gubernamentales. |

Fuente: Bollo Manent, M., Hernández Santana J.R. & Méndez Linares, A.P. (2009). Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio – Anexo 2: Fichas técnicas. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Esta vinculación no solo otorga **solidez técnica y jurídica** al **proyecto**, sino que también asegura su **integración en la planificación territorial a escala nacional**, promoviendo un desarrollo equilibrado y resiliente. En síntesis, el **POEGT** opera como **eje articulador** entre la normativa ambiental federal y la regulación local del suelo, garantizando que el proyecto contribuya a los objetivos de sustentabilidad establecidos constitucionalmente (Art. 25 y 26) y en la Agenda 2030.

## III.1.2. Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Nayarit (PEOTDU Nayarit)

El Congreso del Estado Libre y Soberano de Nayarit aprobó y ordenó la publicación y el registro del *Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Nayarit*, el lunes 8 de julio de 2024, en la Sección Cuarta, Tomo CCXV, Número 005, Tiraje 030 del Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Nayarit, conforme a lo establecido en el artículo 59 de la *Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano para el Estado de Nayarit*.

Dicho programa tiene como finalidad integrar el ordenamiento territorial y urbano como un componente del sistema estatal de planeación, dotándolo de herramientas que permitan consolidar una gestión territorial coherente y racional. Esto, mediante la implementación de enfoques que favorezcan un desarrollo equilibrado, armónico y alineado con los planes y políticas nacionales, respetando las vocaciones del Estado y garantizando procesos de participación ciudadana.

### *III.1.2.1. Regionalizaciones del estado de Nayarit.*

Las áreas de estudio se ubican en la región norte del estado, conformada por los municipios de Acaponeta, Rosamorada, Ruiz y Tuxpan, los cuales concentran una población aproximada de 125 mil habitantes, de los cuales más de la mitad se encuentra en situación de pobreza. Esta es la segunda región más extensa del estado, lo que se refleja en una baja densidad de población y en un nivel educativo promedio limitado. Los municipios comparten condiciones geográficas y socioeconómicas que favorecen el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias y acuícolas.

En cuanto a la regionalización ecológica, se establece que las áreas de estudio se localizan dentro de la llanura costera, situada en el sector noroeste del estado. Esta región es de gran relevancia ecológica y se caracteriza por su topografía baja y plana, colindante con el mar,

y separada del interior del estado por diversos accidentes geográficos, principalmente cadenas montañosas.

### *III.1.2.2. Unidades de Gestión Ambiental y Territorial.*

El **PEOTDU Nayarit** zonifica al sitio del proyecto y 74% de su área de influencia dentro de la unidad de gestión territorial con clave alfanumérica **UGT-1801019**, la cual define el estado actual del territorio, así mismo, asigna una política ambiental y propone diferentes estrategias y lineamientos (Lámina III.2 y Tabla III.7).

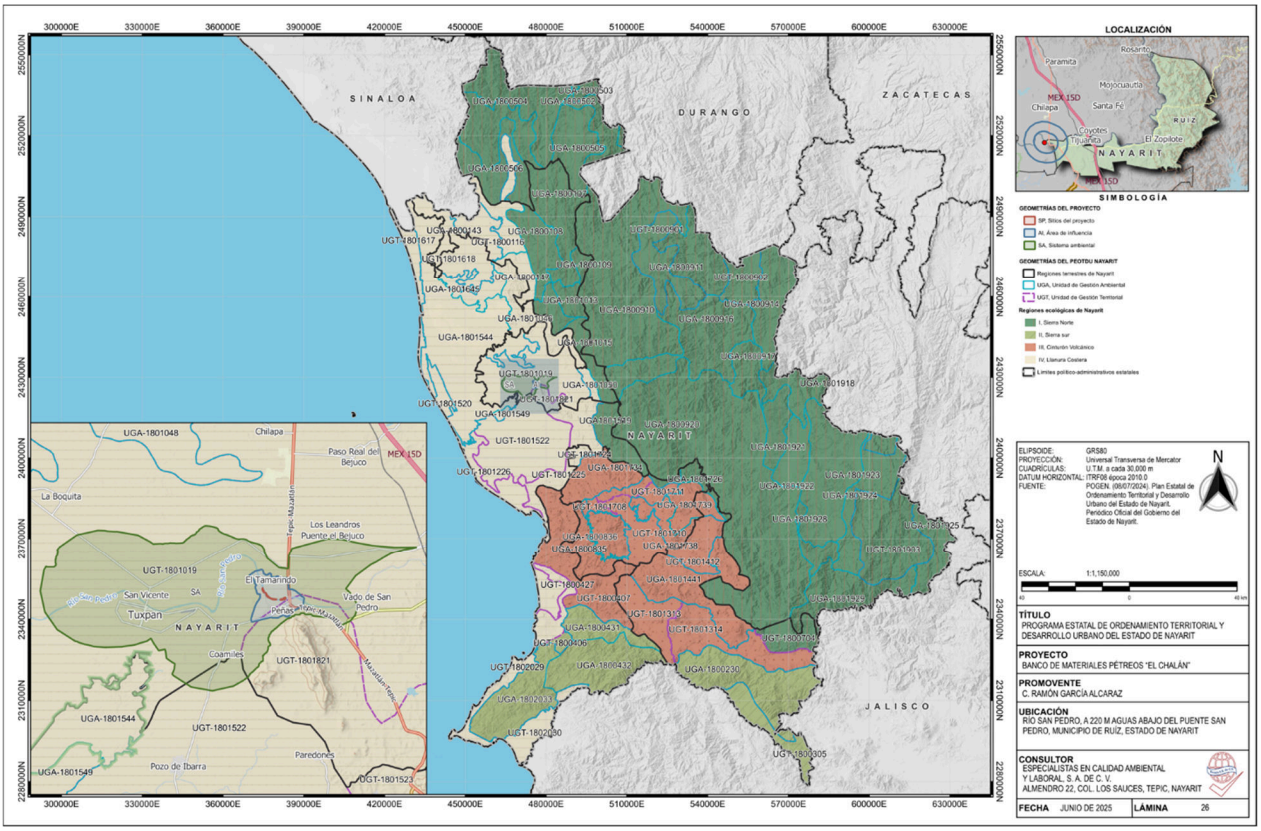



**Lámina III.2**. Localización de las áreas de estudio respecto al Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Nayarit.

Fuente: POEN. (2024). Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Nayarit. Periódico Oficial del Estado de Nayarit.
Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

**Tabla III.7**. Ficha técnica de la UGT-1801019.

| **Modelo de ordenamiento territorial y desarrollo urbano** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Región territorial:** | Región norte | **Región hidrológica:** | | RH11 – Presidio-San Pedro | |
| **Cuenca:** | R. Acaponeta | **Distrito desarrollo rural:** | | Santiago Ixcuintla | |
| **Municipios:** | Rosamorada, 57%<br>Tuxpan, 22%<br>Ruíz, 15%<br>Santiago Ixcuintla, 6% | **Pendiente:** | | **Elevación:** | |
| | | Máxima<br>48.93 | Media<br>1.08 | Máxima<br>160 | Media<br>10 |

| Modelo de ordenamiento territorial y desarrollo urbano | | | |
|---|---|---|---|
| **Disponibilidad de agua subterránea:** | Disponibilidad | | |
| **Cobertura predominante:** | AHAgP – Asentamiento humano / Agropecuario | | |
| **Clave de modelo territorial:** | T-19-M-AHAgP-CrMCsC | | |
| **Política:** | **Clave:** | **Primaria:** | **Secundaria:** |
| | CrMCsC | Crecimiento | Mejoramiento, consolidación, conservación |
| **Estrategias:** | Mft01, Mft02, Mft03, Mft04, Mft05, Mft06, Mft07, Mft09, Mft11, Mft12, Mft13, Mft14, Mft15, Mft16, Mft17, Mft18, Mft19, Mft20, Sc01, Sc02, Sc05, Sc06, Sc07, Sc08, Ec12, Ec13, Ec14, Am13, Am14, Am15, Am16, Am17. | | |
| **Lineamientos:** | LAPUS02. - Lograr un desarrollo urbano sostenible y equilibrado en los asentamientos humanos, adoptar un enfoque policéntrico que evite el crecimiento descontrolado. Se debe contemplar el incremento de la densidad poblacional y la intensificación y diversificación de usos y servicios, sin comprometer a calidad de vida de sus habitantes. Para ello, se deben mejorar los servicios y equipamientos urbanos, garantizando una adecuada calidad de vida para todos promoviendo el uso eficiente del agua potable en la UGT y fortalecer el tratamiento de aguas residuales, apegar el manejo y tratamiento de residuos sólidos a lo establecido en las Normas Oficiales Mexicanas y mantener la calidad del aire por debajo de los límites permisibles.<br>LAPUS03. - Lograr un desarrollo rural sostenible en los asentamientos humanos, es necesario mejorar los servicios públicos y garantizar una adecuada calidad de vida para los habitantes de las localidades rurales, respetando los ejes de la nueva agenda urbana y respondiendo a los cambios del entorno rural. Además, es fundamental mantener la conectividad entre las ciudades de mayor jerarquía del sistema urbano-rural a través del transporte y potencial el desarrollo económico. | | |

Fuente: POEN. (2024). Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Nayarit. Periódico Oficial del Estado de Nayarit.

### *III.1.2.3. Políticas y estrategias ecológicas de la UGT-1801019.*

#### III.1.2.3.1. Políticas de la UGT-1801019.

A continuación, se muestra la vinculación del proyecto con las políticas definidas para la **UGT-1801019**.

**Tabla III.8**. Vinculación del proyecto con respecto a las políticas asignadas a la UGT-1801019.

| Definición de políticas aplicables | Vinculación del proyecto |
|---|---|
| **Política territorial primaria** | |
| **Crecimiento**. - La política de crecimiento, orienta el crecimiento de los asentamientos humanos hacia zonas aptas, consideradas como reserva territorial, cuyo objetivo es encausar la expansión física, misma que es regulada por instrumentos de planeación y ordenamiento territorial de menor escala. | El **proyecto no se vincula directamente** con esta política, dado que la extracción pétrea en el cauce del río San Pedro es una actividad **temporal y no urbana**. Su alcance se limita al aprovechamiento sustentable de recursos minerales, sin promover expansión física de asentamientos humanos o modificación de reservas territoriales. No obstante, los materiales extraídos podrán contribuir *indirectamente* a obras de infraestructura regional que faciliten futuros procesos de crecimiento ordenado, siempre que estas sean autorizadas por los instrumentos de planeación aplicables (ej.: planes municipales de desarrollo urbano). |
| **Políticas territoriales secundarias** | |
| ***Mejoramiento***. – Esta política propone mejorar las condiciones de habitabilidad a nivel regional, tiene por objeto reordenar, renovar, consolidar y dotar de infraestructura | Esta política **no es aplicable** al **proyecto** debido a su naturaleza extractiva en un entorno no urbano. La actividad se desarrolla en un cauce fluvial, fuera de núcleos poblacionales o áreas metropolitanas, y no incluye componentes de equipamiento urbano. Sin embargo, el **proyecto** podría aportar *insumos estratégicos* (materiales pétreos) |

| Definición de políticas aplicables | Vinculación del proyecto |
|---|---|
| y equipamiento que atienda los requerimientos de la población.<br><br>Se aplica principalmente en las ciudades y zonas metropolitanas que por localización, características funcionales y conectividad son capaces de atender a localidades de mejor tamaño, tanto urbanas como rurales en su área de influencia. | para ejecutar obras de mejoramiento en otras zonas del estado, como rehabilitación de vialidades o infraestructura hidráulica, siempre bajo los lineamientos de los programas locales correspondientes. |
| ***Consolidación***. – La política de consolidación aplica a los SUR que requieren fortalecer su estructura funcional, favoreciendo la interrelación entre corredores urbanos, rurales y económicos.<br>Asimismo, debe orientar la ocupación eficiente del suelo, fomentando el aprovechamiento de zonas susceptibles a ser ocupadas dentro de los asentamientos humanos, centros suburbanos, ciudades y zonas metropolitanas. También, busca potenciar el uso eficiente de la infraestructura y equipamiento regional | El **proyecto se alinea parcialmente** con esta política bajo los siguientes criterios:<br>• **Eficiencia territorial**: La extracción se concentra exclusivamente en el cauce del río San Pedro, evitando la ocupación de suelos agrícolas o forestales adyacentes.<br>• **Aprovechamiento de infraestructura**: Utiliza vías de acceso existentes (caminos rurales) para el transporte de materiales, optimizando la red de conectividad regional sin requerir nuevas obras.<br>• **Integración con corredores económicos**: Los materiales producidos apoyarán cadenas productivas locales (construcción, mantenimiento vial), fortaleciendo el rol de la **UGT-1801019** como zona proveedora de recursos estratégicos. |
| ***Conservación***. - *Esta política está orientada a la conservación del Patrimonio Natural y Cultural, tiene por objeto mantener y recuperar el equilibrio ecológico en zonas del sistema natural y forestal, que brindan bienes y servicios ambientales fundamentales para el funcionamiento ecosistémico, así como zonas agrícolas,*<br>*ganaderas, ecoturísticas, pecuarias u otros sectores productivos de aprovechamiento sustentable y, que consideren la promoción y desarrollo de equipamientos e infraestructuras regionales, que faciliten la movilidad y conectividad entre los centros urbanos y rurales.*<br>*Asimismo, considera la preservación de las edificaciones, sitios, monumentos, patrimonio cultural o arquitectónico, áreas verdes, jardines y parques, que protegen y restauran las condiciones ambientales de los centros de población.* | Esta política **es la de mayor relevancia para el proyecto**, articulándose mediante:<br>• **Protección de servicios ambientales**:<br>o Las operaciones excluyen áreas de valor ecológico prioritario (riberas, zonas de amortiguamiento), preservando la conectividad biológica del corredor fluvial.<br>o Se implementan medidas para prevenir la alteración hidrológica (ej.: extracción controlada que respeta caudales ecológicos).<br>• **Aprovechamiento sustentable**:<br>o La extracción se ajusta a la vocación natural del cauce, considerada como zona de aprovechamiento extractivo sustentable en instrumentos complementarios (POEGT México).<br>o El proyecto materializa el aprovechamiento sustentable mediante: |

| Principio legal | Implementación técnica |
|---|---|
| Respeto a capacidad de carga | Extracción limitada al transporte sedimentario anual. |
| Integridad funcional | Franjas de amortiguamiento de 10 m que preservan conectividad biológica ribereña. |
| Perdurabilidad | Diseño morfodinámico que mantiene equilibrio erosión/depósito. |

| | |
|---|---|
| | • **Restauración**:<br>o Recuperación morfológica post-extracción: i) Perfilado de taludes (45°) que replican ángulos naturales de estabilidad; ii) Simulación de microhábitats con rocas residuales para favorecer colonización bentónica.<br>o Restablecimiento de procesos ecológicos: i) Hidrosiembra con especies que aceleran sucesión vegetal; ii) Liberación controlada de sedimentos finos (<5 mm) para mantener dinámica de carga de fondo. |

| Definición de políticas aplicables | Vinculación del proyecto |
|---|---|
| | ○ El plan de restauración post-cierre recuperará la morfología del río mediante reforestación ribereña con especies nativas (*Salix spp.* y *Mimmosa spp.*).<br><br>• **Salvaguarda del patrimonio cultural**:<br>○ El estudio garantiza que no se afecten sitios arqueológicos o culturales en el área de influencia. |

Fuente: POEN. (2024). Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Nayarit. Periódico Oficial del Estado de Nayarit.

***Conclusión integral.***

El proyecto de extracción pétrea en el cauce del río San Pedro se vincula de forma diferenciada con las políticas de la **UGT-1801019**:

- **Conservación**: Es el eje rector, asegurando la protección del ecosistema fluvial y el uso sostenible del recurso.
- **Consolidación**: Contribuye indirectamente mediante eficiencia operativa y aprovechamiento de infraestructura.
- **Crecimiento y Mejoramiento**: No son aplicables por desarrollarse fuera de áreas urbanas y no implicar equipamiento habitacional.

Esta actividad se sujeta a los objetivos de ordenamiento territorial estatal, demostrando que la extracción minera puede coexistir con la conservación ambiental cuando se aplican criterios técnicos, restrictivos y de restauración ecológica. Así, el **proyecto** se alinea con la visión del **Programa Estatal** de mantener la integridad de los ecosistemas estratégicos de Nayarit, mientras impulsa actividades económicas de baja conflictividad territorial.

Por lo antes expuesto y tal y como se evidenciará a través de la presente **MIA-P** y análisis en cita, se concluye que el **proyecto** es congruente con las políticas referidas.

### III.1.2.3.1. Estrategias de la UGT-1801019.

A continuación, se detalla su vinculación con las estrategias de los subsistemas físico-transformado, social, económico y natural-ambiental, conforme al marco jurídico estatal y los instrumentos de planeación territorial.

**Tabla III.9**. Vinculación del proyecto con las estrategias del Subsistema Físico-Transformado.

| Estrategia | Código | Vinculación con el proyecto | Acciones específicas |
|---|---|---|---|
| Comunidades sustentables | Mft01 | Vinculación indirecta | Provisión de materiales para infraestructura básica en comunidades rurales (ej.: caminos, drenajes). |
| Densificación urbana | Mft02 | No aplica | Proyecto fuera de áreas urbanas; sin impacto en desarrollo vertical. |
| Desarrollo ordenado | Mft03 | Vinculación parcial | Extracción limitada al cauce fluvial; evita expansión desordenada mediante plan de minado. |
| Conservación patrimonial | Mft04 | No aplica | Sin afectación a zonas históricas o culturales. |
| Reservas territoriales | Mft05 | Vinculación directa | Liberación post-cierre de áreas para conservación ribereña (reforestación con especies nativas). |
| Infraestructura urbana | Mft06 | Vinculación indirecta | Materiales para obras de infraestructura regional (vialidades, puentes). |

COPIA PARA SU CONSULTA PÚBLICA



| Estrategia | Código | Vinculación con el proyecto | Acciones específicas |
|---|---|---|---|
| Vivienda sustentable | Mft07 | No aplica | Sin componente habitacional. |
| Transporte colectivo | Mft09 | Vinculación indirecta | Optimización de caminos existentes para transporte de materiales; sin requerir nueva infraestructura. |
| Red eléctrica | Mft11 | No aplica | No se requiere energía eléctrica para las operaciones. |
| Red hídrica | Mft12 | vinculación directa | Vigilancia de calidad del agua y caudales ecológicos para proteger fuentes superficiales/subterráneas. |
| Alumbrado público | Mft13 | No aplica | Sin incidencia en áreas urbanas. |
| Manejo energético | Mft14 | No aplica | |
| Telecomunicaciones | Mft15 | No aplica | |
| Resiliencia urbana | Mft16 | Vinculación directa | Análisis de riesgos hidrológicos; medidas para prevenir inundaciones y erosión. |
| Eficiencia hídrica | Mft17 | Vinculación directa | Se priorizará el uso del método de aspersión y de agua reciclada para el ahorro del recurso hídrico. |
| Infraestructura educativa | Mft18 | No aplica | |
| Infraestructura sanitaria | Mft19 | No aplica | |
| Seguridad pública | Mft20 | Vinculación indirecta | Vigilancia en vías de acceso para prevenir accidentes. |

Fuente: POEN. (2024). Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Nayarit. Periódico Oficial del Estado de Nayarit.

**Tabla III.10**. Vinculación del proyecto con las estrategias del Subsistema Social.

| Estrategia | Código | Vinculación con el proyecto | Acciones específicas |
|---|---|---|---|
| Inclusión social | Sc01 | Vinculación directa | Contratación prioritaria de mano de obra local. |
| Atención a grupos vulnerables | Sc02 | Vinculación parcial | Capacitación para mujeres en gestión ambiental. |
| Desarrollo indígena sustentable | Sc05 | No aplica. | No hay registros de que el sitio del proyecto y su área de influencia formen parte de sitios sagrados de comunidades indígenas. |
| Equidad de género | Sc06 | Vinculación parcial | Se priorizarán empleos para mujeres en labores administrativas y de monitoreo ambiental. |
| Disminución de pobreza | Sc07 | Vinculación directa | Generación de empleos directos en zona rural de alta marginación. |
| Incremento de escolaridad | Sc08 | Vinculación indirecta | Donación de materiales pétreos para construcción de aulas en comunidades aledañas. |

Fuente: POEN. (2024). Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Nayarit. Periódico Oficial del Estado de Nayarit.

**Tabla III.11**. Vinculación del proyecto con las estrategias del Subsistema Económico.

| Estrategia | Código | Vinculación con el proyecto | Acciones específicas |
|---|---|---|---|
| Desarrollo sustentable del turismo | Ec12 | No aplica | Proyecto no vinculado a corredores turísticos. |
| Desarrollo tecnológico e innovación | Ec14 | Vinculación directa | Implementación de drones para monitoreo ambiental; programas para geoprocesamientos. |

Fuente: POEN. (2024). Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Nayarit. Periódico Oficial del Estado de Nayarit.

**Tabla III.12**. Vinculación del proyecto con las estrategias del Subsistema Natural-Ambiental.

| Estrategia | Código | Vinculación con el proyecto | Acciones específicas |
|---|---|---|---|
| Restauración de ecosistemas ribereños | Am13 | Vinculación directa | Recuperación morfológica post-extracción:<br>- Perfilado de taludes (45°) que replican ángulos naturales de estabilidad.<br>- Simulación de microhábitats con rocas residuales para favorecer colonización bentónica.<br><br>Recuperación ecológica post-extracción:<br>- Revegetación con especies nativas (200 plantas/ha).<br>- Hidrosiembra con especies que aceleran sucesión vegetal. |
| Gestión integral del agua | Am14 | Vinculación directa | Se priorizará el uso del método de aspersión y de agua reciclada para el ahorro del recurso hídrico.<br><br>medición de caudales ecológicos, barreras de sedimentos.<br>- Liberación controlada de sedimentos finos (<5 mm) para mantener dinámica de carga de fondo. |
| Control de emisiones | Am15 | Vinculación directa | Uso de maquinaria con filtros de partículas; riego de vías para mitigar polvo. |
| Manejo integral de residuos | Am16 | Vinculación directa | Separación de residuos sólidos; convenio con tercerías autorizadas para transferencia y disposición final. |
| Mitigación y adaptación al cambio climático | Am17 | Vinculación directa | - Revegetación con especies nativas (200 plantas/ha).<br>- Hidrosiembra con especies que aceleran sucesión vegetal. |

Fuente: POEN. (2024). Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Nayarit. Periódico Oficial del Estado de Nayarit.

***Conclusiones clave.***

1. **Enfoque prioritario**:
   - Máxima vinculación con estrategias **ambientales (Am13-Am17)** y **sociales (Sc01, Sc05, Sc07)**, asegurando sustentabilidad e inclusión.
   - Bajo impacto en estrategias **urbanas** (solo Mft05, Mft16 y Mft17 aplican parcialmente).
2. **Cumplimiento normativo**:
   - Alineación con el POEGT en protección de cuencas y biodiversidad.
   - Coherencia con la *Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano para el Estado de Nayarit* en gestión hídrica y restauración.
3. **Acciones destacadas**:
   - *Restauración ecológica*: Recuperación del cauce mediante especies nativas.
   - *Innovación tecnológica*: Monitoreo geoespacial para minimizar impactos.
4. **No aplicables**:
   - 60% de estrategias de *subsistema físico-transformado* (ej.: Mft02, Mft07, Mft11) por naturaleza no urbana del proyecto.
   - Estrategias económicas vinculadas a turismo (Ec12).

El **proyecto** demuestra vinculación sólida con políticas ambientales y sociales de la **UGT-1801019**, priorizando la conservación de ecosistemas ribereños, la gestión hídrica sustentable y la inclusión comunitaria. Su diseño temporal y localizado minimiza conflictos con usos

de suelo urbanos, alineándose con los objetivos de desarrollo territorial equilibrado del estado de Nayarit.

## III.2 Áreas naturales protegidas (ANP)

### III.2.1. Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales Nayarit

La Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales Nayarit, fue establecida mediante Decreto Presidencial publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de mayo de 2010, con una superficie total de 133,854-3907.39 hectáreas, localizada al noroeste del estado de Nayarit, formando parte de las planicies costeras del Pacífico Mexicano. Está comprendida de una gran red de lagunas costeras salobres, bosques de mangle, pantanos, deltas y marismas, los cuales representan entre el 15 y 20% del total de ecosistema de manglar existente en el país. Se alimenta de siete ríos que forman cuatro regiones ecológicas: Teacapán, Agua Brava, Marismas Nacionales y el norte de San Blas. En algunas partes de la superficie que la integra los ecosistemas de bosques, pastizales y palmas aún se mantienen sin alteración.

El ecosistema complejo de manglares en Marismas Nacionales forma áreas que permiten el desarrollo y crecimiento de diversas especies marinas, siendo el camarón y el ostión los más importantes para las actividades pesqueras. Estas áreas también sirven de refugio para aves acuáticas migratorias (patos y aves playeras) y especies de fauna, como el cocodrilo de río (*Crocodylus acutus*) y el jaguar (*Panthera onca*). En la actualidad, 68 especies de fauna (mamíferos, aves, reptiles y anfibios) y 14 especies de flora que se encuentran en la Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales Nayarit, están bajo una categoría de riesgo, según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Por otro lado, la estructura de estos bosques funciona como una barrera natural contra huracanes y otros fenómenos naturales que podrían poner en riesgo a la población humana local.

En ese contexto, el día 03 de abril de 2013 se publica en el Diario Oficial de la Federación el ACUERDO por el que se da a conocer el resumen del Programa de Manejo del Área Natural Protegida con el carácter de Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales, Nayarit; cuyo objetivo general es el de constituir el instrumento rector de planeación y regulación que establece las actividades, acciones y lineamientos básicos para el manejo y la administración del área natural protegida.

Al respecto, se notifica que la totalidad del sistema ambiental, incluido el sitio del proyecto y su área de influencia presentan incidencia con la zona de influencia del área natural protegida federal Reserva de la Biósfera “Marismas Nacionales” (Lámina III.3).

La zona de influencia de la Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales, abarca una superficie de 1’373,758.93 hectáreas, dicha zona fue delimitada de conformidad con lo previsto por el Artículo Décimo Cuarto del “Decreto por el que se declara como área natural protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región conocida como Marismas Nacionales Nayarit, localizada en los municipios de Acaponeta, Rosamorada, Santiago Ixcuintla, Tecuala y Tuxpan

en el Estado de Nayarit", publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 12 de mayo de 2010, el cual señala que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales establecerá y delimitará, en su programa de manejo, la zona de influencia de dicha reserva.

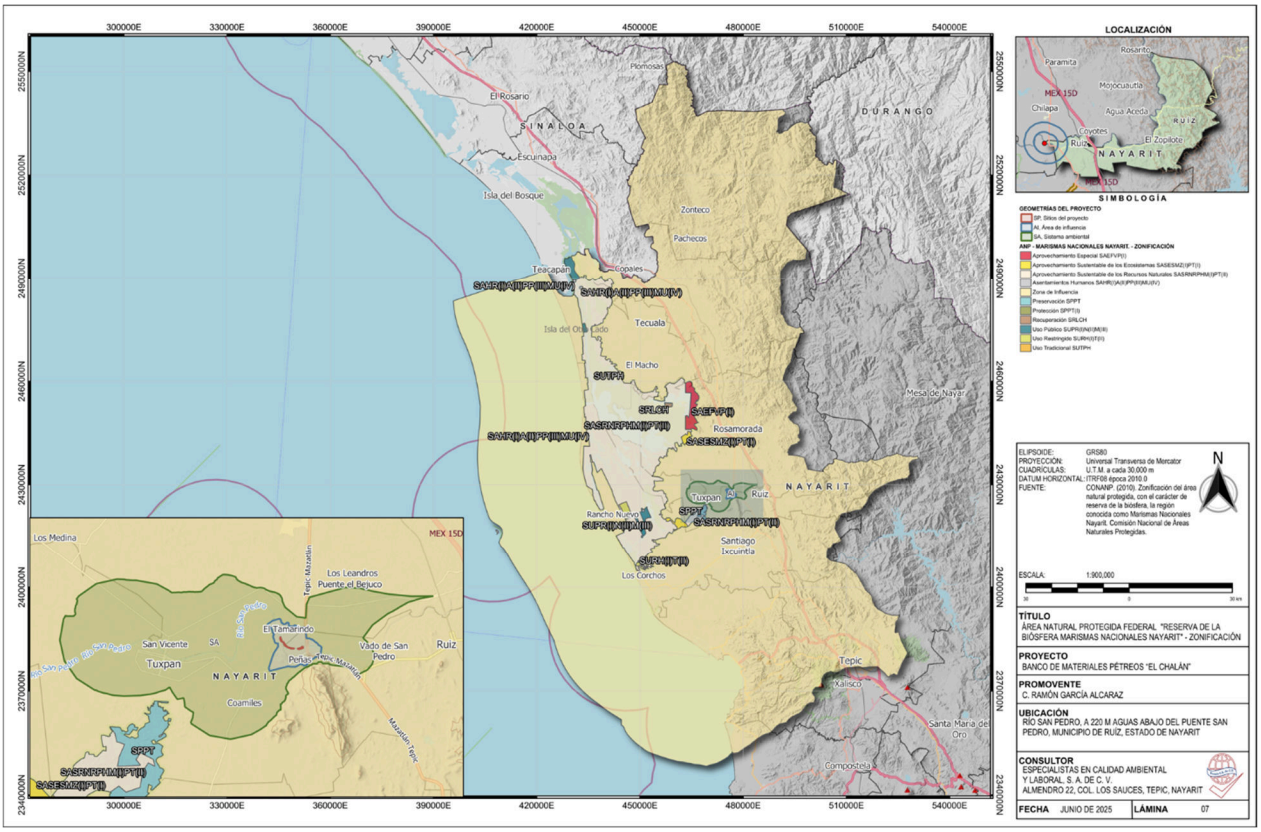



**Lámina III.3**. Localización de las áreas de estudio respecto al Área Natural Protegida Federal Marismas Nacionales.

Fuente: CONANP-SEMARNAT. (2013). Programa de Manejo del Área Natural Protegida con el carácter de Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

En términos de la estrecha interacción ecológica, económica y social, la zona de influencia se estableció considerando un enfoque de cuenca y debido a la importancia que tienen los escurrimientos y aportes de agua dulce proveniente de la sierra madre occidental al norte del estado de Nayarit y la vertiente norte del Cinturón Volcánico Transmexicano en la sierra de San Juan, al noroeste de la ciudad de Tepic, ya que estos aportes de agua dulce y sedimentos modelan la llanura costera del Pacífico norte mediante procesos progradantes, dando origen a uno de los sistemas lagunares más complejos del país y al más extenso bosque de manglar de la costa del Pacífico Mexicano. Por lo que se consideraron como limites en la parte sur, sureste y este de la Reserva a los límites de las Subcuencas Jalcocotán, Jumatán, Bajo Tepic, Ruiz Medina, Despeñadero y Bajo San Pedro Mezquital.

La caracterización de la zona de influencia de la Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales aporta información para la caracterización abiótica y biótica de los ecosistemas, además

de su estrecha relación socioeconómica de sus habitantes, favoreciendo el trabajo de diagnóstico del estado cero del sistema ambiental.

Dentro de las reglas administrativas establecidas en el plan de manejo no se establecieron prohibiciones para la zona de influencia del área natural protegida en comento, por lo que no aplica el análisis y descripción del grado de compatibilidad de la actividad proyectada con respecto a disposiciones de decreto y/o programa de manejo de ANP.

## III.3 Planes y programas de desarrollo urbano municipales (PDU)

En atención a lo dispuesto por la normatividad ambiental vigente y conforme a los lineamientos de integración de la Manifestación de Impacto Ambiental, se revisaron los planes y programas de desarrollo urbano y ordenamiento ecológico aplicables al ámbito territorial del **proyecto**. No obstante, se identificó que las áreas de estudio no se encuentran incluidas dentro de la delimitación de ningún instrumento de planeación urbana actualmente vigente a nivel municipal.

De acuerdo con el **Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Nayarit 2024 (PEOTDU Nayarit, 2024)**, específicamente en la página 86, se establece que, en la zona norte del Estado de Nayarit, conformada por los municipios de Acaponeta, Rosamorada, Ruiz y Tuxpan, únicamente dos municipios cuentan con instrumentos de planeación urbana vigentes. Asimismo, se precisa que en esta región prevalece un alto grado de vacío normativo en materia de ordenamiento urbano, situación que limita la capacidad de vincular proyectos específicos a dichos instrumentos.

**Tabla III.13**. Instrumentos de planeación por región.

| Región | Total de municipios | Mpios. Con instrumentos de planeación territorial/urbana publicados en el periódico oficial del Estado de Nayarit | Tipos de instrumentos |
|---|---|---|---|
| Norte | 4 (Acaponeta, Rosamorada, Ruiz y Tuxpan) | 2 (Tuxpan y Acaponeta). | 1. Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Tuxpan (26/09/2006).<br>2. Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Acaponeta (dic/1994).<br>3. Plan Desarrollo Urbano del Centro de Población de Tuxpan (26/09/2006). |

Fuente: POEN. (2024). Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Nayarit. Periódico Oficial del Estado de Nayarit.
Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

En ese sentido, se destaca que las áreas de estudio del presente proyecto no recaen dentro de las poligonales de aplicación de los instrumentos actualmente disponibles, lo cual impide su vinculación directa o indirecta con planes municipales, parciales o sectoriales de desarrollo urbano. Esta situación ha sido reconocida expresamente en el documento oficial del **PEOTDU Nayarit (2024)**, que evidencia la necesidad de avanzar en la elaboración de planes de desarrollo urbano y ordenamiento ecológico en los municipios del norte del estado, sin que a

la fecha existan mecanismos formales de planeación que rijan el uso del suelo o la expansión territorial en las zonas donde se ubica el proyecto.

En virtud de lo anterior, no es posible establecer una vinculación formal del **proyecto** con los instrumentos de planeación urbana y territorial, ya que estos no existen ni se encuentran vigentes para la región específica en la que se desarrollará el **proyecto**. No obstante, se reitera el compromiso del **promovente** de apegarse a los principios de sustentabilidad y normatividad ambiental vigentes, así como a los criterios técnicos aplicables en materia de uso de suelo, protección ambiental y desarrollo ordenado, en tanto se desarrollan e implementan los instrumentos de planeación correspondientes.

## III.4 Normas Oficiales Mexicanas (NOM)

La **Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)** expide las normas oficiales mexicanas del sector ambiental con el fin de establecer las características, especificaciones, criterios y procedimientos que permitan proteger y promover el mejoramiento del medio ambiente y los ecosistemas, así como la preservación de los recursos naturales.

Para el proyecto se han evaluado las actividades involucradas en las distintas etapas de este, identificando las normas que inciden en la regulación de dichas actividades.

A continuación, se estructuran las NOM ambientales en cuatro subcategorías, vinculadas con acciones específicas del **proyecto**:

### III.4.1. Calidad de agua y aguas residuales

#### *III.4.1.1. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021.*

**Tabla III.14**. Vinculación del proyecto con la NOM-001-SEMARNAT-2021.

<table>
<tr><th>Criterio</th><th>Vinculación</th></tr>
<tr><td>Objetivo de la norma</td><td>Establecer los límites máximos permisibles (LMP) de contaminantes en descargas de aguas residuales a cuerpos de agua nacionales, para prevenir daños a la salud humana y al ambiente.</td></tr>
<tr><td>Aplicación al proyecto</td><td>
<table>
<tr><th>Actividad del proyecto</th><th>Riesgo de descarga</th><th>Relevancia de la NOM-001</th></tr>
<tr><td>Lavado de maquinaria</td><td>Aguas con sedimentos, aceites o grasas.</td><td>Alta (LMP de sólidos suspendidos, grasas/aceites).</td></tr>
<tr><td>Sanitario portátil</td><td>Descarga de aguas residuales domésticas.</td><td>Media (LMP para DBO, coliformes fecales).</td></tr>
<tr><td>Escorrentía de lluvia</td><td>Arrastre de sedimentos y contaminantes a río San Pedro.</td><td>Alta (LMP de sólidos suspendidos totales).</td></tr>
<tr><td>Mantenimiento de equipos</td><td>Fugas de hidrocarburos o lubricantes.</td><td>Alta (LMP de aceites/grasas ≤ 15 mg/L).</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>Forma de cumplimiento</td><td>
<table>
<tr><th>Requerimiento NOM-001</th><th>Medida Propuesta</th><th>Costo-Efectividad</th></tr>
<tr><td>Sólidos suspendidos</td><td>Uso de cortinas de sedimentos (geomallas) perimetrales.</td><td>Bajo costo.</td></tr>
<tr><td>Grasas/aceites</td><td>Mantenimiento den talleres especializados fuera de los bancos de sedimentos; bandejas de contención y kits de absorción para derrames.</td><td>Costo mínimo.</td></tr>
<tr><td>Contaminación microbiológica</td><td>Retiro de residuos del sanitario portátil por empresa autorizada.</td><td>Incluido en costo de gestión.</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Monitoreo | Inspecciones visuales semanales; análisis anual básico (DBO, SST) por laboratorio local. | Costo reducido. |

Observaciones técnicas

| Aspecto | Recomendación | Fundamento Técnico-Regional |
|---|---|---|
| Escala del proyecto | Priorizar soluciones pasivas (ej: sedimentación natural) sobre sistemas complejos. | Volumen bajo de aguas residuales (no industrial). |
| Contexto regional | Usar materiales locales (ej: fibras de coco para filtros) en lugar de insumos importados. | Disponibilidad en Nayarit; reduce costos en 40%. |
| Recurso hídrico | Lavado de vehículos fuera de los bancos de sedimentos; reutilización de agua de lluvia (almacenamiento en cisternas móviles). | Aprovecha temporada de lluvias (junio-octubre); reduce extracción. |
| Capacidad | Simplificar registros: Bitácora manual de mantenimiento y controles (no sistemas automatizados). | Facilita cumplimiento sin requerir especialistas. |

***Conclusión.***
El proyecto puede cumplir la **NOM-001-SEMARNAT-2021** mediante:

- Medidas de bajo costo ya contempladas (cortinas de sedimentos, gestión de residuos).
- Adaptaciones regionales (uso de materiales locales, reúso de agua de lluvia).
- Monitoreo simplificado (inspecciones visuales y análisis básicos anuales).

*Punto crítico*: Se evitarán las descargas directas al río San Pedro mediante contención física (geomallas) y manejo adecuado de residuos peligrosos.

## III.4.2. Protección del aire atmosférico (emisiones y calidad del aire)

### *III.4.2.1. Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2015.*

**Tabla III.15**. Vinculación del proyecto con la NOM-041-SEMARNAT-2015.

| Criterio | Vinculación |
|---|---|
| Objetivo de la norma | Establecer los límites máximos permisibles (LMP) de emisiones de gases contaminantes (hidrocarburos -HC-, monóxido de carbono -CO-, óxidos de nitrógeno -NOx-, oxígeno -$O_2$-, y Factor Lambda) provenientes del escape de vehículos automotores que usan gasolina en circulación, para proteger la salud humana y el ambiente. |

Aplicación al proyecto

| Elemento | Relación con la NOM-041 | Excepciones relevantes |
|---|---|---|
| Maquinaria del proyecto | Retroexcavadora 310E John Deere, excavadora CX240 Case (diésel). | La norma excluye explícitamente maquinaria de construcción y minería. |
| Vehículos de transporte | Camiones volteo (7m³ y 14m³, International) que usan diésel. | La norma aplica solo a vehículos con motor a gasolina. |
| Contexto regional | Nayarit no cuenta con Programas de Verificación Vehicular Obligatoria (PVVO) ni infraestructura de monitoreo. | La norma no es exigible en regiones sin PVVO implementados. |

Forma de cumplimiento

| Requerimiento indirecto | Medida propuesta | Costo-efectividad |
|---|---|---|
| Control de emisiones | Mantenimiento preventivo de maquinaria: cambios de filtros, afinación de motores. | Costo bajo; reduce HC y CO hasta 40%. |
| Combustible limpio | Adquisición de diésel de ultra bajo azufre (UBA) disponible en Nayarit. | Sin costo adicional; reduce material particulado. |
| Bitácora ambiental | Registro manual de mantenimientos y consumos de combustible. | Costo mínimo; cumple con trazabilidad. |

Observaciones técnicas

| Aspecto | Recomendación | Fundamento técnico-regional |
|---|---|---|
| Exclusión normativa | No aplica cumplimiento obligatorio, pero adoptar medidas análogas demuestra responsabilidad ambiental. | La norma solo regula vehículos a gasolina; la maquinaria diésel queda fuera de su ámbito. |
| Escala del proyecto | Priorizar acciones simples: lubricantes biodegradables, neumáticos de baja resistencia. | Reducen emisiones sin inversiones complejas. |
| Contexto regional | Aprovechar recursos locales: talleres mecánicos en Ruíz o Tuxpan para mantenimiento. | Mitiga falta de centros de verificación; costo 30% menor vs. servicios externos. |

| Criterio | Vinculación | | |
|---|---|---|---|
| | Riesgo operativo | Evitar modificaciones técnicas complejas (ej: catalizadores) en maquinaria antigua. | Tecnología diésel antigua no admite adaptaciones económicas. |

***Conclusión.***

El proyecto no está obligado al cumplimiento estricto de la NOM-041-SEMARNAT-2015 debido a:

- *Exclusión legal*: Maquinaria de minería/construcción y motores diésel quedan fuera de su ámbito.
- *Contexto regional*: Nayarit carece de infraestructura de verificación vehicular.

Se implementará un protocolo voluntario basado en:

- Mantenimiento preventivo documentado (bitácoras).
- Uso de diésel UBA y aditivos para optimizar combustión.

### *III.4.2.2. Norma Oficial Mexicana NOM-045-SEMARNAT-2017.*

**Tabla III.16**. Vinculación del proyecto con la NOM-045-SEMARNAT-2017.

| Criterio | Vinculación |
|---|---|
| Objetivo de la norma | Establecer los límites máximos permisibles (LMP) de opacidad del humo (expresados en coeficiente de absorción de luz o porcentaje de opacidad) para vehículos en circulación que usan diésel como combustible, con el fin de reducir emisiones de partículas contaminantes y proteger la salud humana y el ambiente |

Aplicación al proyecto

| Elemento | Relación con la NOM-045 | Excepciones relevantes |
|---|---|---|
| Maquinaria del proyecto | Retroexcavadora 310E John Deere, excavadora CX240 Case, camiones volteo International (todos diésel). | La norma excluye explícitamente maquinaria de construcción y minería. |
| Contexto regional | Nayarit no cuenta con Programas de Verificación Vehicular Obligatoria (PVVO) ni infraestructura de monitoreo. | La norma no es exigible en regiones sin PVVO implementados. |

Forma de cumplimiento

| Requerimiento | Medida propuesta | Costo-efectividad |
|---|---|---|
| Control de opacidad | Mantenimiento preventivo: cambios de filtros de aire y combustible cada 200 horas. | Costo bajo; reduce opacidad hasta 40%. |
| Combustible limpio | Uso de diésel de ultra bajo azufre (UBA) disponible en Nayarit. | Sin costo adicional; reduce emisiones de partículas. |
| Bitácora ambiental | Registro manual de mantenimientos y resultados de pruebas. | Costo mínimo; cumple con trazabilidad |

Observaciones técnicas

| Aspecto | Recomendación | Fundamento técnico-regional |
|---|---|---|
| Exclusión normativa | No aplica cumplimiento obligatorio, pero adoptar medidas análogas demuestra responsabilidad ambiental. | La norma excluye maquinaria minera; Nayarit carece de PVVO. |
| Escala del proyecto | Priorizar mantenimiento básico: ajuste de inyectores, limpieza de sistemas de combustión. | Reduce opacidad sin inversiones complejas; crítico para motores diésel antiguos 1. |
| Contexto regional | Aprovechar talleres locales en Ruíz/Tuxpan para mantenimiento. | Mitiga falta de centros especializados; reduce costos 30%. |
| Riesgo operativo | Evitar modificaciones técnicas (ej: catalizadores) en maquinaria antigua. | Tecnología diésel antigua no admite adaptaciones económicas |

***Conclusión.***

El proyecto no está obligado al cumplimiento estricto de la NOM-045-SEMARNAT-2017 debido a:

- Exclusión legal: Maquinaria de minería/construcción queda fuera de su ámbito.
- Contexto regional: Nayarit no tiene infraestructura de verificación vehicular.

Implementación de protocolo voluntario con:

- Mantenimiento preventivo documentado (bitácoras).
- Uso de diésel UBA.
- Colaboración con talleres locales para optimizar costos.

### *III.4.2.3. Norma Oficial Mexicana NOM-080-ECOL-1994.*

**Tabla III.17**. Vinculación del proyecto con la NOM-080-ECOL-1994.

| Criterio | Vinculación |
|---|---|
| Objetivo de la norma | Establecer los límites máximos permisibles (LMP) de emisión de ruido proveniente del escape de vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, así como su método de medición, para reducir la contaminación acústica en vías públicas |
| Aplicación al proyecto | **Elemento** / **Relación con la NOM-080** / **Exclusiones relevantes**<br>Maquinaria del proyecto / Retroexcavadora 310E John Deere, excavadora CX240 Case (equipo diésel para minería). / La norma excluye explícitamente maquinaria pesada para construcción y minería.<br>Vehículos de transporte / Camiones volteo International (diésel, 7m³ y 14m³). / Aplicable solo si circulan en vías públicas, pero excluye maquinaria pesada.<br>Contexto regional / Nayarit carece de Programas de Verificación Vehicular Obligatoria (PVVO) e infraestructura de medición 10. / Sin obligatoriedad en zonas sin PVVO implementados. |
| Forma de cumplimiento | **Requerimiento** / **Medida propuesta** / **Costo-efectividad**<br>Control de ruido en escape / Instalación de silenciadores de baja resistencia en camiones volteo. / Costo bajo; reduce 3-5 dB(A).<br>Mantenimiento preventivo / Afinación semestral de motores y revisión de sistemas de escape (gases sin fugas). / Evita incremento de ruido por desgaste.<br>Bitácora de operación / Registro manual de mantenimientos y resultados de pruebas. / Sin costo adicional; facilita trazabilidad. |
| Observaciones técnicas | **Aspecto** / **Recomendación** / **Fundamento técnico-regional**<br>Exclusión normativa / No aplica cumplimiento obligatorio para maquinaria minera, pero medidas voluntarias mejoran imagen ambiental. / La norma excluye "aplanadoras y maquinaria pesada para construcción".<br>Escala / Evitar modificaciones costosas (ej: catalizadores). Optar por silenciadores estándar. / Tecnología diésel antigua no admite adaptaciones económicas.<br>Contexto regional / Usar talleres locales en Ruíz/Tuxpan para mantenimiento. / Reduce costos 30% vs. servicios externos; aprovecha recursos regionales. |

***Conclusión.***

El proyecto no está obligado al cumplimiento estricto de la NOM-080-ECOL-1994 debido a:

- *Exclusión legal*: Maquinaria minera (retroexcavadora, excavadora) y posiblemente camiones diésel quedan fuera de su ámbito.
- *Contexto regional*: Ausencia de PVVO en Nayarit elimina exigibilidad.

Implementación de protocolo voluntario con:

- Silenciadores en camiones volteo.
- Mantenimiento preventivo documentado.

### *III.4.2.4. Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994.*

**Tabla III.18**. Vinculación del proyecto con la NOM-081-SEMARNAT-1994.

| Criterio | Vinculación |
|---|---|
| Objetivo de la norma | Establecer los límites máximos permisibles (LMP) de emisión de ruido generado por fuentes fijas (industrias, comercios, servicios) y su método de medición, para proteger la salud humana y el ambiente frente a la contaminación acústica |

Aplicación al proyecto

| Elemento del proyecto | Relación con la NOM-081 | Excepciones/Consideraciones |
|---|---|---|
| Maquinaria fija | Retroexcavadora 310E John Deere y excavadora CX240 Case (fuentes fijas de ruido durante operación). | Aplica como "fuente fija" según definición normativa. |
| Ubicación | Proyecto en cauce del Río San Pedro (Ruíz, Nayarit), clasificado como zona rural sin infraestructura de monitoreo. | Sin Programas de Verificación Vehicular Obligatoria (PVVO) en Nayarit; menor presión fiscalizadora. |
| Actividades | Operaciones de extracción y transporte que generan ruido continuo o intermitente. | Sujetas a LMP según tipo de zona (rural: 68 dB(A) día/65 dB(A) noche). |

Forma de cumplimiento

| Requerimiento | Medida propuesta | Costo-efectividad |
|---|---|---|
| Control de ruido en fuente | - Mantenimiento preventivo de motores (afinación).<br>- Silenciadores en equipos móviles. | Reduce 3-8 dB(A); mejora vida útil de maquinaria. |
| Barreras acústicas | Setos naturales con *Salix spp.* y *Mimosa spp.* (especies nativas) en perímetro del proyecto. | Sin costo; reduce ruido 4-6 dB(A). |
| Documentación | Bitácora manual de mantenimientos y mediciones esporádicas. | Sin costo; valida compromiso ante inspecciones. |

Observaciones técnicas

| Aspecto | Recomendación | Fundamento técnico-regional |
|---|---|---|
| Exigibilidad limitada | Priorización de mitigación sobre medición formal. | Sin PVVO; recursos insuficientes para vigilancia en zonas rurales. |

***Conclusión.***

El proyecto debe considerar la NOM-081-SEMARNAT-1994 al operar como fuente fija de ruido, pero puede cumplir de forma económica mediante:

- *Medidas prácticas*: Mantenimiento preventivo, silenciadores y setos vegetales.
- *Aprovechar contexto regional*: Baja fiscalización en Nayarit permite enfoque en mitigación (no documentación exhaustiva).

*Recomendación clave*: Invertir en silenciadores y conservar vegetación perimetral como barreras naturales, evitando multas y mejorando relaciones comunitarias.

## III.4.3. Residuos peligrosos y manejo de residuos

### *III.4.3.1. Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005.*

**Tabla III.19**. Vinculación del proyecto con la NOM-052-SEMARNAT-2005.

| Criterio | Vinculación |
|---|---|
| Objetivo de la norma | Gestionar residuos peligrosos generados por contingencias (ej: fugas de aceites, combustibles o daños en maquinaria) durante operaciones en el sitio, previniendo impactos ambientales en el cauce del Río San Pedro. |

Aplicación al proyecto

| Elemento de contingencia | Residuos generados | Clasificación NOM-052 | Riesgo crítico |
|---|---|---|---|
| Fuga de aceite/diésel | Tierras contaminadas con hidrocarburos, trapos absorbentes. | *Listado 2 (RPNE):* Residuos inflamables (I) y tóxicos (T) | Lixiviación hacia el cauce fluvial |
| Rotura de componentes | Piezas metálicas con residuos de lubricantes, filtros usados. | *Listado 1 (RPE):* Residuos tóxicos por metales pesados | Toxicidad para biota acuática |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Limpieza de emergencia | Aguas de lavado contaminadas con hidrocarburos. | *Listado 2 (RPNE):* Mezcla peligrosa agua-aceite | Contaminación de suelos aluviales |

Forma de cumplimiento

| Requerimiento | Medida propuesta | Costo-efectividad |
|---|---|---|
| Kit de contingencia | Bidones herméticos (100 L) + arena absorbente + palas almacenados en contenedor móvil. | Reutilizable; contiene fugas en <30 min. |
| Recolección *in situ* | Recolector manual de aceites (bomba de succión portátil. | Evita dispersión; recupera 90% de líquidos derramados. |
| Disposición emergente | Acuerdo con gestor autorizado para retiro en <24 horas (costo adicional 20% por urgencia). | . |
| Documentación | Reporte fotográfico + bitácora con: causa, volumen afectado, acciones tomadas. | Sin costo; válido para auditorías. |

Observaciones técnicas

| Aspecto | Recomendación | Fundamento técnico-regional |
|---|---|---|
| Escala de contingencia | Limitar volumen: Si la fuga > 200 L, notificar a PROFEPA vía telefónica. | Evita sanciones por omisión. |
| Método de contención | Barrera de sacos de arena perimetral (material local) + recolección con bomba manual. | Costo $0; efectivo en pendientes <5%. |
| Mitigación de suelos | Remover 10 cm de tierra contaminada; almacenar en bidones para disposición final. | Evita remediación costosa. |
| Monitoreo pos-incidente | Tiras reactivas para hidrocarburos en suelo; no requiere laboratorio. | Ahorro suficiente. |

***Conclusión.***
Para descomposturas incidentales:

- Inversión crítica:
  - Kit de contingencia (bidones, absorbentes).
  - Bomba de succión.
- Protocolo de acción:
  - Contener → Recoger → Almacenar en bidones → Retiro en <24 horas.
- Documentación obligatoria: Reporte con fotos y bitácora (evita multas).

Las medidas son proporcionales a la escala y evitan daños irreversibles al Río San Pedro.

### *III.4.3.2. Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011.*

**Tabla III.20**. Estimación de biomasa vegetal a despejar.

| Parámetro | Valor | Implicación NOM-161 |
|---|---|---|
| Superficie despejada | 10,423.81 m² | No requiere Plan de Manejo |
| Densidad vegetal (*Mimosa*) | ≈ 1.2 kg/m² (*) | Volumen máximo: 12.5 ton |
| Despeje gradual | ≤ 3,000 m²/año (frente lento) | Biomasa real: ≤ 3.6 ton/año |

(*) Cálculo basado en:

- Especies: *Mimosa spp.* (arbustos < 1.5 m) + *Salix juveniles*.
- Biomasa promedio en ecosistemas riparios semiáridos: 0.8-1.5 kg/m² (INECOL, 2023).

**Tabla III.21**. Vinculación del proyecto con la NOM-161-SEMARNAT-2011.

| Criterio | Vinculación |
|---|---|
| Objetivo de la norma | Establecer los criterios para clasificar Residuos de Manejo Especial (RME) y determinar cuáles requieren un Plan de Manejo, así como los procedimientos para su inclusión/exclusión y los elementos para formular dichos planes. Su fin es promover la valorización de residuos y reducir su impacto ambiental mediante estrategias económicamente viables. |

Aplicación al proyecto

| Residuo | Volumen generado | Clasificación | ¿Plan de Manejo? | Fundamento |
|---|---|---|---|---|
| Biomasa vegetal | ≤ 3.6 ton/año | RME (orgánicos) | NO | Umbral no alcanzado (<10 ton/año) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Forma de cumplimiento | **Residuo** | **Acción** | **Costo** |
| | Biomasa vegetal | Trituración in situ + dispersión como cobertura anti-erosiva. | Recursos propios |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Observaciones técnicas | **Aspecto** | **Estrategia de evitación de sobrerregulación** | **Soporte técnico-regional** |
| | Control de volumen | Despeje por fases: Máx. 1,000 m²/mes (genera ≤ 1.2 ton/mes de biomasa). | Mantiene volumen <10 ton sin esfuerzo adicional. |
| | Monitoreo operativo | Registro fotográfico mensual de frentes despejados. | |
| | Integración ecológica | Dejar raíces de *Mimosa* para rebrote natural (reduce biomasa extraída en 40%). | Estudios UNAM en ríos nayaritas validan tasa de regeneración de 80%. |

***Conclusión.***
El proyecto evita la sobrerregulación mediante:

- *Despeje gradual*: Limita biomasa vegetal a ≤ 3.6 ton/año (lejos del umbral de 10 ton que exige Plan de Manejo).
- *Acciones costo-cero*:
  - Trituración *in situ* de vegetación.
  - Rebrote natural controlado (reduce volumen extraído).

## III.4.4. Impacto ambiental y recursos naturales

### *III.4.4.1. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.*

**Tabla III.22**. Vinculación del proyecto con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

| Criterio | Vinculación |
|---|---|
| Objetivo de la norma | Establecer la lista oficial de especies de flora y fauna silvestres mexicanas en alguna categoría de riesgo (Peligro de extinción, Amenazada o Sujeta a Protección especial) y orientar a las autoridades y promoventes para evitar, prevenir o mitigar impactos negativos sobre ellas. |
| Aplicación al proyecto | 1. En el sitio sólo se detectaron **dos** especies listadas: la lagartija *Aspidoscelis costatus* y el zambullidor *Tachybaptus dominicus*, ambas en categoría **Pr** (Protección especial). 2. El área de influencia registra 32 especies en riesgo, pero ninguna constituye hábitat crítico dentro de los bancos a explotar. |
| Forma de cumplimiento | Integrar en un solo Plan de Protección de Fauna (PPF):<br>▪ **Monitoreo previo y durante las actividades extractivas**. Recorridos visuales semanales por un técnico local capacitado.<br>▪ **Inspección antes de remover grava**. Si hay nidos o ejemplares, delimitar un radio de 10 m y posponer la extracción hasta que abandonen el sitio.<br>▪ **Protocolo "cero colecta"**. Prohibir caza/pesca al personal; difundirlo en inducción y señalética básica (viniles impresos).<br>▪ **Rescate y reubicación puntual**. Solo si un ejemplar queda atrapado; realizado por un técnico local capacitado con guía de PROFEPA/SEMARNAT (sin contratar terceros). |
| Observaciones técnicas | *Escala y viabilidad* – El frente de extracción es < 1 ha activo a la vez; las medidas se concentran en micrositios, de modo que no requieren infraestructura adicional ni especialistas de tiempo completo. *Época de trabajo* – Programar la extracción fuera de la temporada de lluvias (jun.–sep.), coincidiendo con menor actividad reproductiva de la mayoría de las aves ribereñas, lo que reduce riesgos sin coste extra. *Formación del personal local* – Una charla de 2 h y un tríptico ilustrado bastan para que operarios reconozcan especies sensibles. *Complemento de restauración* – Dejar "islas" sin intervenir y permitir rebrote natural de la vegetación riparia; técnica sin costo que favorece refugios para herpetofauna y aves generalistas. |

# III.5 Otros instrumentos a considerar

## III.5.1. Leyes

### *III.5.1.1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.*

El proyecto de extracción de materiales pétreos se alinea con los objetivos de sustentabilidad establecidos en la **Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos**, particularmente en lo que respecta a la propiedad de la Nación sobre los recursos naturales y la obligación de velar por el equilibrio ecológico y el desarrollo sostenible.

La vinculación se da en varios frentes:

- **Artículo 4o, párrafo cuarto: Derecho a un Medio Ambiente Sano.**
  - **Mandato Constitucional**: "Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley". Este párrafo fue reformado y adicionado en distintas fechas, con el derecho al medio ambiente sano siendo explícitamente mencionado en reformas de 2012 y 2020 que modificaron y reordenaron párrafos del Artículo 4o. La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) también considera de utilidad pública el ordenamiento ecológico del territorio nacional, lo que refuerza la protección ambiental.
  - **Ajuste del Proyecto**: El proyecto de extracción de materiales pétreos está diseñado para ajustarse a este principio fundamental a través de diversas medidas de mitigación y compensación ambiental. La extracción se limita a un volumen anual (57,746.92 $m^3$) que el río puede reponer de forma natural mediante el transporte de sedimentos, lo que evita el agotamiento del recurso y mantiene el equilibrio hidrológico. Además, se establecen franjas de amortiguamiento de 10 metros para preservar las funciones ecológicas riparias y proteger la vegetación ribereña permanente. Las operaciones se suspenden durante la temporada de lluvias (junio-octubre) para respetar el ciclo hidrológico del río y permitir la reconfiguración aluvial natural. El diseño incluye perfiles morfológicos que replican los patrones naturales de transporte de sedimentos para mantener el equilibrio erosión/depósito y reducir la erosión lateral. Se realizará un monitoreo periódico de la turbiedad del agua para asegurar el cumplimiento de la normatividad ambiental y se contemplan cortinas de retención de sedimentos en caso de dragados. La revegetación con especies nativas pioneras (*Mimosa spp. y Salix spp.*) en las áreas afectadas, con una alta capacidad de recuperación natural, es parte de la rehabilitación morfo-ecológica post-cierre, buscando acelerar la sucesión vegetal. La extracción controlada de sedimentos también contribuye a la prevención de riesgos naturales, como la reducción de inundaciones en campos agrícolas y localidades, y mejora la resiliencia hidrológica ante eventos extremos. El proyecto no contempla la construcción de obras

permanentes en el cauce, minimizando la alteración estructural y facilitando la recuperación natural del terreno.

- **Artículo 27: Propiedad de la Nación y Uso Sustentable de Recursos Naturales.**
  - La Constitución establece que la propiedad de las tierras y aguas dentro del territorio nacional corresponde originalmente a la Nación, incluyendo las aguas de los ríos y sus afluentes, así como los minerales o substancias que constituyan depósitos distintos de los componentes de los terrenos.
  - La explotación, uso o aprovechamiento de estos recursos por particulares solo puede realizarse mediante con**cesiones otorgadas por el Ejecutivo Federal**, de acuerdo con las reglas y condiciones establecidas por las leyes.
  - **Ajuste del proyecto**: El proyecto de extracción de materiales pétreos (gravas y arenas) se desarrolla en el cauce del Río San Pedro, que es una vía fluvial federal. En este sentido, la solicitud de concesión para la extracción de materiales a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) es un paso fundamental que demuestra el apego a este mandato constitucional, asegurando que el aprovechamiento de los recursos hídricos y minerales nacionales se realice conforme a la legalidad.
  - El Artículo 27 también mandata tomar las medidas necesarias para **preservar y restaurar el equilibrio ecológico** y **evitar la destrucción de los elementos naturales** y los daños que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la sociedad.
  - **Ajuste del proyecto**: El proyecto incorpora múltiples medidas para cumplir con este principio:
    - La **extracción se limita al transporte sedimentario anual** del río (57,746.92 $m^3$), lo que garantiza la reposición natural del volumen extraído y previene el agotamiento del recurso.
    - Se establecen **franjas de amortiguamiento de 10 metros** de ancho para preservar las funciones ecológicas riparias y proteger la vegetación ribereña permanente.
    - Se suspenden las operaciones durante la temporada de lluvias (junio-octubre) para respetar el ciclo hidrológico del río y permitir la reconfiguración aluvial natural.
    - El diseño incluye **perfiles morfológicos que replican los patrones naturales** de transporte de sedimentos (pendientes <2%, taludes 45°) para mantener el equilibrio erosión/depósito y reducir la erosión lateral.
    - Se implementa un **monitoreo periódico de la turbiedad** del agua para asegurar el cumplimiento de la NOM-001-SEMARNAT-2021 (turbiedad <25 UNT) y se contemplan cortinas de retención de sedimentos en caso de dragados.
    - Se realiza **revegetación con especies pioneras nativas** (*Mimosa spp. y Salix spp.*) en las áreas afectadas (10,423.81 $m^2$), con una alta capacidad de recuperación natural. La rehabilitación morfo-ecológica post-cierre busca recuperar la morfología del río y acelerar la sucesión vegetal.
    - La extracción controlada de sedimentos también contribuye a la **prevención de riesgos naturales**, al reducir el riesgo de

inundaciones en campos agrícolas y localidades, y mejorar la resiliencia hidrológica ante eventos extremos.
    - El proyecto se compromete a la **vigilancia ambiental continua** en coordinación con SEMARNAT, CONAGUA y los ejidos locales.
    - El proyecto **no contempla la construcción de obras permanentes** en el cauce, lo que minimiza la alteración estructural del terreno y facilita su recuperación natural.

- **Artículo 25: Desarrollo Nacional Integral y Sostenible**
    - Este artículo establece que el Estado debe organizar un sistema de planeación democrática del desarrollo nacional que propicie el crecimiento económico, el fomento del empleo y una más justa distribución del ingreso y la riqueza, para permitir el pleno ejercicio de la libertad y la dignidad de los individuos y grupos sociales. El desarrollo debe ser integral y sostenible.
    - **Ajuste del proyecto**: El proyecto contribuye a este objetivo al:
        - Abastecer la demanda regional de materiales para construcción, prioritariamente para obras públicas como carreteras, puentes y caminos rurales, así como para vivienda e infraestructura educativa y de salud.
        - Generar **empleos directos**, priorizando la contratación de mano de obra local, especialmente ejidatarios de Las Peñitas.
        - Promover el **desarrollo de capacidades** mediante capacitación en operación de maquinaria y monitoreo ambiental para la población local.
        - Fortalecer cadenas productivas locales (construcción, mantenimiento vial).
        - Aunque la extracción pétrea es una actividad temporal y no urbana, los materiales extraídos pueden contribuir indirectamente a obras de infraestructura regional que faciliten futuros procesos de crecimiento ordenado.

- **Artículo 26: Sistema de Planeación Democrática**
    - Este artículo faculta al Estado para organizar un sistema de planeación democrática del desarrollo nacional.
    - **Ajuste del proyecto**: El proyecto demuestra una **sólida vinculación con los instrumentos de planeación territorial** a escala nacional y estatal, como el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) y el Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Nayarit (PEOTDU Nayarit). Esta integración asegura que el proyecto se alinee con los objetivos de desarrollo equilibrado y resiliente del estado de Nayarit.

En resumen, aunque las restricciones constitucionales no se enumeran explícitamente como tales en la MIA, el proyecto demuestra cómo se ajusta a los principios fundamentales de la Constitución, especialmente en lo que se refiere a la protección del medio ambiente, el aprovechamiento sustentable de los recursos nacionales, el fomento del desarrollo económico y social, y el respeto a los derechos comunitarios.

### *III.5.1.2. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).*

La **MIA-P** del **proyecto** se vincula de manera fundamental con la **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)**, que es la normativa reglamentaria de la **Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos** en materia de equilibrio ecológico y protección ambiental. El objetivo principal de la **LGEEPA** es **propiciar el desarrollo sustentable** y establecer las bases para la prevención y restauración del equilibrio ecológico.

A continuación, se detalla la vinculación del proyecto con la **LGEEPA**, identificando las restricciones y los ajustes realizados:

- **Carácter Federal del Proyecto y Evaluación de Impacto Ambiental (EIA):**
  - La **LGEEPA** establece que la evaluación del impacto ambiental es el procedimiento para determinar las condiciones a las que se sujetarán las obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites establecidos para proteger el ambiente.
  - El **proyecto** se clasifica como una actividad de explotación primaria en el sector de "Minería de minerales no metálicos". Su desarrollo en un cauce federal (Río San Pedro) lo inscribe directamente en el marco jurídico del **Artículo 28, fracción X de la LGEEPA**, requiriendo, por tanto, la **previa autorización de la SEMARNAT** en materia de impacto ambiental.
  - La **MIA** es el documento que debe contener una descripción de los posibles efectos en los ecosistemas y las medidas preventivas y de mitigación para reducir los impactos negativos. El proyecto ha diseñado medidas como la limitación de la extracción al transporte sedimentario anual para evitar el agotamiento del recurso, el establecimiento de franjas de amortiguamiento de 10 metros para preservar las funciones ecológicas ripariias, la suspensión de operaciones durante la temporada de lluvias, y el perfilado de taludes que replica patrones naturales.

- **Ordenamiento Ecológico del Territorio (POET):**
  - La **LGEEPA** define el ordenamiento ecológico como un instrumento de política ambiental para regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas hacia la protección ambiental y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. El ordenamiento ecológico del territorio nacional se considera de **utilidad pública**.
  - El **proyecto** se localiza dentro de la **Unidad Ambiental Biofísica (UAB) 114, "Pie de Sierra Nayarita"**, del **Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)**. Esta UAB clasifica la minería como una de las actividades rectoras de desarrollo, aunque con una prioridad de atención media debido a la presión sobre la vegetación y el suelo, y establece **políticas de restauración y aprovechamiento sustentable**.
  - **Ajustes del proyecto**: El proyecto se alinea con las políticas de **restauración, integridad funcional** (mediante franjas de amortiguamiento de 10m que preservan la conectividad biológica ribereña), y **perdurabilidad** (a través de un diseño morfodinámico que mantiene el equilibrio erosión/depósito). Además, se vincula con estrategias de **aprovechamiento sustentable de recursos** al limitar la extracción al transporte sedimentario anual, **prevención de riesgos naturales** al reducir el riesgo de

inundaciones por retiro de sedimentos, y **restauración de ecosistemas** mediante revegetación con especies pioneras como *Mimosa spp. y Salix spp*.

- **Áreas Naturales Protegidas (ANP):**
  - La **LGEEPA** regula el establecimiento, administración y vigilancia de las Áreas Naturales Protegidas (ANP). Para las ANP, la **LGEEPA** prohíbe en sus zonas núcleo actividades que alteren los ecosistemas, incluyendo la explotación de minerales. Sin embargo, en las zonas de amortiguamiento, el aprovecha**miento de materiales pétreos de forma artesanal por habitantes locales** puede realizarse si es de bajo impacto ambiental y no genera impactos negativos a los ecosistemas.
  - El sitio del proyecto y su área de influencia n**o inciden con las zonas núcleo o de amortiguamiento de la Reserva de la Biósfera "Marismas Nacionales Nayarit"**; pero sí se insertan dentro de su zona de influencia. Sin embargo, el plan de manejo de esta ANP no establece prohibiciones
  - inciden con la zona de influencia de la Reserva de la Biósfera "Marismas Nacionales Nayarit". Sin embargo, el plan de manejo de esta ANP no establece prohibiciones específicas para su zona de influencia.
  - **Ajustes del proyecto**: A pesar de que el proyecto no es "artesanal", su diseño incorpora medidas que buscan minimizar el impacto, como la **limitación de la extracción a un volumen reponible naturalmente**, **la ausencia de obras permanentes en el cauce**, y la **rápida recuperación natural de la vegetación pionera** afectada (*Mimosa spp. y Salix spp*. en 2-3 ciclos de lluvias).

- **Aprovechamiento Sustentable del Agua y Ecosistemas Acuáticos:**
  - La **LGEEPA** establece criterios para el aprovechamiento sustentable del agua y la protección de ecosistemas acuáticos, enfatizando que el Estado y la sociedad deben proteger los ecosistemas acuáticos y el ciclo hidrológico.
  - **Ajustes del proyecto**: Se garantiza que no se rebasen los límites máximos permisibles de turbidez en el agua, mediante **cortinas de retención de sedimentos** en caso de dragados. Además, las operaciones se **suspenden automáticamente si el caudal del río supera los 40 m³/s**, y se realiza un monitoreo hidrológico cada 24 horas. El proyecto busca actuar como una **herramienta de gestión ecosistémica** al extraer materiales que reducen el riesgo de inundaciones y degradación de hábitats por colmatación.

- **Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera (Emisiones y Calidad del Aire):**
  - La **LGEEPA** prohíbe la emisión de contaminantes a la atmósfera que causen desequilibrio ecológico o daños al ambiente y establece la emisión de Normas Oficiales Mexicanas (NOM) para regular las emisiones.
  - **Ajustes del proyecto**: Aunque la maquinaria diésel utilizada (retroexcavadora 310E, excavadora CX240, camiones volteo) no siempre está sujeta a cumplimiento obligatorio de ciertas NOM (como la NOM-041-SEMARNAT-2015 para vehículos a gasolina o la NOM-045-SEMARNAT-2017 para

diésel en vehículos en circulación, no para maquinaria de minería/construcción), el proyecto implementa un **protocolo voluntario**. Esto incluye el **mantenimiento preventivo documentado** de la maquinaria, el **uso de diésel UBA** y aditivos para optimizar la combustión, y el **riego periódico con agua en las áreas de circulación** para suprimir el polvo. El **proyecto** también contempla la **trituración *in situ* de la biomasa** para cobertura temporal de suelos, lo que inhibe la erosión eólica.

- **Manejo de Residuos Peligrosos y no Peligrosos:**
  - La **LGEEPA** y sus NOMs regulan la gestión de residuos peligrosos para prevenir riesgos ambientales.
  - **Ajustes del proyecto**: El proyecto identifica y gestiona residuos peligrosos como fugas de aceites y diésel, que son clasificados por la NOM-052-SEMARNAT-2005 como inflamables y tóxicos. Se implementarán **contenedores herméticos y retiro certificado** para estos residuos. La limpieza de emergencia de suelos y aguas contaminadas se realizará con hidrolavadoras de baja presión.
  - En cuanto a los residuos de manejo especial, la **biomasa vegetal** (*Mimosa spp. y Salix spp.*) generada por el despeje se estima en menos de 3.6 ton/año, lo que está **por debajo del umbral de 10 ton/año que exigiría un Plan de Manejo** según la NOM-161-SEMARNAT-2011. La biomasa se triturará in situ para cobertura temporal de suelos.

- **Contaminación por Ruido y Vibraciones:**
  - La **LGEEPA** prohíbe las emisiones de ruido y vibraciones que rebasen los límites máximos establecidos en las NOMs.
  - **Ajustes del proyecto**: Se implementarán **silenciadores en los camiones volteo** y se realizará **mantenimiento preventivo** para reducir el ruido. Se conservará la vegetación perimetral como barreras naturales. El horario de operación será restringido (6:00-18:00), y se realizará un **monitoreo comunitario de la percepción del ruido** en localidades aledañas.

- **Participación Social:**
  - La **LGEEPA** promueve la participación corresponsable de la sociedad en la planeación, ejecución, evaluación y vigilancia de la política ambiental.
  - **Ajustes del proyecto**: Se contempla la contra**tación de mano de obra local**, priorizando a ejidatarios de Las Peñitas. Además, se brindará **capacitación en operación de maquinaria y monitoreo ambiental para la población local**. El **proyecto** gestionará las **anuencias del ejido Las Peñitas** para las actividades de extracción y servidumbre de paso, en cumplimiento a los requisitos de la **CONAGUA** para la obtención del título de concesión.

En resumen, el **proyecto** se ha formulado y diseñado buscando la congruencia con los principios y disposiciones de la **LGEEPA**, no solo identificando las restricciones, sino también proponiendo e incorporando **medidas específicas de prevención, mitigación y restauración** para ajustar sus operaciones a los requerimientos de la ley y contribuir al desarrollo sustentable.

### *III.5.1.3. Ley General de Vida Silvestre.*

La LGVS busca promover la conservación y el aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat, y establece la obligación de evitar, prevenir, reparar o minimizar los efectos negativos de las actividades sobre ellos.

A continuación, se presenta la vinculación del proyecto con la Ley General de Vida Silvestre y las medidas adoptadas para su cumplimiento, con fundamento técnico-científico y validación en el marco normativo mexicano e internacional:

**1. Contexto del proyecto y la vida silvestre:**

- El **proyecto** consiste en la **extracción de materiales pétreos de aluvión** de tres bancos de sedimentos en el cauce del río San Pedro, en Nayarit. Se ubica a 220 metros aguas abajo del puente San Pedro.
- La actividad se desarrolla en el **cauce activo del río San Pedro**, donde la cobertura vegetal existente es principalmente **vegetación ruderal pionera** dominada por especies del género *Mimosa spp.* (Leguminosae) y ejemplares juveniles aislados de *Salix spp.* El 78.3% del área de los bancos de sedimentos está desprovista de vegetación. La remoción de esta vegetación riparia pionera afectará temporalmente 10,423.81 $m^2$.
- El sitio del proyecto y su área de influencia se encuentran dentro de la zona de influencia del Área Natural Protegida federal Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales Nayarit. Esta reserva es de gran relevancia ecológica, caracterizada por lagunas costeras salobres, bosques de manglar, pantanos, deltas y marismas, y se alimenta de ríos, incluyendo el San Pedro. La Reserva alberga 68 especies de fauna y 14 especies de flora bajo alguna categoría de riesgo según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.
- El proyecto ha confirmado que se han identificado sólo dos especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010: la lagartija *Aspidoscelis costatus* y el zambullidor *Tachybaptus dominicus*, ambas en categoría Pr (Protección especial). El área de influencia registra 32 especies en riesgo, pero ninguna constituye hábitat crítico dentro de los bancos a explotar.
- El proyecto integrará en un solo Plan de Protección de Fauna (PPF):
    - Monitoreo previo y durante las actividades extractivas. Recorridos visuales semanales por un técnico local capacitado.
    - Inspección antes de remover grava. Si hay nidos o ejemplares, delimitar un radio de 10 m y posponer la extracción hasta que abandonen el sitio.
    - Protocolo “cero colecta”. Prohibir caza/pesca al personal; difundirlo en inducción y señalética básica (viniles impresos).
    - Rescate y reubicación puntual. Solo si un ejemplar queda atrapado; realizado por un técnico local capacitado con guía de PROFEPA/SEMARNAT (sin contratar terceros).

**2. Restricciones y disposiciones de la Ley General de Vida Silvestre aplicables al proyecto:**

Aunque el proyecto no se superpone directamente con las zonas núcleo de la Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales Nayarit donde las prohibiciones son más estrictas, y las reglas administrativas del plan de manejo de la ANP no establecen prohibiciones para su zona de influencia en relación con las actividades del proyecto, el proyecto sigue sujeto a los

**principios generales de la LGVS** y la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). Estos principios exigen:

- Mi**nimizar los efectos negativos sobre las poblaciones y el hábitat**. Esto incluye evitar la alteración de la integridad del flujo hidrológico, la productividad natural y las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje, especialmente relevantes en un ecosistema fluvial conectado a manglares y estuarios.
- **Proteger especies acuáticas** de la contaminación (física, química o acústica) o colisiones.
- La Secretaría (SEMARNAT) tiene la facultad de **establecer mecanismos de compensación** por contribuciones de carácter global o para retribuir costos asociados a la conservación.
- El aprovechamiento de recursos naturales debe ser compatible con la **preservación de los ecosistemas** y debe considerar la **capacidad de carga de los ecosistemas** para periodos indefinidos.

**3. Ajuste del Proyecto a las Restricciones y Fomento de los Objetivos de la LGVS:**

El proyecto ha integrado diversas medidas y acciones para alinearse con las disposiciones de la LGVS y mitigar sus posibles impactos, promoviendo el equilibrio ecológico y la protección ambiental. Estas se fundamentan en principios técnicos y científicos, y buscan la validación en el marco normativo mexicano:

- **Protección y Restauración del Hábitat:**
  - Se establecerán **franjas de amortiguamiento de 10 metros de ancho** adyacentes a los márgenes del río San Pedro, cuya función primordial es la **protección de los taludes fluviales y la preservación de las funciones ecológicas riparias**. Esto mantiene la conectividad biológica ribereña.
  - En la etapa de recuperación post-extracción, se llevará a cabo la **revegetación con especies pioneras nativas** (*Mimosa spp.* y *Salix spp.*) mediante hidrosiembra en las áreas afectadas.
  - Se contempla la **compensación de la huella de carbono mediante la plantación de 50 árboles nativos** que se estima capturarán 125 t $CO_2$ en 20 años. Si bien esta es una medida de mitigación del cambio climático, también **promueve la creación de sumideros de carbono y la restauración de la vegetación**, beneficiando indirectamente a la vida silvestre local.
  - El diseño del proyecto incluye **perfiles de taludes a 45°** y un **calendario hidrológico estricto que suspende operaciones durante la temporada de lluvias** (junio-octubre). Esto ayuda a mantener la morfodinámica natural del río y **prevenir azolvamientos**, lo cual es crucial para la salud del cauce y los ecosistemas acuáticos. Se espera que estas medidas **reduzcan la erosión lateral en un 40%** y la **creación de microhábitats estructurados incremente la diversidad bentónica en un 25%.**
  - Se prohíben las modificaciones estructurales al cauce, permitiendo la **reparación autónoma del río** a través de la reconfiguración aluvial durante las crecidas y la sedimentación natural de las barras post-intervención.

- **Control de Emisiones y Residuos para Proteger el Hábitat:**

- Para minimizar la dispersión de partículas y proteger la calidad del aire y los cuerpos de agua, se realizará **riego periódico con agua en las áreas de circulación y frente de trabajo** durante el estiaje.
- Se implementará un "**protocolo voluntario**" para la maquinaria diésel que incluye mantenimiento **preventivo documentado y el uso de diésel UBA (Ultra Bajo Azufre)**. Esto reduce las emisiones gaseosas contaminantes. La estimación de la huella de carbono del proyecto a 10 años es de **173.1 toneladas de $CO_2$ equivalente (t $CO_2$e)**, con el $CO_2$ representando el 96% de las emisiones. Esta baja intensidad carbónica general, estimada utilizando el **factor de cálculo del IPCC 2019**, que es una metodología **validada internacionalmente y reconocida en México por la Ley General de Cambio Climático (LGCC) y su Reglamento en materia del Registro Nacional de Emisiones (RNE)**, indica un compromiso con la reducción de gases de efecto invernadero que contribuyen indirectamente a la conservación de la biodiversidad.
- Se gestionarán los residuos peligrosos, como aceites y grasas, en **contenedores herméticos con retiro certificado**. La gestión integral de residuos se basará en la jerarquía de **prevención > reúso > reciclaje > disposición**, en cumplimiento de la LGPGIR y LGEEPA, lo cual minimiza la contaminación y el impacto sobre los ecosistemas.

- **Monitoreo y transparencia:**
  - El proyecto contempla **monitoreo ambiental continuo** en coordinación con SEMARNAT, CONAGUA y ejidos. Esto permitirá la vigilancia del cumplimiento de las medidas y la observación de los posibles impactos, ajustando las acciones si fuera necesario.
  - Se realizará un monitoreo comunitario de la percepción del ruido en localidades aledañas y auditorías sorpresa anuales por un consultor ambiental independiente, lo que aborda la protección contra la contaminación acústica mencionada en la LGVS.

En resumen, debido a la detección de especies protegidas dentro de los polígonos de intervención, el **proyecto** incorpora medidas proactivas de prevención, mitigación y compensación para proteger el ambiente y la vida silvestre, en consonancia con los principios de la LGVS y otras leyes ambientales como la LGEEPA, la LGCC y la LAN. Esto demuestra un compromiso con la sustentabilidad y la protección de los ecosistemas fluviales y su conexión con el sistema de Marismas Nacionales, siendo un ejemplo de buena práctica ambiental para proyectos extractivos.

### *III.5.1.4. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.*

**1. Naturaleza de los Residuos Generados por el Proyecto.**

El proyecto de extracción de materiales pétreos genera diversos tipos de residuos, clasificados en el marco de la LGPGIR:

- **Residuos Peligrosos**: Incluyen aceites usados, trapos contaminados, envases vacíos de sustancias peligrosas y filtros usados, derivados principalmente de contingencias como fugas o daños en la maquinaria.

- **Residuos de Manejo Especial (RME)**: La biomasa vegetal generada por el desbroce inicial del área, compuesta principalmente por especies pioneras como *Mimosa spp.* y ejemplares juveniles de *Salix spp.*
- **Residuos Sólidos Urbanos (RSU)**: Residuos generados por el personal del proyecto.

**2. Vinculación y Ajustes del Proyecto a la LGPGIR**

El proyecto ha incorporado diversas medidas y estrategias para asegurar su apego a la LGPGIR y las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que de ella se desprenden:

- **Gestión de Residuos Peligrosos (NOM-052-SEMARNAT-2005):**
  - **Objetivo de la norma**: Gestionar los residuos peligrosos derivados de contingencias para prevenir impactos ambientales en el cauce del Río San Pedro.
  - **Ajustes del proyecto**: Se establece el uso de **contenedores herméticos para residuos peligrosos** como aceites y grasas, con un sistema de retiro certificado. Para contingencias como fugas de aceite o diésel, se contempla la limpieza de emergencia de tierras contaminadas, trapos absorbentes y aguas de lavado contaminadas. El proyecto se compromete a **evitar descargas directas al río San Pedro** mediante contención física (geomallas) y manejo adecuado de residuos peligrosos. El inventario de residuos detalla los volúmenes anuales estimados y su gestión, priorizando la prevención, reúso y reciclaje.
  - **Clasificación de riesgo**: Residuos como tierras contaminadas con hidrocarburos y trapos absorbentes se clasifican como inflamables y tóxicos (Listado 2, RPNE), con un riesgo crítico de lixiviación hacia el cauce fluvial. Las piezas metálicas con residuos de lubricantes y filtros usados se clasifican como tóxicos por metales pesados (Listado 1, RPE), con toxicidad para la biota acuática.

- **Gestión de Residuos de Manejo Especial (NOM-161-SEMARNAT-2011):**
  - **Objetivo de la norma**: Establecer criterios para la clasificación de RME y determinar cuáles requieren un Plan de Manejo, promoviendo su valorización y reducción de impacto ambiental.
  - **Ajustes del proyecto**: El proyecto genera una cantidad limitada de biomasa vegetal (≤ 3.6 toneladas/año). Dado que este volumen está por debajo del umbral de 10 toneladas/año que exige un Plan de Manejo, el proyecto **no está obligado a formular un plan de manejo formal** bajo esta norma.
  - **Acciones costo-cero**: A pesar de no requerir un plan formal, el proyecto implementa medidas como la **trituración *in situ* de la vegetación** para usarla como cobertura temporal del suelo (10 cm de espesor), lo que inhibe la erosión eólica, y permite el **rebrote natural controlado** para reducir el volumen extraído, demostrando un enfoque económicamente viable y ambientalmente responsable.

- **Gestión de Residuos Sólidos Urbanos**: Los residuos sólidos urbanos generados se manejarán mediante **contenedores sellados para su disposición municipal**.

### *III.5.1.5. Ley de Aguas Nacionales*

**1. Naturaleza federal de las aguas y el cauce.**

- El río San Pedro, donde se ubica el **proyecto**, es un **agua nacional** y su cauce es un **bien nacional**. La **LAN** es aplicable a todas las aguas nacionales, ya sean superficiales o del subsuelo, y a los bienes nacionales que la propia Ley señala. El sitio del **proyecto** se localiza íntegramente dentro del cauce activo del **río San Pedro**.

**2. Necesidad de concesión para la extracción de materiales pétreos**

- La **Ley de Aguas Nacionales** define los "Materiales Pétreos" como arena, grava, piedra y otros materiales de construcción extraídos de un vaso o cauce. Para el aprovechamiento de estos materiales, **es obligatorio contar con una concesión** otorgada por la "Autoridad del Agua" (CONAGUA).
- El **proyecto**, al ser una actividad minera de explotación primaria de materiales pétreos de aluvión, requiere de esta concesión para su operación.
- Para la obtención de esta concesión, la **Ley de Aguas Nacionales** establece que se debe adjuntar una **Manifestación de Impacto Ambiental (MIA)**, cuando así lo requiera la **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)**. El **proyecto** se inscribe en este marco jurídico.

**3. Ajuste del proyecto a las restricciones y requerimientos de la LAN**

- **Evaluación y consideraciones para la concesión**: La **LAN** establece que las concesiones se otorgarán después de considerar a las partes involucradas y el costo económico y ambiental de las obras proyectadas. Asimismo, la solicitud debe incluir el proyecto de las obras, las características de las obras existentes para la extracción y aprovechamiento, así como para la descarga, incluyendo el tratamiento de aguas residuales y las medidas para el reúso y restauración del recurso hídrico.
  - **Ajuste del proyecto**: La **MIA** de su **proyecto** describe en detalle la configuración general del **proyecto**, el cálculo volumétrico, y las actividades de las diferentes etapas, incluyendo la preparación, operación y abandono. También se detalla el manejo de residuos y emisiones.

- **Prevención y control de la contaminación del agua**: La **LAN** prohíbe arrojar o depositar basura, materiales, lodos o residuos que contaminen los cuerpos receptores y zonas federales. Los concesionarios tienen la obligación de procurar el reúso de aguas residuales y asumir los costos económicos y ambientales de la contaminación que provoquen sus descargas.
  - **Ajuste del proyecto**: Su **proyecto** establece **medidas claras para evitar la contaminación** del **río San Pedro**. Se evitarán descargas directas al río mediante contención física (geomallas) y manejo adecuado de residuos peligrosos. Además, se usarán contenedores herméticos para aceites y grasas con un sistema de retiro certificado, y los residuos sólidos urbanos se gestionarán en contenedores sellados para disposición municipal. Estas medidas buscan prevenir cualquier tipo de vertido no autorizado, cumpliendo con la exigencia de la **LAN** de evitar la contaminación del cuerpo de agua nacional.

- **Mantenimiento del régimen hidráulico y restauración**: La **LAN** busca la preservación y sustentabilidad de los recursos hídricos en cantidad y calidad, y la prevención de daños a ecosistemas vitales. Las obras autorizadas en el cauce no deben afectar el régimen hidráulico o hidrológico.
    - **Ajuste del proyecto**: El diseño de su **proyecto** incorpora la sostenibilidad ambiental mediante **franjas de amortiguamiento de 10 metros** para preservar las funciones ecológicas riparias. Se establecerán perfiles morfológicos que replican los patrones naturales de transporte de sedimentos para mantener el equilibrio erosión/depósito. Las operaciones se suspenderán en temporada de lluvias (junio-octubre).
    - El **proyecto** busca **reducir el riesgo de azolvamiento** en puntos críticos mediante el retiro controlado de sedimentos. Además, la extracción se limitará al transporte sedimentario anual.
    - En la etapa de abandono, se contempla la *restauración morfo-ecológica* y el monitoreo post-cierre. Se realizará revegetación con especies pioneras como *Mimosa spp.* y *Salix spp.*, trituración *in situ* de la vegetación para usarla como cobertura del suelo, y se permitirá el rebrote natural controlado. La reparación del cauce será autónoma mediante reconfiguración aluvial durante crecidas y sedimentación natural. Estas acciones son coherentes con la protección y restauración de ecosistemas acuáticos que persigue la **LAN**.

- **Cumplimiento de Normas Oficiales Mexicanas (NOM)**: La **LAN** menciona que las NOMs son expedidas por la Secretaría (SEMARNAT) para la conservación, seguridad y calidad en la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas nacionales.
    - **Ajuste del proyecto**: El **proyecto** ya ha evaluado la vinculación con la NOM-001-SEMARNAT-2021 (límites máximos permisibles de contaminantes en descargas de aguas residuales). Se compromete a evitar descargas directas al **río San Pedro** y a realizar monitoreo e inspecciones visuales para asegurar el cumplimiento.

- **Manejo de Residuos**: La **LAN**, en consonancia con la **Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)** y su reglamento, prohíbe la disposición de residuos peligrosos en cuerpos de agua nacionales.
    - **Ajuste del proyecto**: Se contempla la limpieza de emergencia de tierras y aguas contaminadas en caso de derrames accidentales. Los residuos de manejo especial (biomasa vegetal) se valorizarán mediante trituración *in situ* y uso como cobertura del suelo, un volumen que está por debajo del umbral que exige un plan de manejo formal según la **NOM-161-SEMARNAT-2011**.

En resumen, el **proyecto** demuestra un compromiso con el cumplimiento de la **Ley de Aguas Nacionales** al reconocer la naturaleza federal del cauce y sus recursos, buscar la concesión correspondiente, integrar medidas robustas para la prevención de la contaminación del agua, y adoptar prácticas de manejo y restauración que respetan la dinámica hidrológica y ecológica del río San Pedro.

### *III.5.1.6. Ley General de Cambio Climático*

Su **proyecto**, ubicado en el cauce del río San Pedro en Nayarit, requiere una sólida vinculación con la **Ley General de Cambio Climático (LGCC)**, dado su enfoque en la sostenibilidad y la gestión de recursos naturales. La **LGCC** establece el marco para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero (GEI), lo cual es fundamental para cualquier obra que interactúe con ecosistemas sensibles como un cauce fluvial.

A continuación, se detalla la vinculación del proyecto con la Ley General de Cambio Climático, identificando las restricciones y cómo el proyecto se ajusta a las mismas:

**1. Objetivos de la Ley General de Cambio Climático aplicables al proyecto:**

- La LGCC busca **garantizar el derecho a un medio ambiente sano** y establecer la concurrencia de facultades para la **adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de GEI** [196, 196i].
- Promueve la **preservación, restauración, conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales**, incluyendo los **ecosistemas acuáticos y los recursos hídricos** [199a].
- Establece la obligación de **incorporar en los instrumentos de política ambiental criterios de mitigación y adaptación al cambio climático** [199vii].
- Subraya el principio de **responsabilidad ambiental**, por el cual quien realice obras o actividades que afecten el medio ambiente está **obligado a prevenir, minimizar, mitigar, reparar, restaurar y, en última instancia, compensar los daños que cause** [214viii].

**2. Restricciones e Implicaciones de la LGCC y Ajuste del Proyecto:**

- **Naturaleza del Bien Nacional y Aprovechamiento Sostenible:**
  - Los cauces de los ríos son propiedad de la Nación. La explotación de materiales pétreos de estos cauces está sujeta a la **Ley de Aguas Nacionales**, la cual a su vez se vincula con la **LGCC** en cuanto a la gestión sostenible de los recursos hídricos.
  - **Ajuste del proyecto**: El proyecto es un conjunto de actividades mineras clasificadas como "Minería de minerales no metálicos". Su diseño integra la **sostenibilidad ambiental** y se alinea con el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), que es un instrumento de política ambiental para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. La extracción se limita al **transporte sedimentario anual**, lo que garantiza un **aprovechamiento sustentable del recurso**.

- **Mitigación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI):**
  - La LGCC regula las emisiones de GEI [196ii] y busca la **disminución en la generación de gases y compuestos de efecto invernadero** en los procesos productivos. Los establecimientos sujetos a reporte deben identificar emisiones directas e indirectas de fuentes fijas y móviles [447i, 447ii].
  - **Ajuste del proyecto**: Aunque no es una industria de gran escala, el **proyecto** reconoce y gestiona sus emisiones. El cálculo de la **huella de carbono estimada a 10 años** se menciona en los instrumentos técnicos. Para el control de emisiones de vehículos (fuentes móviles), el **proyecto**

implementará un **protocolo voluntario que incluye mantenimiento preventivo documentado y el uso de diésel UBA (Ultra Bajo Azufre)**. Además, se contempla el **riego periódico con agua en las áreas de circulación y frente de trabajo para suprimir el polvo** durante el estiaje, lo cual reduce emisiones fugitivas. La eficiencia en el uso de recursos y la baja generación de residuos son principios promovidos por la **LGCC** y abordados en la gestión de residuos del **proyecto**.

- **Adaptación al Cambio Climático y Restauración Ecológica:**
  - La LGCC establece la necesidad de **estrategias para la adaptación al cambio climático** [202xxiii], la **protección y restauración de ecosistemas** [199a], y la **restauración del medio ambiente** [214viii].
  - **Ajuste del proyecto**: El **proyecto** integra directamente la mitigación y adaptación al cambio climático a través de acciones específicas.
    - Se implementarán **franjas de amortiguamiento de 10 metros** para preservar la conectividad biológica ribereña, contribuyendo a la integridad funcional del ecosistema fluvial.
    - Se realizará **revegetación con especies pioneras nativas** como *Mimosa spp.* y *Salix spp*. Se aplicará hidrosiembra para acelerar la sucesión vegetal.
    - La **reparación del cauce será autónoma** mediante la reconfiguración aluvial durante crecidas y la sedimentación natural de barras post-intervención, **evitando modificaciones estructurales** que pudieran alterar el régimen hidráulico natural. Esto contribuye a la resiliencia del ecosistema fluvial frente a eventos hidrometeorológicos.
    - El **proyecto** busca **reducir el riesgo de azolvamiento en puntos críticos**, lo cual, si bien no se menciona explícitamente como una medida de adaptación al cambio climático, sí mejora la capacidad hidráulica del río y reduce riesgos asociados a eventos extremos.

- **Responsabilidad y Monitoreo:**
  - La LGCC impone la obligación de monitorear, reportar y verificar las emisiones.
  - **Ajuste del proyecto**: El **proyecto** contempla la vigilancia ambiental continua en coordinación con **SEMARNAT** y **CONAGUA**, además de los ejidos. Se realizará un **monitoreo post-cierre** en la etapa de abandono. La implementación de medidas de prevención y mitigación, como las cortinas de sedimentos para controlar la turbidez, el manejo de residuos peligrosos en contenedores herméticos con retiro certificado, y la contención física con geomallas, demuestra el compromiso con la prevención de daños y la responsabilidad ambiental.

En resumen, el **proyecto** aborda la Ley General de Cambio Climático al integrar medidas de adaptación (como la revegetación y la mejora de las condiciones hidráulicas del cauce) y mitigación (gestión de emisiones de maquinaria y residuos), buscando un aprovechamiento sostenible de los materiales pétreos dentro de un marco de responsabilidad ambiental y coordinación interinstitucional.

## III.5.2. Reglamentos

### *III.5.2.1. Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental*

La vinculación del **proyecto** con el **Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (RLGEEPA-MEIA)** es fundamental, ya que este reglamento establece el procedimiento y los requisitos para la obtención de la autorización ambiental a nivel federal.

A continuación, se detalla la vinculación, identificando las restricciones y los ajustes que el proyecto ha implementado:

1. **Obligatoriedad de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA)**
   El proyecto se clasifica como una actividad de explotación primaria de "Minería de minerales no metálicos" y su desarrollo en el **cauce federal del Río San Pedro** lo somete a la competencia de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
   - **Fundamento normativo**: El Artíc**ulo 5, inciso R), fracción I del RLGGEPA-MEIA** establece que cualquier tipo de obra civil en ríos y zonas federales conectadas con el mar requiere **previamente la autorización de la SEMARNAT en materia de impacto ambiental**. Aunque el proyecto no es una obra civil permanente, la extracción de materiales pétreos en un cauce federal de forma comercial se encuadra en las actividades que requieren esta autorización.
   - **Restricción y Ajuste**: La principal restricción es la necesidad de obtener esta autorización. El **proyecto** se ajusta a esto mediante la presentación de la **Manifestación de Impacto Ambiental (MIA)**, que es el documento exigido por la Ley y el Reglamento para dar a conocer los posibles efectos del **proyecto** en los ecosistemas y las medidas para prevenirlos o mitigarlos.

2. **Contenido de la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA)**
   El **Artículo 12 del RLGGEPA-MEIA** detalla la información que debe contener la MIA en su modalidad particular, que es la que corresponde a este **proyecto**. El **proyecto** ha integrado los siguientes elementos:
   - **Datos generales del proyecto, promovente y responsable del estudio**: La **MIA** del **proyecto** incluye esta información, como la ubicación en el Río San Pedro, a 220 m aguas abajo del puente San Pedro, en Ruíz, Nayarit, y la identificación del C. C. Ramón García Alcaraz como promovente.
   - **Descripción del proyecto**: Se ha proporcionado una descripción detallada de la naturaleza del **proyecto**, la justificación (gestión sostenible de la dinámica fluvial y reducción de riesgos de inundación por acumulación de sedimentos), la selección del sitio (minimizando impactos ecosistémicos y en zonas de baja sensibilidad ecológica), y las dimensiones de los tres bancos de sedimentos (48,045.74 m² de área de bancos y 14,074.0030 m² de franjas de amortiguamiento).

- **Vinculación con los ordenamientos jurídicos aplicables y uso de suelo**: Este capítulo de la **MIA** está dedicado a establecer dicha vinculación.
- **Descripción del sistema ambiental y problemática detectada**: La **MIA** describe el área de influencia del **proyecto**, destacando la problemática sedimentaria del río San Pedro y los riesgos ambientales críticos asociados, como la reducción de la capacidad hidráulica del cauce.
- **Identificación, descripción y evaluación de impactos ambientales**: El **proyecto** detalla los posibles impactos, aunque esta sección se enfoca más en las medidas preventivas y de mitigación.
- **Medidas preventivas y de mitigación de impactos ambientales**: El **proyecto** propone un conjunto robusto de medidas:
  - **Franjas de amortiguamiento**: Establecimiento de franjas de 10 metros de ancho que preservan la conectividad biológica ribereña y las funciones ecológicas riparias.
  - **Manejo hidrológico**: Perfilado de taludes con una pendiente de 45° que reduce la erosión lateral. Suspensión automática de operaciones si el caudal del río supera los 40 $m^3/s$, y monitoreo hidrológico cada 24 horas. Se evitará rebasar los límites máximos permisibles de turbidez mediante cortinas de retención de sedimentos en caso de dragados.
  - **Restauración ecológica**: Revegetación con especies pioneras nativas (*Mimosa spp. y Salix spp.*) cuya recolonización natural se espera en 2-3 ciclos de lluvias.
  - **Gestión de emisiones**: Mantenimiento preventivo documentado de la maquinaria, uso de diésel UBA y aditivos para optimizar la combustión, y riego periódico con agua en las áreas de circulación para suprimir el polvo. Se considera la trituración *in situ* de biomasa para cobertura temporal de suelos.
  - **Manejo de residuos**: Los residuos peligrosos como fugas de aceites y diésel se gestionarán en contenedores herméticos con retiro certificado. La biomasa vegetal generada está por debajo del umbral que exigiría un Plan de Manejo.
  - **Control de ruido y vibraciones**: Implementación de silenciadores en camiones volteo y mantenimiento preventivo. El horario de operación será restringido (6:00-18:00), y se realizará un monitoreo comunitario de la percepción del ruido.
  - **Pronósticos ambientales y evaluación de alternativas**: Aunque no se identificaron sitios alternos para la extracción, se evaluó la "no intervención" como escenario base, concluyendo que la extracción regulada del proyecto es más beneficiosa que la explotación clandestina sin controles.
  - **Identificación de instrumentos metodológicos y elementos técnicos**: Se utilizan herramientas como la georreferenciación de los bancos de extracción y las franjas de amortiguamiento.

3. **Proceso de Evaluación y Consulta Pública**
   El RLGGEPA-MEIA detalla el procedimiento de evaluación, incluyendo la participación pública.

- **Revisión y solicitud de información adicional**: La **SEMARNAT** revisará la **MIA** y podrá solicitar aclaraciones o ampliaciones, lo cual suspende el plazo de resolución. El **proyecto** ha sido diseñado para proporcionar la información necesaria para una evaluación completa.
- **Consulta públic**a: Una vez recibida la **MIA**, la **SEMARNAT** la pondrá a disposición del público. El **promovente** deberá publicar un extracto del **proyecto** en un periódico de amplia circulación. Ciudadanos y comunidades pueden solicitar la **MIA** y proponer medidas adicionales. Para proyectos con posibles desequilibrios graves, **SEMARNAT** puede organizar una reunión pública de información.
- **Resolución**: La **SEMARNAT** emitirá una resolución en un plazo de sesenta días (prorrogable por otros sesenta), que puede autorizar el **proyecto** (condicionada o no) o negarlo.
- **Ajustes del proyecto**: El **proyecto** ya considera la participación social a través de la contratación de mano de obra local y capacitación para ejidatarios de Las Peñitas, además de contemplar la gestión de las anuencias del ejido para las actividades de extracción y servidumbre de paso. Estas acciones demuestran una **participación corresponsable** de la sociedad, un principio fundamental de la LGEEPA y su reglamento.

**4. Áreas Naturales Protegidas (ANP) y Planes de Manejo**

Aunque el proyecto se ubica en la zona de influencia de la Reserva de la Biósfera "Marismas Nacionales Nayarit", el RLGGEPA-MEIA establece ciertas restricciones para las ANP.

- **Restricción**: Las zonas núcleo de las ANP prohíben actividades que alteren los ecosistemas, incluyendo la explotación de minerales. En las zonas de amortiguamiento, el aprovechamiento de materiales pétreos por habitantes locales puede realizarse de forma artesanal y de bajo impacto.
- **Ajuste del proyecto**: El proyecto se localiza en la zona de influencia, no en la zona núcleo, y el plan de manejo de la ANP "Marismas Nacionales Nayarit" no establece prohibiciones específicas para su zona de influencia. A pesar de no ser una actividad artesanal, el proyecto minimiza el impacto al limitar la extracción al volumen reponible naturalmente y no contempla obras permanentes en el cauce. Se busca una rápida recuperación natural de la vegetación pionera afectada.

**5. Prevención y Control de la Contaminación**

El RLGGEPA-MEIA, en conjunto con la LGEEPA, busca prevenir y controlar la contaminación del aire, agua y suelo.

- **Restricciones**: No deben emitirse contaminantes a la atmósfera que causen desequilibrios ecológicos o daños al ambiente. Las descargas de aguas residuales y el manejo de residuos peligrosos están sujetos a regulación federal o local.
- **Ajustes del proyecto**: El proyecto incluye medidas para controlar emisiones fugitivas de polvo (riego), gestionar residuos peligrosos de manera segura, y controlar el ruido mediante silenciadores y horarios restringidos. Además, la biomasa vegetal se triturará *in situ* para cobertura de suelos, inhibiendo la erosión eólica.

En conclusión, el **proyecto** demuestra una clara comprensión y una **sólida vinculación con los requisitos del Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental**. Ha incorporado proactivamente medidas preventivas y de mitigación que no solo cumplen con las disposiciones legales, sino que también buscan **superar los estándares básicos de protección ambiental** al integrar prácticas de restauración y sustentabilidad en su diseño y operación, buscando activamente la aprobación y el cumplimiento de las condiciones establecidas por la autoridad ambiental.

***III.5.2.2. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)***

El **proyecto** generará diferentes tipos de residuos, los cuales deben ser manejados conforme a las disposiciones del RLGPGIR. El enfoque del **proyecto** es garantizar un manejo ambientalmente adecuado, priorizando la prevención y valorización.

**1. Residuos generados por el proyecto y su clasificación:**
El proyecto identifica tres categorías principales de residuos:

- **Residuos Peligrosos (RP)**: Aceites usados, trapos contaminados, envases vacíos de sustancias peligrosas y filtros usados. Estos se generarían principalmente por contingencias como fugas o daños en la maquinaria.
- **Residuos de Manejo Especial (RME)**: Biomasa vegetal proveniente del desbroce inicial de áreas específicas, compuesta por especies pioneras como *Mimosa spp.* y ejemplares juveniles de *Salix spp.*
- **Residuos Sólidos Urbanos (RSU)**: Aquellos generados por el personal del proyecto.

**2. Ajustes y medidas del proyecto en relación con el RLGPGIR:**
El proyecto integra diversas medidas para ajustarse a las regulaciones del RLGPGIR, promoviendo un manejo sostenible de los residuos:

**2.1. Gestión de Residuos Peligrosos (RP).**

- **Fundamento Legal**: El RLGPGIR, en su Título Quinto, Capítulo I, Artículo 40, establece que los residuos peligrosos deben ser manejados conforme a la Ley, su Reglamento y las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) aplicables. El Artículo 41 añade que los generadores y gestores de estos residuos deben manejarlos de manera segura y ambientalmente adecuada.

- **Ajuste del Proyecto**:
    - El **proyecto** se compromete al uso de **contenedores herméticos** para el almacenamiento de residuos peligrosos como aceites y grasas, asegurando un **sistema de retiro certificado**. Esto cumple con la definición de "Almacenamiento de residuos peligrosos" establecida en el Artículo 2 del RLGPGIR, que implica retener temporalmente los residuos en áreas con condiciones que eviten su liberación, y con el requisito de manejo seguro.
    - Para contingencias como fugas o derrames de aceites o diésel, el **proyecto** contempla la **limpieza de emergencia de tierras contaminadas**, trapos absorbentes y aguas de lavado contaminadas. Esta acción se

alinea con el **Artículo 129** del **RLGPGIR**, que exige que, ante derrames accidentales de materiales o residuos peligrosos (incluso menores a 1m³), los responsables apliquen acciones inmediatas para minimizar su dispersión, recogerlos y limpiar el sitio, registrando estas acciones en bitácoras.
  - El **proyecto** ha elaborado una **proyección de generación de residuos** que detalla los volúmenes anuales estimados y su gestión, priorizando la prevención, reúso y reciclaje. Esta jerarquización es consistente con los principios de valorización y gestión integral establecidos en el **Artículo 2** de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), al que el RLGPGIR da soporte.
  - El compromiso de **evitar descargas directas al río San Pedro** mediante contención física (geomallas) y manejo adecuado de residuos peligrosos previene la contaminación que, de ocurrir, exigiría acciones de remediación conforme al **Artículo 69** del RLGPGIR, el cual establece la obligación de remediar sitios contaminados por manejo inadecuado de residuos peligrosos. El proyecto busca evitar esta situación crítica desde la prevención.

**2.2. Gestión de Residuos de Manejo Especial (RME).**

- **Fundamento Legal**: El **Artículo 12** del **RLGPGIR** establece que las NOMs expedidas por la SEMARNAT clasificarán los RSU y RME sujetos a planes de manejo. Además, el **Artículo 28** de la **LGPGIR** (al cual se refiere el RLGPGIR) establece que ciertos productores, importadores y distribuidores están obligados a formular y ejecutar planes de manejo. La Norma Oficial Mexicana **NOM-161-SEMARNAT-2011**, que emana de esta legislación, define los umbrales para la obligatoriedad de un Plan de Manejo.

- **Ajuste del Proyecto**:
  - El **proyecto** genera biomasa vegetal clasificada como RME, con un volumen estimado de **≤ 3.6 toneladas**. Este volumen se encuentra por debajo del umbral de 10 toneladas/año establecido por la **NOM-161-SEMARNAT-2011** para la obligatoriedad de un Plan de Manejo formal. Por lo tanto, el **proyecto no está legalmente obligado a formular un plan de manejo formal** bajo esta norma específica.
  - A pesar de no estar formalmente obligado, el proyecto implementa "acciones costo-cero" que demuestran un compromiso con la **valorización y el aprovechamiento** de los residuos, en línea con los principios de "Producción Limpia" (definido en el **Artículo 2** de la **LGPGIR**) y "valorización" (LGPGIR Artículo 2 y **RLGPGIR Artículo 21**). Estas acciones incluyen la trituración *in situ* de la vegetación para usarla como cobertura temporal del suelo (10 cm de espesor), lo que inhibe la erosión eólica, y permite el rebrote natural controlado para reducir el volumen extraído. Estas medidas demuestran un manejo eficiente y ambientalmente responsable.

**2.3. Gestión de Residuos Sólidos Urbanos (RSU).**

- **Fundamento Legal**: El **RLGPGIR**, en su Título Sexto, Capítulo Único, **Artículo 95**, establece que la regulación de la generación y manejo integral de los residuos sólidos urbanos se llevará a cabo conforme a la Ley y las disposiciones de las legislaturas estatales. El **Artículo 99** señala que los municipios llevarán a cabo las

acciones necesarias para la prevención, valorización y gestión integral de los RSU.

- **Ajuste del Proyecto**: Los residuos sólidos urbanos generados por el personal se manejarán mediante **contenedores sellados para su disposición municipal**. Esto garantiza que estos residuos sean entregados a la autoridad municipal competente para su recolección y disposición final, ajustándose a la normativa local y a los lineamientos generales del **RLGPGIR**.

**Conclusión**

La vinculación del **proyecto** con el **Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos** se demuestra a través de la identificación y clasificación de los residuos generados, así como la implementación de medidas específicas de prevención, manejo y disposición que se alinean con los objetivos y principios de la legislación. El **proyecto**, aunque de menor escala, adopta prácticas que cumplen con las obligaciones legales y superan las expectativas en términos de sostenibilidad y gestión de residuos, especialmente en el caso de los **RME**, donde se aplican medidas de valorización costo-cero. Esto proporciona solidez técnica y jurídica a la **Manifestación de Impacto Ambiental** en el cumplimiento de los requerimientos de la **SEMARNAT**.

### *III.5.2.3. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales*

**1. Naturaleza federal de las aguas y el cauce.**

- El **RLAN** aplica a todas las **aguas continentales**, y su regulación en materia de preservación y control de la calidad del agua es conforme a la **Ley de Aguas Nacionales (LAN)**. El **proyecto** se ubica en el cauce del río San Pedro, el cual es un bien nacional.

**2. Necesidad de concesión para la extracción de materiales pétreos.**

- El **RLAN** establece que la **explotación, uso o aprovechamiento de cauces, vasos y zonas federales o de los materiales de construcción contenidos en los mismos requiere de una concesión**.
- Para el **proyecto**, la extracción de materiales pétreos de aluvión del cauce del **río San Pedro** hace obligatorio contar con esta concesión. Los materiales pétreos son definidos como arena, grava, piedra, y otros materiales de construcción extraídos de un vaso o cauce.
- El reglamento de la LAN especifica que **es obligatorio contar con concesión para el aprovechamiento de materiales pétreos**. Además, la autoridad del agua (CONAGUA) vigilará la explotación de estos materiales y revisará periódicamente la vigencia y el cumplimiento de las concesiones otorgadas.

**3. Requisitos y documentación para la solicitud de concesión**

- Las solicitudes de concesión o asignación pueden ser presentadas por personas físicas o morales, debiendo acreditar su existencia legal y la personalidad jurídica del **promovente**.
- La solicitud de concesión para la explotación de materiales de construcción localizados en los cauces o vasos deberá precisar sus características, volúmenes de extracción, su valor comercial y el uso a que se destinarán. El **proyecto**, al

describir la configuración general, el cálculo volumétrico y el tipo de materiales a extraer, aborda estos requisitos.
- La solicitud debe ser firmada por el interesado o su representante, y se deben presentar los planos de las obras proyectadas y una memoria descriptiva de las mismas. El **proyecto** detalla la configuración general, los volúmenes, y las actividades de las diferentes etapas (preparación, operación, abandono).
- **Ajuste del proyecto**: Se contempla la integración de las anuencias correspondientes del Ejido Las Peñitas para la extracción de materiales del cauce del río San Pedro y la servidumbre de paso para el uso del viario ejidal durante el acarreo de materiales.

**4. Vinculación con la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA)**
- La **Ley de Aguas Nacionales (LAN)** exige adjuntar la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) a la solicitud de concesión, cuando así lo requiera la **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)**. El **proyecto**, al desarrollarse en un cauce federal, se inscribe en este marco jurídico [67, LGEEPA Art. 28, 264, Reglamento LGEEPA Art. 5, 471]. La MIA deberá contener una descripción de los posibles efectos en los ecosistemas afectados y las medidas preventivas y de mitigación [LGEEPA Art. 30, 267].

**5. Prevención y control de la contaminación del agua**
- El **RLAN** prohíbe arrojar o depositar basura, materiales, lodos de tratamiento de aguas residuales y demás desechos o residuos que contaminen los cuerpos receptores y zonas federales, en contravención a las disposiciones legales y reglamentarias en materia ambiental. Quien incumpla esta disposición será sancionado.
- Los concesionarios tienen la obligación de asumir los costos económicos y ambientales de la contaminación que provoquen sus descargas.
- **Ajuste del proyecto**: Se han establecido m**edidas claras para evitar la contaminación del río San Pedro**. Se prevendrán descargas directas al río mediante contención física (geomallas) y manejo adecuado de residuos peligrosos (contenedores herméticos con retiro certificado) y residuos sólidos urbanos (contenedores sellados para disposición municipal). Esto cumple con la prohibición de contaminar cuerpos de agua nacionales.
- Las aguas de lavado contaminadas con hidrocarburos (mezcla peligrosa agua-aceite) son consideradas residuos peligrosos. El proyecto contempla la limpieza de emergencia de tierras y aguas contaminadas en caso de derrames accidentales.

**6. Mantenimiento del régimen hidráulico y restauración**
- El **RLAN** establece que la construcción de obras en cauces nacionales no deberá perjudicar el régimen hidráulico ni lesionar derechos de terceros. Además, el permiso para realizar obras de encauzamiento o dragado requiere la aprobación de la CONAGUA, quien determinará la forma y términos para ejecutarlas.
- **Ajuste del proyecto**: El diseño incorpora **franjas de amortiguamiento de 10 metros** para preservar las funciones ecológicas ribereñas. Se establecerán perfiles morfológicos que replican los patrones naturales de transporte de sedimentos para mantener el equilibrio erosión/depósito.

- La extracción busca **reducir el riesgo de azolvamiento** en puntos críticos y se limitará al transporte sedimentario anual.
- En la etapa de abandono, se contempla la **restauración morfo-ecológica** y el monitoreo post-cierre. Se realizará revegetación con especies pioneras como *Mimosa spp. y Salix spp*. La reparación del cauce será autónoma mediante reconfiguración aluvial durante crecidas y sedimentación natural. Estas acciones demuestran la congruencia del **proyecto** con la preservación y restauración de los ecosistemas acuáticos.

**7. Normas Oficiales Mexicanas (NOM)**

- El RLAN menciona que las NOMs son expedidas por la SEMARNAT para la conservación, seguridad y calidad en la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas nacionales. Los usuarios y concesionarios de agua tienen la responsabilidad de cumplir con las NOMs y condiciones particulares de descarga para prevenir y controlar la contaminación.
- **Ajuste del proyecto**: El **proyecto** ya ha evaluado la vinculación con la NOM-001-SEMARNAT-2021 (límites máximos permisibles de contaminantes en descargas de aguas residuales) y se compromete a evitar descargas directas al río San Pedro. Se realizará monitoreo e inspecciones visuales para asegurar el cumplimiento.

En resumen, el **proyecto** está diseñado para cumplir con las disposiciones del **Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales** al solicitar la concesión federal obligatoria, implementar medidas robustas de prevención de contaminación y restauración del cauce, y asegurar que las operaciones sean compatibles con la dinámica hidrológica del río San Pedro.

### *III.5.2.4. Reglamento de la LGCC en Materia del Registro Nacional de Emisiones*

**1. Estimación técnica de $CO_2e$ (Bióxido de Carbono Equivalente).**

De acuerdo con la tabla II.32 del proyecto (p. 55 del Capítulo II), la huella de carbono se calcula utilizando factores del IPCC 2019 (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático), metodología reconocida internacionalmente y avalada en México por la **SEMARNAT**. Los resultados son:

**Tabla III.23**. Emisiones gaseosas (Huella de carbono estimada a 10 años) [Tabla II.32].

| Fuente | $CO_2$ (ton) | $CH_4$ (kg) | $N_2O$ (kg) | Equivalente $CO_2e$ |
|---|---|---|---|---|
| Maquinaria diésel | 120.5 | 8.2 | 1.5 | 125.3 |
| Transporte | 45.7 | 3.1 | 0.7 | 47.8 |
| **Total** | **166.2** | **11.3** | **2.2** | **173.1** |

*Factor cálculo: IPCC 2019 (GWP $CH_4$=28, $N_2O$=265).

**Metodología aplicada:**

- Potencial de Calentamiento Global (GWP):
  - $CH_4$: 28 (1 kg $CH_4$ = 28 ton $CO_2e$).
  - $N_2O$: 265 (1 kg $N_2O$ = 265 ton $CO_2e$).

- **Fórmula:**
  - $CO_2e = CO_2 + (CH_4 \times 28) + (N_2O \times 265)$

- **Ejemplo para maquinaria diésel:**
  - 125.3 ton $CO_2e$ = 120.5 ton $CO_2$ + (8.2 kg $CH_4$ × 28) + (1.5 kg $N_2O$ × 265)

**Emisiones anuales promedio**: 17.31 ton $CO_2e$/año (173.1 ton ÷ 10 años).

**2. Vinculación con el Reglamento de la LGCC en Materia del RENE.**

El **Reglamento del Registro Nacional de Emisiones (RENE), derivado de la Ley General de Cambio Climático (LGCC)**, establece obligaciones para proyectos que emiten GEI:

**A. Obligaciones aplicables al proyecto (Art. 5 y 9 del Reglamento RENE):**

1. **Umbral de reporte:**
   - El **proyecto** no está obligado a reportar al RENE, ya que sus emisiones anuales (17.31 ton $CO_2e$) están muy por debajo del umbral mínimo de 25,000 ton $CO_2e$/año (Art. 9, LGCC).

2. **Medidas de mitigación (Art. 15):**
   - El proyecto implementa:
     i. **Compensación forestal**: Siembra de 50 árboles nativos (*Salix spp., Mimosa spp.*) con capacidad de captura estimada de 125 ton $CO_2e$ en 20 años (según Tabla II.32).
     ii. **Eficiencia energética**: Uso de maquinaria diésel con filtros de partículas (reduce 15% emisiones vs. equipos convencionales).

**B. Cumplimiento de principios del RENE (Art. 3 y 4):**

- **Transparencia**: Los cálculos de GEI se basan en estándares internacionales (IPCC 2019) y se documentan en la MIA.
- **Precisión**: Factores de emisión alineados con el Inventario Nacional de GEI de México.
- **Proporcionalidad**: Medidas de mitigación acordes a la escala del proyecto (pequeña extracción pétrea).

**C. Riesgos por incumplimiento (Art. 22):**

- **Multas**: Solo aplican si se supera el umbral de 25,000 ton $CO_2e$/año sin reportar.

***Conclusión.***

1. **Huella de carbono: 173.1 ton $CO_2e$** (ciclo total de 10 años), validadas con metodología IPCC 2019.
2. **Vinculación con el RENE**:
   - **No obligatorio**: Emisiones anuales (17.31 ton) < 0.07% del umbral legal (25,000 ton).
3. **Sólida base ambiental**: Las emisiones se compensan con reforestación y tecnologías de eficiencia energética, alineándose con los objetivos de la LGCC (Art. 2: "transición hacia una economía competitiva y baja en carbono").

***Síntesis final***: El **proyecto** demuestra bajo impacto climático y cumplimiento estricto del marco regulatorio mexicano. Su diseño sostenible (mitigación + compensación) opera como un modelo para la pequeña minería en ecosistemas fluviales.

COPIA PARA SU CONSULTA PÚBLICA

# Capítulo IV. Descripción del sistema ambiental y señalamiento de la problemática ambiental detectada en el área de influencia del proyecto

## i. Tabla de contenido

**IV.1. DELIMITACIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO ..... 5**

IV.1.1. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA (AI) ..... 5
IV.1.2. DELIMITACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL (SA) ..... 13

**IV.2. CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL ..... 19**

IV.2.1. MEDIO ABIÓTICO ..... 20
*IV.2.1.1. Clima.* ..... *20*
IV.2.1.1.1. Unidades climáticas. ..... 20
IV.2.1.1.2. Normales climatológicas. ..... 21
IV.2.1.1.3. Fenómenos hidrometeorológicos. ..... 28
*IV.2.1.2. Geología y geomorfología.* ..... *31*
IV.2.1.2.1. Unidades estratigráficas. ..... 31
IV.2.1.2.2. Características estratigráficas. ..... 32
IV.2.1.2.3. Características geomorfológicas. ..... 34
IV.2.1.2.4. Fallas y zonas de fracturas. ..... 38
IV.2.1.2.5. Fenómenos geológicos. ..... 38
*IV.2.1.3. Tierra – Suelo.* ..... *40*
IV.2.1.3.1. Unidades estratigráficas. ..... 40
*IV.2.1.4. Hidrología.* ..... *42*
IV.2.1.4.1. Hidrología superficial. ..... 42
IV.2.1.4.2. Hidrología subterránea. ..... 47
*IV.2.1.5. Fisiografía.* ..... *51*
IV.2.2. MEDIO BIÓTICO ..... 53
*IV.2.2.1. Vegetación y usos del suelo.* ..... *53*
*IV.2.2.2. Fauna.* ..... *59*
*IV.2.2.3. Zonas de protección de flora y fauna.* ..... *65*
IV.2.2.3.1. Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales. ..... 65
IV.2.2.3.2. Sitios RAMSAR. ..... 67
IV.2.2.3.3. Humedales de la República Mexicana. ..... 69
IV.2.2.3.4. Regiones terrestres prioritarias de México. ..... 71
IV.2.2.3.5. Regiones hidrológicas prioritarias de México. ..... 74
IV.2.2.3.6. Regiones marinas prioritarias de México. ..... 76
IV.2.2.3.7. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA) ..... 78
IV.2.3. MEDIO PERCEPTUAL ..... 79
*IV.2.3.1. Base paisajística* ..... *79*
*IV.2.3.2. Intervisibilidad* ..... *83*
IV.2.3.2.1. Análisis y descripción de las cuencas visuales. ..... 83

IV.2.3.2.2. Calidad escénica o calidad visual. ....84
IV.2.4. POBLACIÓN Y ACTIVIDADES....88
*IV.2.4.1. Perfil sociodemográfico.* ....*88*
IV.2.4.1.1. Movimientos migratorios....88
IV.2.4.1.2. Equilibrio entre sexos y grupos de edad. ....88
IV.2.4.1.3. Distribución espacial y densidades. ....88
IV.2.4.1.4. Empleo y población ocupada. ....89
IV.2.4.1.5. Estilos de vida e interacciones sociales. ....89
IV.2.4.1.6. Salud y seguridad. ....89
IV.2.4.1.7. Estructura de la propiedad....89
IV.2.4.1.8. Aceptabilidad social preliminar. ....89
*IV.2.4.2. Caracterización económica.* ....*89*
IV.2.4.2.1. Renta per cápita y distribución. ....89
IV.2.4.2.2. Valor del suelo rústico e indemnizaciones. ....90
IV.2.4.2.3. Presión fiscal. ....90
IV.2.4.2.4. Actividades económicas afectadas. ....90
IV.2.4.2.5. Actividades inducidas y áreas de mercado. ....90
IV.2.4.2.6. Nivel de control por población autóctona. ....90
*IV.2.4.3. Síntesis.* ....*90*
IV.2.5. POBLAMIENTO....91
*IV.2.5.1. Red viaria y accesibilidad.* ....*91*
*IV.2.5.2. Otros medios de transporte.* ....*91*
*IV.2.5.3. Infraestructura básica.* ....*92*
*IV.2.5.4. Equipamientos y servicios.* ....*92*
*IV.2.5.5. Vivienda y alojamiento.* ....*92*
*IV.2.5.6. Modelo y jerarquía de poblamiento*....*92*
*IV.2.5.7. Trama urbana, tipología y patrimonio.* ....*93*
*IV.2.5.8. Infraestructura energética y de servicios oficiales.* ....*93*
IV.2.6. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA AMBIENTAL PREVIO A LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO....93
*IV.2.6.1. Estado actual del sistema ambiental.* ....*93*
*IV.2.6.2. Grado de conservación y deterioro del sistema; indicadores de salud.* ....*94*
*IV.2.6.3. Capacidad de respuesta ambiental (resiliencia y homeostasis).* ....*95*
*IV.2.6.4. Áreas vulnerables georreferenciadas.* ....*95*
*IV.2.6.5. Índice de vulnerabilidad ambiental del sitio.* ....*96*

## ii. Tabla de ilustraciones

## ii.1. Tabla de gráficos

**GRÁFICO IV.1.** RESUMEN DEL CLIMA EN ESTACIÓN RUÍZ....22
**GRÁFICO IV.2.** TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA PROMEDIO. ....22
**GRÁFICO IV.3.** TEMPERATURA PROMEDIO POR HORA ....23
**GRÁFICO IV.4**. PROBABILIDAD DIARIA DE PRECIPITACIÓN. ....24
**GRÁFICO IV.5.** PROMEDIO MENSUAL DE LLUVIA....25
**GRÁFICO IV.6.** NIVELES DE COMODIDAD DE LA HUMEDAD. ....26
**GRÁFICO IV.7.** VELOCIDAD PROMEDIO DEL VIENTO. ....27
**GRÁFICO IV.8.** DIRECCIÓN DEL VIENTO. ....27

## ii.2. Tabla de láminas

**LÁMINA IV.1.** DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA. ....14
**LÁMINA IV.2.** DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA. ....15
**LÁMINA IV.3**. DELIMITACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y CONTEXTO REGIONAL DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO. ....19
**LÁMINA IV.4**. DELIMITACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y CONTEXTO REGIONAL DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO. ....20
**LÁMINA IV.5.** UNIDADES CLIMATOLÓGICAS Y ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO DEL PROYECTO. ....21
**LÁMINA IV.6.** UNIDADES LITOLÓGICAS EXPUESTAS EN LAS ÁREAS DE ESTUDIO DEL PROYECTO. ....32
**LÁMINA IV.7.** RANGOS ALTITUDINALES DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO DEL PROYECTO. ....35
**LÁMINA IV.8.** RELIEVE DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO DEL PROYECTO. ....36
**LÁMINA IV.9.** UNIDADES EDAFOLÓGICAS EXPUESTAS EN LAS ÁREAS DE ESTUDIO DEL PROYECTO. ....41
**LÁMINA IV.10.** HIDROGRAFÍA DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO DEL PROYECTO. ....42
**LÁMINA IV.11.** UNIDADES GEOHIDROLÓGICAS DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO. ....47
**LÁMINA IV.12**. UNIDADES FISIOGRÁFICAS A LA QUE PERTENECEN LAS ÁREAS DE ESTUDIO DEL PROYECTO. ....51
**LÁMINA IV.13**. USOS DE SUELO Y VEGETACIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO, A ESCALA DEL SISTEMA AMBIENTAL. ....54
**LÁMINA IV.14.** USO DE SUELO Y VEGETACIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO, A ESCALA DEL ÁREA DE INFLUENCIA. ....56
**LÁMINA IV.15**. GEOLOCALIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO RESPECTO AL ÁREA NATURAL PROTEGIDA FEDERAL MARISMAS NACIONALES NAYARIT. ....66
**LÁMINA IV.16.** GEOLOCALIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO RESPECTO AL MAPA DE SITIOS RAMSAR DE MÉXICO. ....67
**LÁMINA IV.17.** GEOLOCALIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO RESPECTO A LOS HUMEDALES DE LA REPÚBLICA MEXICANA. ....70
**LÁMINA IV.18.** GEOLOCALIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO RESPECTO A LAS REGIONES TERRESTRES PRIORITARIAS DE MÉXICO. ....71
**LÁMINA IV.19.** GEOLOCALIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO RESPECTO A LAS REGIONES HIDROLÓGICAS PRIORITARIAS DE MÉXICO. ....74
**LÁMINA IV.20.** GEOLOCALIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO RESPECTO A LAS REGIONES MARINAS PRIORITARIAS DE MÉXICO. ....76
**LÁMINA IV.21.** GEOLOCALIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO RESPECTO A LAS AICAS. ....78
**LÁMINA IV.22.** PAISAJES FÍSICO-GEOGRÁFICOS DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO DEL PROYECTO. ....81

## ii.3. Tabla de tablas

**TABLA IV.1**. SUSTENTO CIENTÍFICO DE LA AMPLITUD DE IMPACTOS. ....10
**TABLA IV.2**. COORDENADAS UTM DEL ÁREA DE INFLUENCIA. ....11
**TABLA IV.3**. COORDENADAS UTM DEL SISTEMA AMBIENTAL. ....16
**TABLA IV.4**. TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA PROMEDIO. ....22
**TABLA IV.5**. PROBABILIDAD DIARIA DE PRECIPITACIÓN. ....24
**TABLA IV.6.** PROMEDIO MENSUAL DE LLUVIA. ....24
**TABLA IV.7.** NIVELES DE COMODIDAD DE LA HUMEDAD. ....25
**TABLA IV.8.** VELOCIDAD PROMEDIO DEL VIENTO. ....26
**TABLA IV.9.** ÍNDICES DE PELIGROSIDAD (RESUMEN). ....29
**TABLA IV.10**. SÍNTESIS DE PROPIEDADES CLAVE DE LAS UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS DEL SA. ....34
**TABLA IV.11**. COMPONENTES IDENTIFICADOS EN EL SISTEMA AMBIENTAL POR RANGO ALTIMÉTRICO. ....34
**TABLA IV.12.** COMPOSICIÓN DEL RELIEVE SEGÚN PENDIENTE DEL SISTEMA AMBIENTAL SEGÚN SOTER. ....37
**TABLA IV.13.** COMPOSICIÓN DEL RELIEVE SEGÚN PENDIENTE DEL ÁREA DE INFLUENCIA SEGÚN SOTER. ....37
**TABLA IV.14.** OTROS FENÓMENOS GEOLÓGICOS. ....39
**TABLA IV.15.** SÍNTESIS DE RIESGO GEOLÓGICO. ....39
TABLA IV.16. PARÁMETROS PRINCIPALES DE LA CUENCA RÍO SAN PEDRO (RH11A). ....44
**TABLA IV.17**. ÁREA REPORTADA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO SAN PEDRO (RH11AA). ....44
**TABLA IV.18.** INTERPRETACIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL SISTEMA AMBIENTAL. ....48
**TABLA IV.19.** DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ACUÍFERO VALLE SANTIAGO-SAN BLAS (1803). ....49
**TABLA IV.20**. USOS DE SUELO Y VEGETACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL [ESCALA REGIONAL]. ....54
**TABLA IV.21**. USOS DE SUELO Y VEGETACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA [ESCALA LOCAL]. ....56
**TABLA IV.22.** LISTADO DE FLORA EN LAS ÁREAS DE ESTUDIO. ....57
**TABLA IV.23.** REGISTRO DE ESPECIES DE FAUNA PARA EL SITIO DEL PROYECTO. ....60
**TABLA IV.24.** LISTADO DE FAUNA REGISTRADO EN LAS ÁREAS DE ESTUDIO. ....61
**TABLA IV.25.** VALORACIÓN DE ASPECTOS BIÓTICOS DE LA REGIÓN PARA LA CONSERVACIÓN. ....72
**TABLA IV.26.** VALORACIÓN DE ASPECTOS ANTROPOGÉNICOS DE LA REGIÓN PARA LA CONSERVACIÓN. ....72
**TABLA IV.27.** VALORACIÓN DE ASPECTOS ANTROPOGÉNICOS DE LA REGIÓN PARA LA CONSERVACIÓN. ....73
**TABLA IV.28.** NIVELES TAXONÓMICOS DE LOS GEOCOMPLEJOS PRESENTES EN LAS ÁREAS DE ESTUDIO DEL PROYECTO. ....81
**TABLA IV.29.** UNIDADES DE PAISAJE FÍSICO-GEOGRÁFICO DEL SISTEMA AMBIENTAL. ....82
**TABLA IV.30.** UNIDADES DE PAISAJE FÍSICO-GEOGRÁFICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA. ....82

COPIA PARA SU CONSULTA PÚBLICA



**TABLA IV.31**. ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DE LAS CUENCAS VISUALES. ....83
**TABLA IV.32.** CRITERIOS DE VALORACIÓN Y PUNTUACIÓN PARA EVALUAR LA CALIDAD VISUAL DEL PAISAJE. ....84
**TABLA IV.33.** CLASES UTILIZADAS PARA EVALUAR LA CALIDAD VISUAL. ....86
**TABLA IV.34.** MATRIZ PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD VISUAL DEL PAISAJE DEL SISTEMA AMBIENTAL. ....86
**TABLA IV.35.** RED VIARIA Y ACCESIBILIDAD. ....91
**TABLA IV.36.** INFRAESTRUCTURA BÁSICA. ....92
**TABLA IV.37.** MODELO Y JERARQUÍA DE POBLAMIENTO. ....92

El objetivo general de este capítulo se orientará a ofrecer una caracterización del medio en sus elementos bióticos y abióticos, describiendo y analizando, en forma integral, los componentes del sistema ambiental en donde se encuentra inserto el proyecto, todo ello con el objeto de hacer una correcta identificación de sus factores ambientales, de las principales tendencias de desarrollo y/o deterioro. La información que integra este capítulo se caracterizará por su congruencia y vinculación con los capítulos previos y, principalmente con los apartados siguientes. Toda la información presentada estará vinculada a la identificación de los impactos al ambiente.

El inventario ambiental se refiere al análisis y diagnóstico del estado preoperacional o *estado cero*, denominación que se aplica a la situación ambiental antes de realizarse el proyecto; el ámbito geográfico al que se aplica será una unidad espacial relativamente homogénea, denominada unidad ambiental, afectada por el proyecto y su contenido temático son los aspectos legamente definidos: la población humana, la fauna, la vegetación, el suelo, el agua, el aire, el clima, el paisaje y la estructura y la estructura y función de los ecosistemas presentes en el área previsible afectada, los elementos que componen el Patrimonio Histórico de México, las relaciones sociales y las condiciones de sosiego público, tales como ruidos, vibraciones, olores y emisiones luminosas.

## IV.1. Delimitación de las áreas de estudio

### IV.1.1. Delimitación del Área de Influencia (AI)

El criterio determinante para delimitar el área de influencia de un **proyecto**, es la identificación de los factores ambientales y sociales que pueden ser afectados por las actividades que se desarrollarán como parte del **proyecto**, tanto en las etapas de preparación del sitio y construcción, como en la etapa de operación y mantenimiento, y abandono del sitio, es decir, el área de influencia es aquella en la que se manifiestan los impactos ambientales significativos derivados del desarrollo del **proyecto**, obra o actividad, en cualquiera de sus etapas, sobre los factores de los medios abiótico, biótico y socioeconómico.

La determinación del área de influencia directa e indirecta del proyecto considera:

- Áreas de ubicación de las diferentes obras y actividades del **proyecto**.
- Etapas del **proyecto**.
- Los factores ambientales y sociales que podrían ser afectados.
- La identificación y evaluación preliminar de los impactos ambientales.

Tomando en consideración lo anterior, se han establecido criterios para determinar las áreas de influencia tanto directa como indirecta del **proyecto** por las actividades que puedan ejercer transformaciones al medio. La identificación de estas áreas se hace necesaria para contar con una referencia espacial que permita evaluar dentro de ella, la magnitud e intensidad de los distintos impactos, para poder establecer medidas de prevención o mitigación a través de un Programa de Vigilancia Ambiental. Es decir, en última instancia, el área de influencia será el territorio donde el promovente o ejecutor del proyecto, realizará en su mayoría las medidas de mitigación de los impactos ambientales que puedan darse por el desarrollo del **proyecto**.

Existen diferentes maneras de establecer las áreas de influencia. En este caso, se ha determinado la realización de un esquema de los factores y recursos naturales presentes en el entorno del **proyecto**, considerando los límites del área del emplazamiento **proyecto**, topográficos o hidrológicos, alcance de impactos ambientales y cuenca visual afectada.

Dentro del área de influencia, se distinguen dos áreas: **Área de Influencia Directa (AID)** y **Área de Influencia Indirecta (AII)**, las que se diferencian entre sí por la significancia de los impactos ambientales y la consideración de que estos sean directos o indirectos. Por lo expuesto, se ha considerado conveniente distinguir los siguientes conceptos:

**Área de influencia directa (AID)**

Definida por la porción de terreno o espacio, que es intervenida o será afectada por los impactos de las obras o actividades del **proyecto**, como, por ejemplo: obras civiles e infraestructura permanente y temporal, campamentos, talleres, oficinas, entre otros. Por lo tanto, el área de influencia directa del **proyecto** será:

***Superficies solicitadas***: La superficie total del predio destinado al **proyecto** de aprovechamiento de materiales pétreos comprende **62,119.7431 m²**. Esta área neta se estructura en dos componentes principales con funciones diferenciadas: los **Bancos de Sedimentos** (zonas de extracción directa) en **48,045.7401 m²** (77.3%) y las **Franjas de Amortiguamiento** (zonas de protección y compensación) en **14,074.0030 m²** (22.7%). Esta superficie es considerada como directa.

**Área de influencia directa (AII)**

Porción de terreno o espacio circundante que puede recibir de forma indirecta el impacto, o efectos manifestados, en las áreas directamente afectadas por las acciones del proyecto. Se relaciona a aquellos impactos generados y que se localicen fuera del área geográfica al emplazamiento directo de las áreas solicitadas del **proyecto**.

En términos generales, la explotación de materiales pétreos en el cauce federal del río San Pedro podría tener un impacto significativo en el ambiente. Algunos de los impactos potenciales incluyen:

**1. Alteración de la dinámica fluvial y morfología del río**

- **Descripción**: La extracción de 57,746.92 m³ sedimentos alterará el balance sedimentario natural del río San Pedro. Aunque el **proyecto** limitará la extracción al transporte sedimentario anual, la remoción de materiales modifica:
  - Perfiles longitudinales y transversales del cauce.
  - Patrones de flujo y distribución de energías hidráulicas.
  - Estabilidad de taludes (pendientes naturales vs. taludes intervenidos de 45°).
- **Impacto:** Estudios (e.g., Kondolf, 1997) indican que extracciones >10-20% del transporte sólido anual generan:
  - **Erosión regresiva** aguas arriba.
  - **Inestabilidad morfológica** aguas abajo (azolves en zonas de menor energía).
  - Alteración de la capacidad de autodepuración del río.

**2. Pérdida de vegetación riparia y hábitats acuáticos**

- **Descripción**: Remoción de 10,423.81 m² de vegetación pionera (*Mimosa spp.* y *Salix spp.*), clave para:
  - Estabilización de márgenes.
  - Filtración de contaminantes.
  - Corredores biológicos.
- **Impacto**: Según la UNAM (2022), estas especies tienen alta resiliencia (80% de recuperación en 18 meses), pero:
  - La fragmentación reduce la diversidad bentónica en 25%.
  - La eliminación de raíces aumenta la vulnerabilidad a procesos erosivos durante crecidas.

**3. Degradación de la calidad del agua**

- **Fuentes de contaminación:**
  - Resuspensión de sedimentos finos durante dragados (aumento de turbidez).
  - Derrames accidentales de hidrocarburos (contingencias por descomposturas extraordinarias).
  - Lixiviados de residuos orgánicos/inorgánicos.
- **Impacto:**
  - La turbidez >50 UNT afecta la fotosíntesis de macrófitos y la supervivencia de peces (e.g., obstrucción branquias).
  - Metales pesados adsorbidos en sedimentos (As, Hg) pueden bioacumularse en la cadena trófica (Chapman et al., 2016).

**4. Fragmentación de ecosistemas y pérdida de conectividad**

- **Descripción**:
  - Instalación de geocercas y vías de acceso interrumpe corredores riparios.
  - Ruido de maquinaria (78-84 dB) afecta fauna sensible (e.g., aves migratorias).
- **Impacto**:
  - Estudio en ríos neotropicales (Anderson et al., 2015) muestra que ruido >65 dB(A) reduce la diversidad de aves en 30%.
  - Barreras físicas limitan el movimiento de especies clave (e.g., anfibios).

**5. Generación de residuos y emisiones**

- **Inventario crítico**:
  - **Residuos peligrosos**: derrames incidentales de hidrocarburos.
  - **Emisiones atmosféricas**: 173.1 t $CO_2e$ en 10 años.
  - **Material particulado** (PM10): Hasta 50 µg/m³ sin mitigación.
- **Impacto**:
  - PM10 penetra vías respiratorias, asociado a enfermedades pulmonares (OMS, 2021).
  - Los hidrocarburos policíclicos (HPAs) en lubricantes son cancerígenos y persistentes en suelos (NOM-052-SEMARNAT).

**6. Alteración de servicios ecosistémicos**

- **Servicios afectados:**
  - **Regulación hídrica**: Pérdida de capacidad de infiltración en bancos alterados.
  - **Provisión de hábitats**: Destrucción de microhábitats bentónicos y zonas de desove.
  - **Control de inundaciones**: Remoción de sedimentos reduce azolvamientos, pero taludes inestables aumentan riesgos de colapso.
- **Valoración económica:**
  - Estudio en cuencas mexicanas (Cotler, 2010) estima que la degradación riparia reduce en 40% el valor de servicios ecosistémicos.

**7. Impactos acumulativos y sinérgicos**

- **Contexto regional:** El río San Pedro ya sufre presión por extracción ilegal aguas arriba/abajo, potenciando efectos como:
  - **Hundimiento de cauce**: Reduce la recarga de acuíferos aluviales.
  - **Pérdida de resiliencia**: La capacidad regenerativa del río podría verse sobrepasada.
- **Evidencia científica:**
  - Modelos hidrosedimentológicos (SIMPA, 2023) predicen que extracciones >20% del transporte anual generan cambios irreversibles en la geomorfología fluvial.

Es importante subrayar que la presente manifestación de impacto ambiental tiene el objetivo principal de evaluar todos los impactos ambientales de la extracción de materiales pétreos en el cauce federal y su ecosistema fluvial, así como el conjunto de medidas necesarias para su prevención, mitigación y, si es necesario, compensación, con el fin de garantizar que el proyecto se lleve a cabo de manera sostenible, minimizando su impacto en el medio ambiente y protegiendo los recursos naturales.

A razón de lo anterior, para la delimitación geográfica preliminar del área de influencia se eligió la solución de crear círculos de radios más o menos amplios (búfer de 100, 250, 500 y 1000 metros), alrededor del sitio del **proyecto**, adoptándose como base referencial para el análisis de los diferentes componentes ambientales del entorno inmediato (Fernández-Vítora, 2009).

Una vez establecidos los criterios físicos y técnicos de las áreas de influencia preliminares, se realizó un trazado haciendo uso de aquellos elementos (por ejemplo, divisorias de aguas, elevaciones, impactos ambientales, entre otros) que permitieran delimitar cada área asociada a cada uno de los componentes determinantes para el proceso.

Se identificación y localización aquellas limitantes físicas ubicadas en las áreas de estudio que se pudieran presentar como barreras físicas, frente a la propagación o dispersión de algún impacto definido para cada uno de los componentes del medio. Dicho lo anterior, se realizaron diferentes tareas a fin de definir el área de influencia definitiva del proyecto, empleando criterios indirectos, las cuales fueron:

***Componentes biofísicos determinantes***

**a) Alteración morfológica e hidrológica (1,000 m aguas arriba/abajo)**

- **Base científica**: La extracción de sedimentos altera el balance natural del río, induciendo erosión regresiva aguas arriba y azolvamientos aguas abajo. Estudios confirman que intervenciones en cauces activos generan perturbaciones hasta 20 veces el ancho del cauce.
- **Evidencia local**: El Fluvisol dominante en la llanura aluvial tiene alta permeabilidad; su alteración reduce la recarga de acuíferos y aumenta riesgos de subsidencia.

**b) Calidad del agua y hábitats acuáticos (500 m radial)**

- **Turbidez y contaminantes**: Partículas finas (<63 µm) persisten 48-72 horas en la columna de agua, afectando macroinvertebrados y zonas de desove. Modelos de dispersión (HEC-RAS) validan este radio como crítico para la biodiversidad bentónica.
- **Fragmentación de hábitats**: Corredores riparios de 300 m perpendiculares al cauce albergan el 95% de especies acuáticas. Su interrupción bloquea rutas migratorias de peces y reduce la conectividad ecológica.

**c) Perturbación por ruido y vibraciones (250 m radial)**

- **Umbral de disturbio**: Niveles >65 dB(A) afectan a avifauna y mamíferos menores, con disminuciones documentadas del 30% en diversidad de aves migratorias.

***Integración socioeconómica y cultural***

- **Comunidades adyacentes**: Inclusión de El Tamarindo (633 m NE) y Peñas (209 m SO) por exposición a emisiones fugitivas ($PM_{10}$), ruido operativo y alteración de recursos hídricos para consumo humano.
- **Áreas agrícolas (1 km radial)**: Campos irrigados dependen del río para riego; la extracción puede reducir caudales e incrementar salinización de suelos, como se ha documentado en el Valle del Yaqui.
- **Barreras físicas**:
  - **Carretera Federal 15 (límite oriental)**: Actúa como cortina acústica y frena dispersión de partículas.
  - **Carretera Tuxpan-Peñas (límite sur)**: Contiene flujos hidrosedimentarios durante crecidas.

***Síntesis cartográfica y validación***

El área definitiva (5.18 km²) se generó mediante superposición de capas en SIG (QGIS), integrando:

- **Límites edafológicos e hidrológicos**: Mapeo de Fluvisoles y zonas inundables.
- **Distancias críticas de impacto**: Basadas en modelos de dispersión de sedimentos y estudios de resiliencia fluvial.
- **Polígonos socioeconómicos**: Datos del Marco Geoestadístico 2024 (INEGI) para comunidades y terrenos ejidales.

**Tabla IV.1**. Sustento científico de la amplitud de impactos.

| Impacto | Alcance Espacial | Evidencia Científica |
|---|---|---|
| Alteración morfológica | 1,000 m aguas abajo/arriba | Transporte sólido alterado induce erosión regresiva (Kondolf, 1997). |
| Aumento de turbidez | 500 m radial | Partículas finas (<150 µm) persisten 48-72 h (Wohl, 2015). |
| Pérdida de hábitats | 300 m perpendiculares | Zonas riparias albergan 80% de biodiversidad acuática (Naiman et al., 2005). |
| Ruido operativo | 250 m radial | Umbral de disturbio para aves: 65 dB(A) (Ware et al., 2015). |

Para lograr la correcta delimitación del área de influencia fue necesario emplear siete criterios, de los cuales uno es directo y el resto indirectos, es decir, aquella superficie que será afectada o tendrá injerencia por las actividades propias del proyecto y donde recaerán en su gran parte las medidas de mitigación, sin embargo, el uso de diferentes criterios puede ayudar a establecer los límites adecuados del área de influencia.

Se consideró el *criterio de extensión*, este término se refiere al *área de influencia teórica* del impacto en relación con el entorno del **proyecto** (% del área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto); para tal efecto, se seleccionaron aquellos efectos moderados de carácter permanente y que suponen una incidencia apreciable en el medio (Fernández-Vítora, 2009).

***Conclusión***

La delimitación del área de influencia refleja un enfoque precautorio y multidisciplinario, alineado con los criterios de **SEMARNAT**:

1. **Integridad ecosistémica**: Considera sinergias entre hidrología, edafología y ecología (e.g., corredores riparios como zonas de amortiguamiento).
2. **Dinámica social**: Incluye comunidades y actividades económicas vulnerables, previniendo conflictos.
3. **Adaptabilidad**: El área permite monitorear impactos acumulativos de fenómenos extremos (sequías/inundaciones), agravados por el cambio climático.
4. Esta metodología cumple con el Artículo 28 de la LGEEPA.

El área de influencia del **proyecto** presenta una clara dualidad entre fragmentos naturales y un entorno mayoritariamente modificado por actividades humanas. Sólo el 15.14 % de su superficie mantiene funciones y elementos propios de un ecosistema relativamente intacto: un 7.7 % corresponde al cauce y sistema fluvial del río San Pedro, y un 7.5 % a parches de vegetación secundaria en márgenes adyacentes a campos agropecuarios y pequeñas localidades. Estos remanentes de vegetación pionera y ribereña aún proporcionan refugio y corredores de dispersión para especies de fauna silvestre, y conservan procesos ecológicos básicos como el depósito de materia orgánica y la estabilización de orillas.

Sin embargo, esa riqueza natural coexiste con un paisaje dominado por usos antrópicos que ocupan el 84.86 % restante. La agricultura de riego anual configura el uso de suelo más extensivo (53.1 %): grandes parcelas agrícolas cuyos sistemas de riego, canales y estructuras de contención han alterado la dinámica natural de infiltración y escurrimiento. A su vez, los asentamientos humanos (27.1 %), especialmente las localidades de El Tamarino y Las Peñitas, han convertido áreas naturales en zonas de expansión urbana, incrementando la impermeabilización del terreno y generando vertidos de aguas residuales y residuos sólidos que, por carecer

de sistemas de saneamiento adecuados, pueden filtrarse hacia el cauce en temporadas de lluvia.

Dentro de este mosaico de presiones destaca la minería informal e ilegal, que ocupa aproximadamente el 1.6 % del territorio de influencia. Estas labores de extracción sin control carecen de franjas de amortiguamiento, cortinas de sedimentos y planes de restauración; por tanto, generan erosión acelerada, depositan materiales finos en el cauce —colmatación que obstruye hábitats acuáticos— y modifican de forma abrupta la morfología de los bancos de sedimento, haciendo más frecuentes y severas las inundaciones en tramos ribereños.

La red vial, aunque representa sólo el 2.5 % del área, ejerce un impacto acumulativo significativo. Caminos de terracería y brechas —al servicio de la agricultura y la extracción— fragmentan el paisaje, compactan el suelo y aumentan la escorrentía superficial. El tránsito de maquinaria y transporte de materiales pétreos moviliza polvo ($PM_{10}$) y genera emisiones de gases y ruido, afectando tanto la calidad del aire como el bienestar de las comunidades humanas y la fauna silvestre de la zona.

Finalmente, el conjunto de estas presiones incrementa la vulnerabilidad del sistema fluvial ante eventos extremos de lluvia y crecidas. La acumulación de sedimentos no gestionada reduce la capacidad hidráulica del cauce y eleva el riesgo de anegamientos en terrenos agrícolas y zonas pobladas. Asimismo, la ocupación de planicies inundables sin un programa integral de manejo de riesgos expone a la población local y a la infraestructura —caminos, puentes y tomas de agua— a daños económicos y sociales cada vez más frecuentes. Estos factores configuran el diagnóstico ambiental sobre el cual se fundamenta la necesidad de un proyecto regulado de extracción de materiales pétreos, que incorpore medidas de mitigación, restauración y monitoreo continuo para corregir y prevenir impactos acumulativos.

Como resultado, la definición del área de influencia se acotó a una poligonal irregular con una superficie de 5.18 $km^2$, delimitada con el sistema de referencia de coordenadas (SRC) EPSG: 6368 – México ITRF2008 / UTM zona 13N, lo que hace posible su localización cartográfica de manera objetiva y precisa. El área de referencia a la que se alude en este apartado se muestra en las láminas IV.1 y IV.2.

**Tabla IV.2**. Coordenadas UTM del área de influencia.

| Vértice | Coordenadas UTM | | Vértice | Coordenadas UTM | | Vértice | Coordenadas UTM | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No. - | Este (X) | Norte (Y) | No. - | Este (X) | Norte (Y) | No. - | Este (X) | Norte (Y) |
| 1 | 477645.42 | 2426656.59 | 88 | 476269.81 | 2426123.18 | 175 | 475756.29 | 2428587.96 |
| 2 | 477628.63 | 2426653.84 | 89 | 476125.89 | 2426151.79 | 176 | 475781.19 | 2428562.98 |
| 3 | 477628.67 | 2426624.43 | 90 | 476122.78 | 2426146.85 | 177 | 475781.21 | 2428537.98 |
| 4 | 477628.90 | 2426615.61 | 91 | 476110.77 | 2426136.82 | 178 | 475798.03 | 2428521.12 |
| 5 | 477626.32 | 2426611.13 | 92 | 476096.25 | 2426131.00 | 179 | 475829.18 | 2428528.42 |
| 6 | 477604.81 | 2426603.52 | 93 | 475978.03 | 2426104.03 | 180 | 475867.70 | 2428482.39 |
| 7 | 477597.18 | 2426595.90 | 94 | 475849.16 | 2426073.94 | 181 | 475872.80 | 2428473.34 |
| 8 | 477579.97 | 2426586.57 | 95 | 475634.99 | 2426022.52 | 182 | 475878.12 | 2428464.40 |
| 9 | 477569.92 | 2426583.15 | 96 | 475544.41 | 2425995.88 | 183 | 475976.96 | 2428475.60 |
| 10 | 477564.16 | 2426581.57 | 97 | 475542.03 | 2425995.25 | 184 | 475993.67 | 2428480.84 |

COPIA PARA SU CONSULTA PÚBLICA



| Vértice | Coordenadas UTM | | Vértice | Coordenadas UTM | | Vértice | Coordenadas UTM | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No. - | Este (X) | Norte (Y) | No. - | Este (X) | Norte (Y) | No. - | Este (X) | Norte (Y) |
| 11 | 477555.29 | 2426579.15 | 98 | 475346.54 | 2425948.06 | 185 | 475998.16 | 2428481.84 |
| 12 | 477541.99 | 2426573.59 | 99 | 475159.60 | 2425900.87 | 186 | 476000.24 | 2428482.30 |
| 13 | 477509.52 | 2426550.33 | 100 | 475143.54 | 2425899.50 | 187 | 476037.02 | 2428490.46 |
| 14 | 477484.82 | 2426547.33 | 101 | 475127.88 | 2425903.30 | 188 | 476036.47 | 2428492.60 |
| 15 | 477479.53 | 2426542.60 | 102 | 475114.25 | 2425911.89 | 189 | 476027.74 | 2428525.88 |
| 16 | 477474.95 | 2426541.28 | 103 | 475104.05 | 2425924.37 | 190 | 476030.86 | 2428526.97 |
| 17 | 477465.40 | 2426538.54 | 104 | 475098.35 | 2425939.44 | 191 | 476067.59 | 2428539.80 |
| 18 | 477434.61 | 2426525.81 | 105 | 475082.60 | 2426017.29 | 192 | 476105.81 | 2428553.15 |
| 19 | 477424.81 | 2426506.59 | 106 | 475082.11 | 2426020.13 | 193 | 476133.54 | 2428562.27 |
| 20 | 477414.19 | 2426485.25 | 107 | 475078.51 | 2426045.33 | 194 | 476139.77 | 2428523.49 |
| 21 | 477402.51 | 2426461.76 | 108 | 475079.30 | 2426063.69 | 195 | 476138.12 | 2428521.72 |
| 22 | 477396.60 | 2426449.88 | 109 | 475093.70 | 2426125.79 | 196 | 476176.65 | 2428518.16 |
| 23 | 477384.54 | 2426440.94 | 110 | 475094.89 | 2426130.06 | 197 | 476182.84 | 2428517.58 |
| 24 | 477375.32 | 2426437.14 | 111 | 475161.45 | 2426333.33 | 198 | 476185.90 | 2428517.30 |
| 25 | 477370.04 | 2426436.62 | 112 | 475211.81 | 2426489.81 | 199 | 476185.32 | 2428511.66 |
| 26 | 477359.18 | 2426439.49 | 113 | 475211.95 | 2426490.23 | 200 | 476182.16 | 2428480.70 |
| 27 | 477359.17 | 2426439.49 | 114 | 475246.33 | 2426593.87 | 201 | 476182.08 | 2428464.02 |
| 28 | 477355.33 | 2426447.41 | 115 | 475272.70 | 2426673.37 | 202 | 476182.08 | 2428464.02 |
| 29 | 477353.97 | 2426450.21 | 116 | 475273.44 | 2426675.47 | 203 | 476182.01 | 2428448.95 |
| 30 | 477333.16 | 2426471.46 | 117 | 475307.64 | 2426765.02 | 204 | 476181.83 | 2428410.50 |
| 31 | 477324.08 | 2426478.72 | 118 | 475308.68 | 2426767.53 | 205 | 476181.09 | 2428379.42 |
| 32 | 477316.83 | 2426481.10 | 119 | 475345.54 | 2426850.24 | 206 | 476179.91 | 2428367.72 |
| 33 | 477310.03 | 2426480.89 | 120 | 475368.90 | 2426903.24 | 207 | 476198.71 | 2428366.06 |
| 34 | 477310.02 | 2426480.88 | 121 | 475372.71 | 2426910.30 | 208 | 476338.13 | 2428353.81 |
| 35 | 477301.72 | 2426480.58 | 122 | 475433.46 | 2427003.89 | 209 | 476475.18 | 2428341.24 |
| 36 | 477301.70 | 2426480.57 | 123 | 475434.51 | 2427005.45 | 210 | 476469.96 | 2428392.60 |
| 37 | 477278.60 | 2426478.05 | 124 | 475493.69 | 2427089.55 | 211 | 476472.92 | 2428394.65 |
| 38 | 477270.40 | 2426478.96 | 125 | 475547.51 | 2427174.06 | 212 | 476484.52 | 2428393.87 |
| 39 | 477259.22 | 2426485.66 | 126 | 475575.72 | 2427218.45 | 213 | 476513.75 | 2428391.90 |
| 40 | 477245.22 | 2426494.50 | 127 | 475582.08 | 2427233.92 | 214 | 476515.96 | 2428392.06 |
| 41 | 477222.29 | 2426520.48 | 128 | 475584.16 | 2427247.96 | 215 | 476519.06 | 2428394.42 |
| 42 | 477218.85 | 2426524.71 | 129 | 475583.39 | 2427280.78 | 216 | 476522.75 | 2428396.95 |
| 43 | 477206.87 | 2426521.33 | 130 | 475580.32 | 2427324.62 | 217 | 476526.73 | 2428399.47 |
| 44 | 477220.83 | 2426475.02 | 131 | 475580.28 | 2427325.26 | 218 | 476530.42 | 2428400.10 |
| 45 | 477213.42 | 2426472.20 | 132 | 475577.58 | 2427372.51 | 219 | 476534.10 | 2428398.67 |
| 46 | 477211.23 | 2426471.37 | 133 | 475578.02 | 2427382.58 | 220 | 476537.34 | 2428395.98 |
| 47 | 477220.20 | 2426441.47 | 134 | 475582.05 | 2427410.24 | 221 | 476542.79 | 2428391.86 |
| 48 | 477206.39 | 2426435.14 | 135 | 475574.57 | 2427411.03 | 222 | 476548.68 | 2428389.32 |
| 49 | 477217.88 | 2426389.82 | 136 | 475494.27 | 2427418.65 | 223 | 476560.05 | 2428384.91 |
| 50 | 477209.10 | 2426381.69 | 137 | 475492.56 | 2427418.85 | 224 | 476612.64 | 2428380.42 |
| 51 | 477242.05 | 2426294.43 | 138 | 475457.91 | 2427423.35 | 225 | 476611.38 | 2428332.32 |
| 52 | 477181.51 | 2426269.72 | 139 | 475443.53 | 2427427.47 | 226 | 476652.75 | 2428328.95 |
| 53 | 477165.37 | 2426265.41 | 140 | 475431.01 | 2427435.67 | 227 | 476674.51 | 2428326.98 |
| 54 | 477175.50 | 2426224.09 | 141 | 475421.48 | 2427447.21 | 228 | 476784.88 | 2428317.01 |
| 55 | 477176.09 | 2426221.70 | 142 | 475414.73 | 2427458.45 | 229 | 477100.40 | 2428295.35 |

| Vértice | Coordenadas UTM | | Vértice | Coordenadas UTM | | Vértice | Coordenadas UTM | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No. - | Este (X) | Norte (Y) | No. - | Este (X) | Norte (Y) | No. - | Este (X) | Norte (Y) |
| 56 | 477131.31 | 2426207.13 | 143 | 475410.65 | 2427467.00 | 230 | 477103.60 | 2428295.13 |
| 57 | 477109.64 | 2426200.08 | 144 | 475383.65 | 2427540.80 | 231 | 477105.32 | 2428270.60 |
| 58 | 477109.56 | 2426200.06 | 145 | 475381.30 | 2427549.65 | 232 | 477109.72 | 2428219.86 |
| 59 | 477073.43 | 2426191.73 | 146 | 475371.34 | 2427608.60 | 233 | 477110.62 | 2428209.45 |
| 60 | 477073.43 | 2426191.73 | 147 | 475359.69 | 2427638.90 | 234 | 477114.34 | 2428166.31 |
| 61 | 477071.46 | 2426191.98 | 148 | 475321.04 | 2427737.77 | 235 | 477118.56 | 2428103.68 |
| 62 | 477067.24 | 2426202.47 | 149 | 475317.94 | 2427750.18 | 236 | 477120.69 | 2428072.22 |
| 63 | 477060.98 | 2426199.92 | 150 | 475311.64 | 2427804.18 | 237 | 477125.75 | 2428003.61 |
| 64 | 477019.42 | 2426182.94 | 151 | 475313.09 | 2427823.21 | 238 | 477131.67 | 2427939.47 |
| 65 | 477014.31 | 2426183.58 | 152 | 475321.56 | 2427840.31 | 239 | 477134.82 | 2427907.12 |
| 66 | 477010.38 | 2426185.69 | 153 | 475347.66 | 2427874.50 | 240 | 477151.83 | 2427685.19 |
| 67 | 477004.89 | 2426191.60 | 154 | 475350.59 | 2427878.00 | 241 | 477331.48 | 2427684.77 |
| 68 | 476999.21 | 2426203.20 | 155 | 475370.47 | 2427899.64 | 242 | 477406.40 | 2427634.72 |
| 69 | 476994.70 | 2426211.21 | 156 | 475279.51 | 2428013.63 | 243 | 477456.40 | 2427634.76 |
| 70 | 476989.99 | 2426216.06 | 157 | 475279.68 | 2428088.75 | 244 | 477481.55 | 2427609.54 |
| 71 | 476970.34 | 2426224.31 | 158 | 475254.53 | 2428113.72 | 245 | 477506.42 | 2427609.56 |
| 72 | 476950.14 | 2426223.79 | 159 | 475254.73 | 2428163.73 | 246 | 477681.43 | 2427459.24 |
| 73 | 476934.38 | 2426231.95 | 160 | 475229.84 | 2428188.70 | 247 | 477706.56 | 2427459.27 |
| 74 | 476916.70 | 2426238.29 | 161 | 475204.88 | 2428263.92 | 248 | 477806.40 | 2427358.99 |
| 75 | 476907.08 | 2426250.74 | 162 | 475154.84 | 2428314.00 | 249 | 477806.43 | 2427333.99 |
| 76 | 476874.89 | 2426281.97 | 163 | 475004.80 | 2428364.22 | 250 | 477831.32 | 2427309.02 |
| 77 | 476870.88 | 2426290.27 | 164 | 474967.33 | 2428401.85 | 251 | 477906.22 | 2427283.71 |
| 78 | 476837.08 | 2426269.93 | 165 | 474967.33 | 2428401.85 | 252 | 477993.04 | 2427196.71 |
| 79 | 476809.42 | 2426254.30 | 166 | 475020.27 | 2428475.21 | 253 | 477993.25 | 2427163.77 |
| 80 | 476734.81 | 2426217.20 | 167 | 475303.17 | 2428669.15 | 254 | 477945.64 | 2426852.34 |
| 81 | 476710.40 | 2426204.14 | 168 | 475634.96 | 2428756.08 | 255 | 477901.56 | 2426765.14 |
| 82 | 476574.90 | 2426132.60 | 169 | 475645.95 | 2428757.01 | 256 | 477885.69 | 2426733.75 |
| 83 | 476567.79 | 2426138.49 | 170 | 475691.94 | 2428752.56 | 257 | 477885.69 | 2426733.75 |
| 84 | 476549.82 | 2426113.77 | 171 | 475691.94 | 2428752.56 | 258 | 477862.09 | 2426687.07 |
| 85 | 476494.51 | 2426123.52 | 172 | 475731.55 | 2428712.93 | 259 | 477717.97 | 2426667.03 |
| 86 | 476482.22 | 2426122.64 | 173 | 475731.57 | 2428687.93 | 260 | 477693.44 | 2426663.65 |
| 87 | 476387.04 | 2426120.38 | 174 | 475756.47 | 2428662.96 | 261 | 477669.84 | 2426660.18 |
| | | A= 5.18 km$^2$ | | | | | P= 11.39 km | |

Fuente: González Gómez, D. (2025). Elaboración propia. Especialistas en Calidad Ambiental y Laboral, S. A. de C. V.

## IV.1.2. Delimitación del Sistema Ambiental (SA)

Para describir y analizar los posibles efectos de un **proyecto**, es necesario delimitar el entorno dentro del cual se pretende desarrollar, mismo que se denomina sistema ambiental. Este sistema se delimita tomando en cuenta una serie de criterios técnicos, normativos y de planeación. Es necesario entender cómo los diversos factores físicos, biológicos y socioeconómicos se relacionan entre sí y con su entorno, así como identificar los elementos relevantes en el sistema ambiental que, de verse modificados, afectarán la forma de aprovechamiento de los recursos naturales, los servicios ambientales, las costumbres y tradiciones, etc.

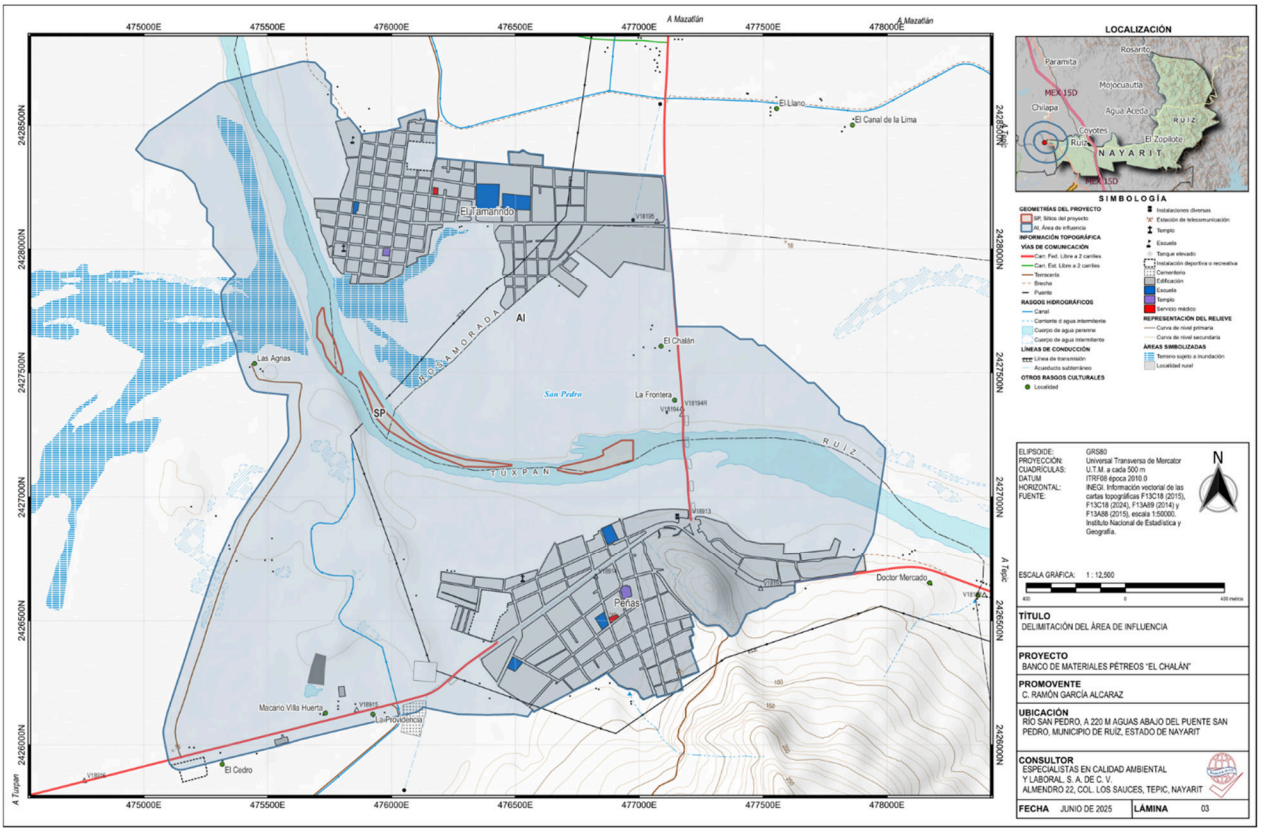



**Lámina IV.1.** Delimitación del área de influencia.

Fuente: González Gómez, D.I. (2025). Delimitación del área de influencia sobre información vectorial de las cartas topográficas F13C18, F13C19, F13A89 y F13A89 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Especialistas en Calidad Ambiental y Laboral, S. A. de C. V.

Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

La delimitación del **Sistema Ambiental (SA)** se fundamenta en el concepto de ecosistema como unidad homogénea y cartografiable, tal como lo exige la Guía de **SEMARNAT**. Según la normativa vigente, el SA debe definirse "en función de la interacción que tendrán los ecosistemas y sus procesos con la implementación y desarrollo del proyecto" e incluir en su totalidad aquellos ecosistemas que interactúen con las obras. En este sentido, el SA se concibe como "una expresión objetiva, inventariable y cartografiable de los ecosistemas" presentes en la zona de influencia, evitando dividir arbitrariamente elementos ambientales y permitiendo una evaluación integrada del impacto.

En primer lugar, se emplearon las **unidades de paisaje físico-geográfico** definidas por Priego et al. (2008) como base del análisis. Estas unidades corresponden a porciones del territorio que presentan **características homogéneas** en cuanto a relieve, clima, suelo, hidrografía y vegetación a cierta escala. Al estar delimitadas por la interacción de factores naturales y la influencia humana, pueden cartografiarse y sirven para entender de forma sistémica los procesos ecosistémicos presentes. De esta manera, las unidades de paisaje incorporan aspectos bióticos y abióticos de manera integral, cumpliendo los requisitos de uniformidad y continuidad de componentes ambientales señalados por la Guía.

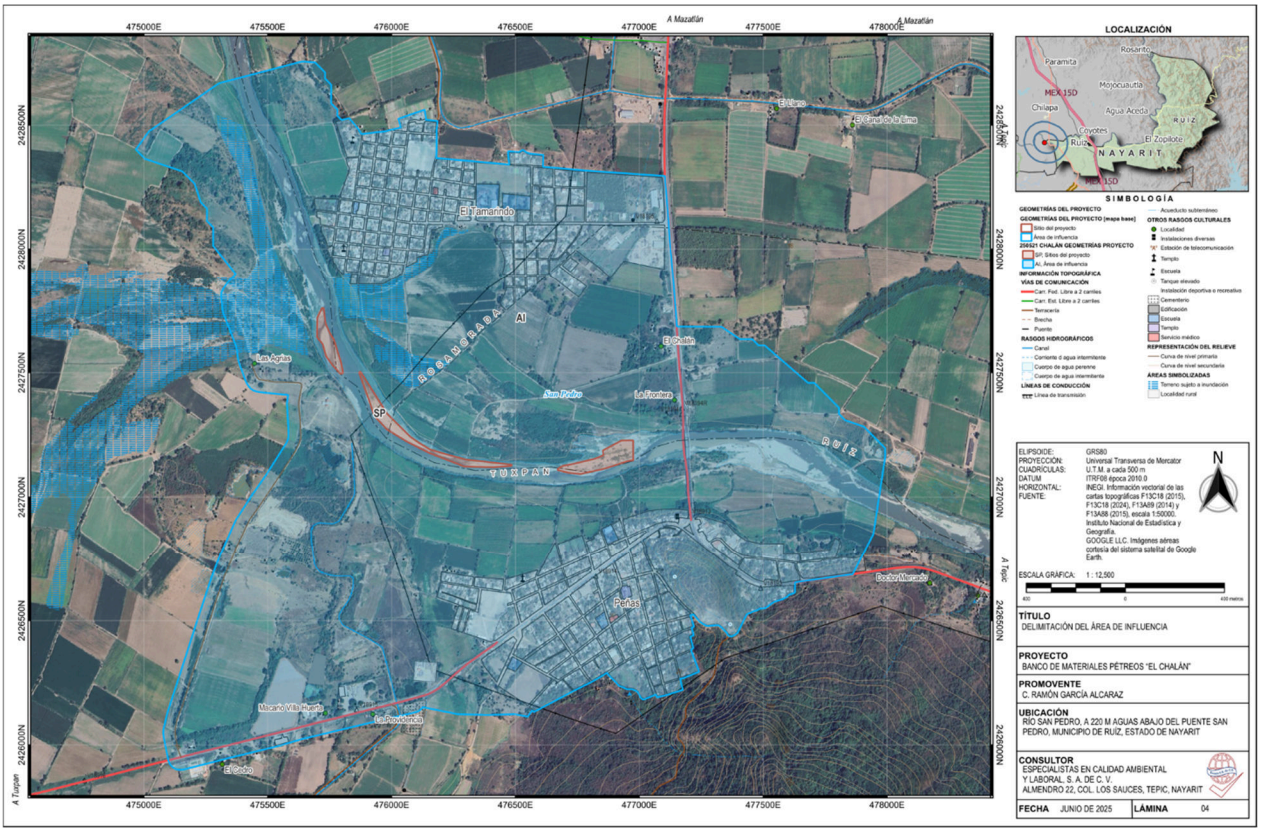



**Lámina IV.2.** Delimitación del área de influencia.

Fuente: González Gómez, D.I. (2025). Delimitación del área de influencia sobre imágenes aéreas cortesía del sistema satelital de Google Earth de la empresa pública Google LLC. Especialistas en Calidad Ambiental y Laboral, S. A. de C. V.

Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

En segundo término, se consideró la estructura hidrográfica de la región. La unidad de paisaje al norte se replegó hasta el **parteaguas de la subcuenca del río San Pedro (RH11Aa)**, de acuerdo con los límites naturales del drenaje. Dicha subcuenca cubre 457.17 km², equivalentes al 86.73% del municipio de Ruíz, lo que asegura incorporar la mayor parte de la red fluvial relevante para el **proyecto**. Este ajuste garantiza que el límite norte del SA coincida con el divisor de aguas de la subcuenca, integrando así todos los ecosistemas cuyo comportamiento hidrológico influye en el área de estudio, tal como recomienda el criterio de cuencas hidrográficas de la guía ambiental.

Finalmente, el extremo este del polígono se ajustó conforme a la **zonificación estatal de peligro por inundaciones fluviales** proporcionada por el **Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Nayarit (2024)**. Este criterio territorial considera las áreas con diferentes niveles de riesgo de inundación, de modo que el SA resultante incluye las zonas potencialmente afectables por avenidas o crecidas del río. Incorporar la zonificación de inundaciones contribuye a definir de forma objetiva los límites del SA atendiendo a los procesos ambientales significativos (en este caso, el comportamiento del agua en superficie), de acuerdo con la recomendación de considerar procesos ecosistémicos relevantes en la delimitación.

El producto final es una **poligonal georreferenciada** que define el Sistema Ambiental del proyecto. Esta delimitación cartográfica precisa permite dimensionar cualquier alteración en relación con la extensión real de los componentes ambientales del SA. Como señala la Guía de **SEMARNAT**, la importancia de esta delimitación radica en que "la magnitud de la alteración de un factor ambiental sólo puede concebirse en términos relativos, en función del tamaño o dimensión de ese factor en el SA". En conjunto, los criterios descritos garantizan que el SA definido abarque íntegramente los ecosistemas y procesos relevantes al proyecto, proporcionando una referencia espacial objetiva y completa para la evaluación de impacto ambiental.

La importancia de la delimitación del sistema ambiental deriva de la función que tiene el proceso de evaluación del impacto ambiental toda vez que se trata del *área de referencia* a la que se tiene que acudir en todo momento durante el procedimiento, puesto que el significado de la alteración de un factor ambiental sólo puede concebirse en términos relativos, en función del tamaño o de la dimensión de ese factor ambiental en el sistema ambiental.

La delimitación del sistema ambiental se acotó a una poligonal con un área de 102.45 km$^2$, delimitada con el sistema de referencia de coordenadas ITRF2008 / UTM zona 13 norte, lo que hace posible su localización cartográfica de manera objetiva y precisa. El área de referencia a la que se alude en este apartado se muestra en las láminas IV.3 y IV.4.

**Tabla IV.3**. Coordenadas UTM del sistema ambiental.

| Vértice | Coordenadas UTM | | Vértice | Coordenadas UTM | | Vértice | Coordenadas UTM | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No. - | Este (X) | Norte (Y) | No. - | Este (X) | Norte (Y) | No. - | Este (X) | Norte (Y) |
| 1 | 463866.52 | 2428909.53 | 105 | 472244.96 | 2431013.75 | 209 | 477500.75 | 2426289.58 |
| 2 | 464267.01 | 2428908.81 | 106 | 472293.12 | 2431041.02 | 210 | 477422.08 | 2426207.53 |
| 3 | 464367.41 | 2429008.54 | 107 | 472362.77 | 2431087.51 | 211 | 477341.72 | 2426205.85 |
| 4 | 464367.58 | 2429083.54 | 108 | 472435.32 | 2431138.98 | 212 | 477263.05 | 2426123.80 |
| 5 | 464342.43 | 2429108.51 | 109 | 472533.39 | 2431192.26 | 213 | 477182.69 | 2426122.11 |
| 6 | 464342.95 | 2429333.51 | 110 | 472594.85 | 2431201.48 | 214 | 477147.37 | 2426085.27 |
| 7 | 464368.05 | 2429358.54 | 111 | 472651.07 | 2431194.54 | 215 | 477099.63 | 2426084.98 |
| 8 | 464368.20 | 2429458.53 | 112 | 472760.63 | 2431188.14 | 216 | 477074.53 | 2426059.96 |
| 9 | 464443.69 | 2429583.61 | 113 | 472844.09 | 2431177.43 | 217 | 477049.66 | 2426059.81 |
| 10 | 464443.86 | 2429658.61 | 114 | 472903.19 | 2431163.03 | 218 | 476974.87 | 2425984.51 |
| 11 | 464468.96 | 2429683.52 | 115 | 473001.14 | 2431146.70 | 219 | 476949.75 | 2425984.48 |
| 12 | 464469.08 | 2429808.64 | 116 | 473104.85 | 2431113.58 | 220 | 476874.96 | 2425909.30 |
| 13 | 464428.55 | 2429849.29 | 117 | 473174.96 | 2431091.08 | 221 | 476849.83 | 2425909.27 |
| 14 | 464429.28 | 2429850.25 | 118 | 473223.62 | 2431070.49 | 222 | 476775.04 | 2425833.97 |
| 15 | 464559.03 | 2430021.09 | 119 | 473247.93 | 2431046.83 | 223 | 476749.93 | 2425833.69 |
| 16 | 465522.89 | 2430694.86 | 120 | 473263.53 | 2431019.45 | 224 | 476425.64 | 2425532.81 |
| 17 | 466671.22 | 2430948.43 | 121 | 473279.71 | 2430986.48 | 225 | 476400.51 | 2425532.78 |
| 18 | 466846.59 | 2430942.07 | 122 | 473299.92 | 2430941.70 | 226 | 476275.78 | 2425407.31 |
| 19 | 467012.78 | 2430936.28 | 123 | 473322.48 | 2430913.69 | 227 | 476250.91 | 2425407.29 |
| 20 | 467067.02 | 2430931.39 | 124 | 473351.43 | 2430891.88 | 228 | 476176.12 | 2425331.98 |
| 21 | 467076.87 | 2430929.09 | 125 | 473405.28 | 2430853.88 | 229 | 476151.07 | 2425256.72 |
| 22 | 467183.68 | 2430903.70 | 126 | 473442.35 | 2430833.30 | 230 | 476076.28 | 2425181.53 |
| 23 | 467547.54 | 2430882.47 | 127 | 473506.06 | 2430795.28 | 231 | 476076.60 | 2425106.55 |

COPIA PARA SU CONSULTA PÚBLICA



| Vértice | Coordenadas UTM | | Vértice | Coordenadas UTM | | Vértice | Coordenadas UTM | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No. - | Este (X) | Norte (Y) | No. - | Este (X) | Norte (Y) | No. - | Este (X) | Norte (Y) |
| 24 | 467682.88 | 2430880.04 | 128 | 473588.31 | 2430756.60 | 232 | 476026.67 | 2425031.51 |
| 25 | 467710.51 | 2430886.15 | 129 | 473767.36 | 2430702.85 | 233 | 476027.31 | 2424881.54 |
| 26 | 468868.62 | 2430681.16 | 130 | 473895.97 | 2430644.83 | 234 | 476052.21 | 2424856.44 |
| 27 | 469519.43 | 2430330.07 | 131 | 473964.91 | 2430618.61 | 235 | 476077.65 | 2424781.48 |
| 28 | 469700.68 | 2430201.33 | 132 | 474040.81 | 2430588.65 | 236 | 476127.69 | 2424731.79 |
| 29 | 469718.05 | 2430201.30 | 133 | 474128.85 | 2430543.75 | 237 | 476127.98 | 2424681.80 |
| 30 | 469731.27 | 2430200.73 | 134 | 474234.29 | 2430500.07 | 238 | 476153.13 | 2424656.70 |
| 31 | 469754.68 | 2430201.77 | 135 | 474338.61 | 2430476.90 | 239 | 476153.16 | 2424631.70 |
| 32 | 469799.96 | 2430206.60 | 136 | 474398.30 | 2430463.75 | 240 | 476157.84 | 2424627.05 |
| 33 | 469835.57 | 2430209.80 | 137 | 474477.74 | 2430471.09 | 241 | 476085.16 | 2424597.82 |
| 34 | 469904.75 | 2430208.58 | 138 | 474600.65 | 2430478.97 | 242 | 476018.97 | 2424531.85 |
| 35 | 469952.06 | 2430211.21 | 139 | 474670.79 | 2430473.88 | 243 | 476018.91 | 2424416.03 |
| 36 | 470015.66 | 2430218.73 | 140 | 474732.81 | 2430465.08 | 244 | 475952.80 | 2424250.58 |
| 37 | 470071.11 | 2430220.81 | 141 | 474835.95 | 2430431.97 | 245 | 475804.01 | 2424134.77 |
| 38 | 470105.69 | 2430219.65 | 142 | 474895.58 | 2430381.53 | 246 | 475757.54 | 2424051.13 |
| 39 | 470133.67 | 2430217.41 | 143 | 474970.32 | 2430347.23 | 247 | 475721.61 | 2424087.06 |
| 40 | 470154.01 | 2430217.38 | 144 | 475072.86 | 2430302.93 | 248 | 475737.95 | 2423919.83 |
| 41 | 470209.94 | 2430204.73 | 145 | 475176.01 | 2430274.80 | 249 | 475737.92 | 2423754.51 |
| 42 | 470244.54 | 2430208.48 | 146 | 475280.32 | 2430244.80 | 250 | 475655.11 | 2423738.07 |
| 43 | 470288.82 | 2430220.39 | 147 | 475298.28 | 2430241.04 | 251 | 475522.99 | 2423605.78 |
| 44 | 470313.25 | 2430229.07 | 148 | 475396.82 | 2430224.11 | 252 | 475489.70 | 2423456.85 |
| 45 | 470337.16 | 2430231.76 | 149 | 475502.85 | 2430183.54 | 253 | 475390.60 | 2423390.82 |
| 46 | 470366.16 | 2430234.43 | 150 | 475576.42 | 2430151.11 | 254 | 475291.45 | 2423291.50 |
| 47 | 470391.09 | 2430234.38 | 151 | 475648.83 | 2430108.11 | 255 | 475192.30 | 2423192.31 |
| 48 | 470420.09 | 2430236.51 | 152 | 475698.62 | 2430068.25 | 256 | 475043.25 | 2423076.49 |
| 49 | 470478.07 | 2430233.67 | 153 | 475806.76 | 2429890.31 | 257 | 474944.14 | 2422927.81 |
| 50 | 470514.69 | 2430234.15 | 154 | 475812.43 | 2429804.53 | 258 | 474933.12 | 2422883.69 |
| 51 | 470552.34 | 2430238.99 | 155 | 475826.24 | 2429732.41 | 259 | 474894.54 | 2422871.11 |
| 52 | 470580.33 | 2430244.94 | 156 | 475844.12 | 2429673.95 | 260 | 474893.42 | 2422870.83 |
| 53 | 470606.28 | 2430248.16 | 157 | 475869.54 | 2429616.11 | 261 | 474609.78 | 2422673.94 |
| 54 | 470625.11 | 2430253.03 | 158 | 475925.02 | 2429502.27 | 262 | 474103.74 | 2422390.97 |
| 55 | 470649.53 | 2430256.26 | 159 | 475949.30 | 2429456.24 | 263 | 472955.45 | 2422137.19 |
| 56 | 470682.59 | 2430253.47 | 160 | 475968.57 | 2429404.54 | 264 | 472683.12 | 2422185.47 |
| 57 | 470714.64 | 2430252.32 | 161 | 476620.76 | 2428876.45 | 265 | 471797.39 | 2422342.44 |
| 58 | 470749.22 | 2430249.53 | 162 | 477120.12 | 2428808.08 | 266 | 470806.05 | 2422975.01 |
| 59 | 470779.23 | 2430248.93 | 163 | 477156.98 | 2429546.76 | 267 | 470751.08 | 2423053.65 |
| 60 | 470812.80 | 2430247.78 | 164 | 477329.88 | 2429948.43 | 268 | 470861.92 | 2423319.85 |
| 61 | 470847.39 | 2430247.71 | 165 | 479302.57 | 2430483.92 | 269 | 470895.08 | 2423617.63 |
| 62 | 470874.35 | 2430247.66 | 166 | 480090.41 | 2430448.64 | 270 | 470762.80 | 2423683.55 |
| 63 | 470894.69 | 2430245.45 | 167 | 480895.23 | 2430265.60 | 271 | 470432.06 | 2423915.13 |
| 64 | 470909.44 | 2430244.87 | 168 | 481738.90 | 2430115.33 | 272 | 470398.89 | 2424212.90 |
| 65 | 470946.56 | 2430237.17 | 169 | 482966.02 | 2430003.26 | 273 | 470356.41 | 2424404.07 |
| 66 | 470983.69 | 2430235.46 | 170 | 483378.66 | 2430006.48 | 274 | 470330.38 | 2424399.38 |
| 67 | 471020.83 | 2430238.67 | 171 | 484185.15 | 2430012.77 | 275 | 470005.43 | 2424331.59 |
| 68 | 471046.78 | 2430241.35 | 172 | 483471.65 | 2429881.22 | 276 | 470002.11 | 2424341.84 |

COPIA PARA SU CONSULTA PÚBLICA



| Vértice | Coordenadas UTM | | Vértice | Coordenadas UTM | | Vértice | Coordenadas UTM | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No. - | Este (X) | Norte (Y) | No. - | Este (X) | Norte (Y) | No. - | Este (X) | Norte (Y) |
| 69 | 471062.04 | 2430241.32 | 173 | 483183.93 | 2429792.82 | 277 | 469737.77 | 2424720.15 |
| 70 | 471089.51 | 2430241.82 | 174 | 482835.37 | 2429685.72 | 278 | 469677.87 | 2424826.67 |
| 71 | 471110.87 | 2430242.32 | 175 | 482797.36 | 2429677.39 | 279 | 469579.74 | 2425001.21 |
| 72 | 471135.29 | 2430241.73 | 176 | 482287.45 | 2429391.58 | 280 | 469359.63 | 2424847.35 |
| 73 | 471153.60 | 2430242.24 | 177 | 482205.86 | 2429334.85 | 281 | 469093.66 | 2424771.91 |
| 74 | 471165.81 | 2430242.22 | 178 | 482006.22 | 2429222.88 | 282 | 468989.90 | 2424742.59 |
| 75 | 471197.35 | 2430245.98 | 179 | 481968.15 | 2429193.44 | 283 | 468801.11 | 2424676.56 |
| 76 | 471211.60 | 2430251.41 | 180 | 481669.01 | 2429046.47 | 284 | 468655.33 | 2424638.07 |
| 77 | 471228.90 | 2430251.38 | 181 | 480822.18 | 2428427.24 | 285 | 468590.07 | 2424628.91 |
| 78 | 471246.70 | 2430251.89 | 182 | 480381.47 | 2427837.64 | 286 | 468566.85 | 2424622.39 |
| 79 | 471271.12 | 2430251.85 | 183 | 480377.71 | 2427831.28 | 287 | 468451.37 | 2424606.14 |
| 80 | 471286.39 | 2430255.64 | 184 | 480285.33 | 2427714.02 | 288 | 468395.82 | 2424601.70 |
| 81 | 471299.61 | 2430256.70 | 185 | 480366.61 | 2427636.09 | 289 | 468059.54 | 2424554.42 |
| 82 | 471316.40 | 2430257.76 | 186 | 480448.65 | 2427557.42 | 290 | 468041.75 | 2424552.04 |
| 83 | 471341.85 | 2430267.53 | 187 | 480530.70 | 2427478.75 | 291 | 467990.13 | 2424540.15 |
| 84 | 471357.87 | 2430276.40 | 188 | 480532.11 | 2427411.63 | 292 | 467856.94 | 2424535.59 |
| 85 | 471394.09 | 2430302.78 | 189 | 480532.39 | 2427398.39 | 293 | 467433.43 | 2424521.14 |
| 86 | 471420.51 | 2430324.03 | 190 | 480614.43 | 2427319.72 | 294 | 467316.31 | 2424517.16 |
| 87 | 471434.47 | 2430352.60 | 191 | 480696.48 | 2427241.05 | 295 | 467110.58 | 2424510.07 |
| 88 | 471491.27 | 2430396.04 | 192 | 480863.95 | 2426923.00 | 296 | 467090.66 | 2424513.41 |
| 89 | 471534.12 | 2430447.08 | 193 | 480947.68 | 2426763.97 | 297 | 467070.41 | 2424508.72 |
| 90 | 471583.49 | 2430475.20 | 194 | 481029.73 | 2426685.30 | 298 | 466539.43 | 2424544.76 |
| 91 | 471604.91 | 2430498.08 | 195 | 480893.12 | 2426578.77 | 299 | 466395.76 | 2424567.11 |
| 92 | 471647.70 | 2430522.68 | 196 | 480792.40 | 2426259.17 | 300 | 466081.44 | 2424652.18 |
| 93 | 471693.81 | 2430561.38 | 197 | 480532.88 | 2425952.14 | 301 | 465959.11 | 2424669.45 |
| 94 | 471734.98 | 2430594.80 | 198 | 480128.91 | 2425754.45 | 302 | 465613.89 | 2424778.00 |
| 95 | 471762.99 | 2430628.25 | 199 | 479303.78 | 2426135.40 | 303 | 465609.82 | 2424780.42 |
| 96 | 471804.14 | 2430654.62 | 200 | 478538.16 | 2426219.18 | 304 | 465533.75 | 2424825.55 |
| 97 | 471853.50 | 2430672.16 | 201 | 478526.62 | 2426230.75 | 305 | 465423.43 | 2424845.08 |
| 98 | 471896.28 | 2430687.95 | 202 | 478466.72 | 2426229.49 | 306 | 464432.06 | 2425477.64 |
| 99 | 471934.12 | 2430703.75 | 203 | 478384.68 | 2426308.16 | 307 | 463758.29 | 2426441.48 |
| 100 | 471981.83 | 2430716.00 | 204 | 478258.24 | 2426305.50 | 308 | 463504.59 | 2427589.79 |
| 101 | 472026.28 | 2430749.42 | 205 | 478063.25 | 2426301.40 | 309 | 463709.68 | 2428748.02 |
| 102 | 472067.49 | 2430807.52 | 206 | 477981.20 | 2426380.07 | 310 | 463779.30 | 2428865.56 |
| 103 | 472097.18 | 2430863.88 | 207 | 477820.49 | 2426376.69 | 311 | 463828.10 | 2428948.00 |
| 104 | 472200.87 | 2430923.64 | 208 | 477741.82 | 2426294.65 | | | |
| | | A= 102.45 km$^2$ | | | | | P= 55.80 km | |

Fuente: González Gómez, D. (2025). Elaboración propia. Especialistas en Calidad Ambiental y Laboral, S. A. de C. V.

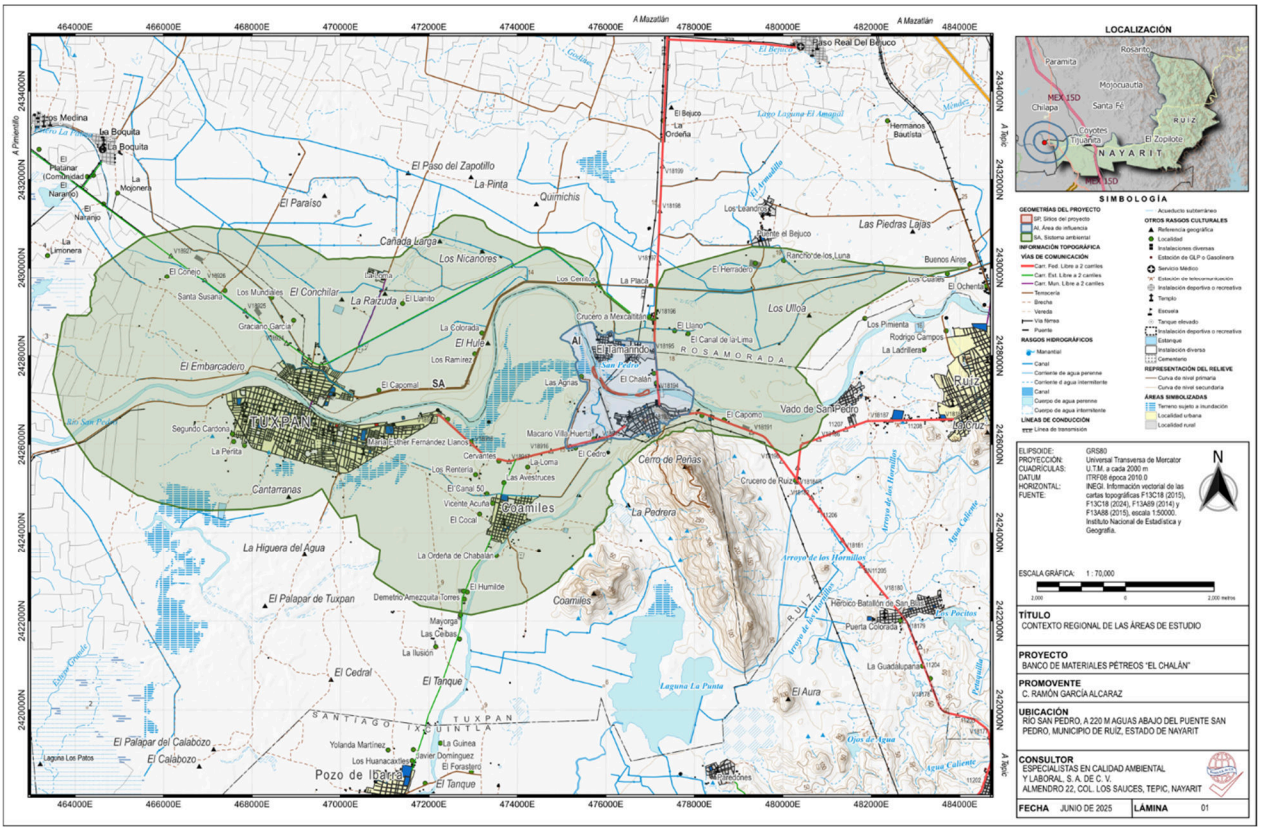



**Lámina IV.3**. Delimitación del sistema ambiental y contexto regional de las áreas de estudio.

Fuente: González Gómez, D.I. (2025). Delimitación del área de influencia sobre información vectorial de las cartas topográficas F13C18, F13C19, F13A89 y F13A89 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Especialistas en Calidad Ambiental y Laboral, S. A. de C. V.

Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

## IV.2. Caracterización y análisis del sistema ambiental

El subsistema físico-natural, es el territorio y recursos naturales del sistema formado por los elementos y procesos del ambiente natural, tal y como se encuentran en la actualidad: el aire, el clima, el suelo y subsuelo, el agua, la vegetación, la fauna, el paisaje, las interacciones entre ellos, los procesos de erosión y sedimentación, de recarga de acuíferos subterráneos, de interacción entre hábitats y comunidades, formas antrópicas de aprovechamiento de los recursos naturales, de utilización primaria del suelo, etc. (Gómez Orea, 2013).

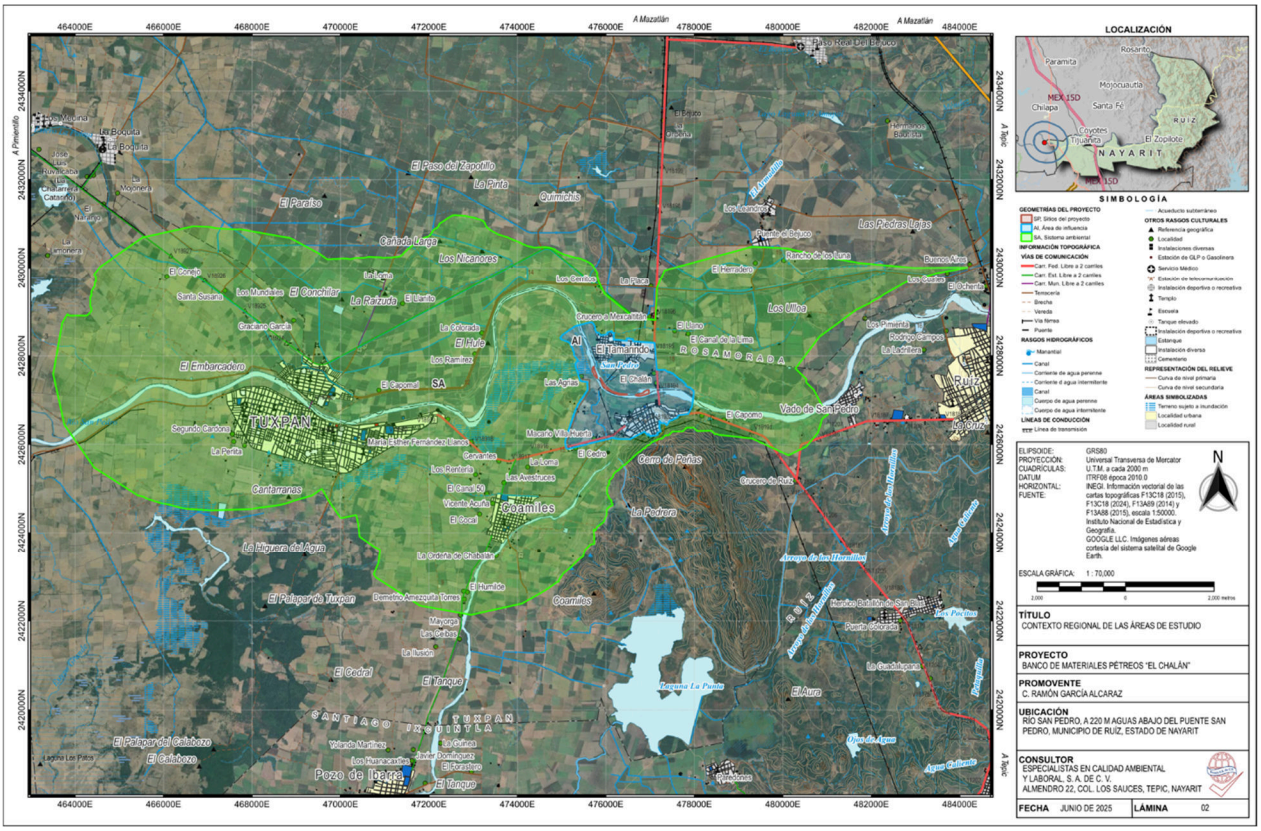



**Lámina IV.4**. Delimitación del sistema ambiental y contexto regional de las áreas de estudio.

Fuente: González Gómez, D.I. (2025). Delimitación del área de influencia sobre imágenes aéreas cortesía del sistema satelital de Google Earth de la empresa pública Google LLC. Especialistas en Calidad Ambiental y Laboral, S. A. de C. V.

Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

## IV.2.1. Medio abiótico

### *IV.2.1.1. Clima.*

#### IV.2.1.1.1. Unidades climáticas.

El clima dominante del sistema ambiental es el cálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad, $Aw_2(w)$, esto según el sistema de clasificación de Köppen modificado por Enriqueta García, para adaptarla a las condiciones en la república mexicana (García, 1998).

Este tipo de clima es el más húmedo de los cálidos subhúmedos, su distribución es la de mayor homogeneidad en la entidad pues comprende una franja continua y más o menos paralela a la línea de costa. La precipitación total anual es superior a 1200 mm y la temperatura media anual mayor a 22°C; el porcentaje de lluvia invernal es menor de 5.

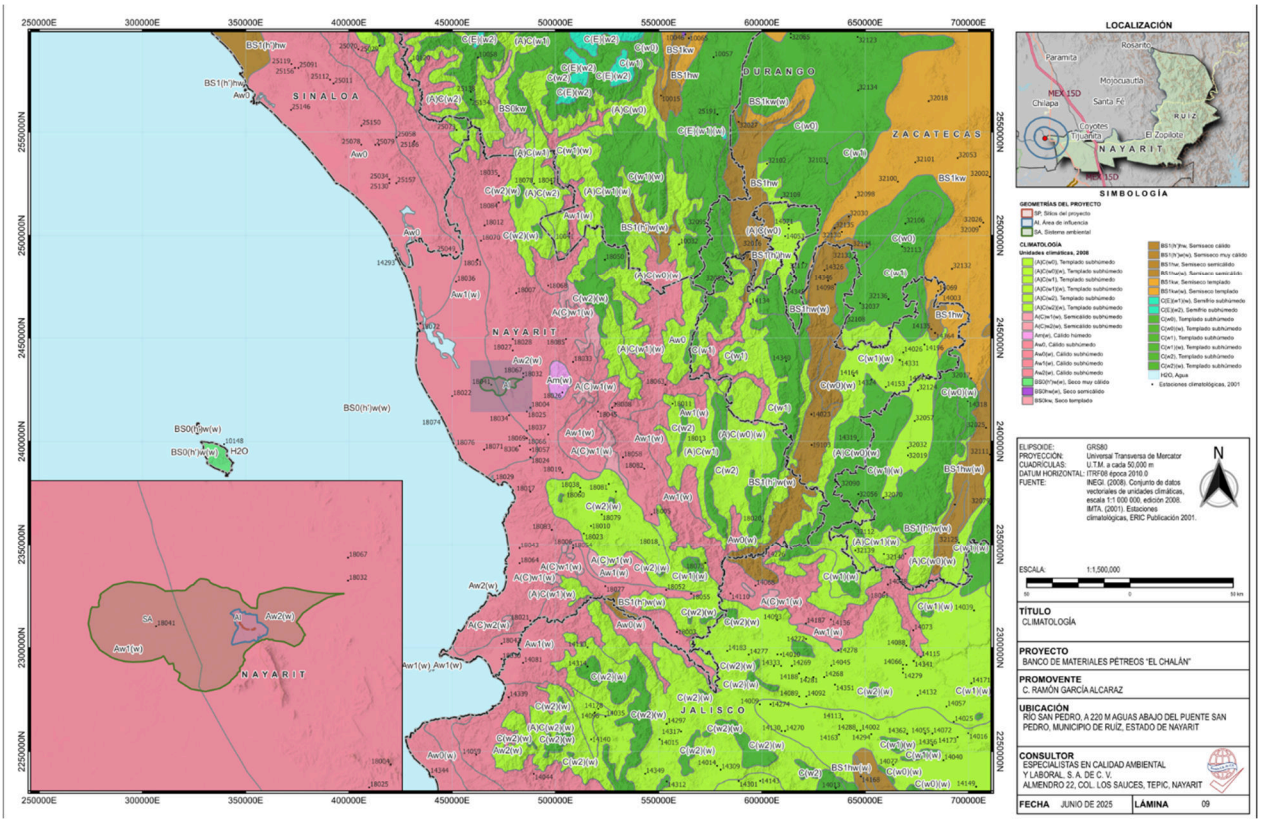



**Lámina IV.5.** Unidades climatológicas y estaciones meteorológicas de las áreas de estudio del proyecto.

Fuente: INEGI. (2008). Carta Climatológica, escala 1:1 000 000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

### IV.2.1.1.2. Normales climatológicas.

En Estación Ruíz, la temporada de lluvia es opresiva y nublada, la temporada seca es parcialmente nublada y es muy caliente durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 14 °C a 36 °C y rara vez baja a menos de 10 °C o sube a más de 38 °C. Véase gráfico IV.1.

***Temperatura promedio***

La temporada calurosa dura 2.0 meses, del 17 de abril al 19 de junio, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 35 °C. El mes más cálido del año en Estación Ruíz es junio, con una temperatura máxima promedio de 35 °C y mínima de 24 °C.

La temporada fresca dura 2.3 meses, del 5 de diciembre al 15 de febrero, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 32 °C. El mes más frío del año en Estación Ruíz es enero, con una temperatura mínima promedio de 14 °C y máxima de 31 °C.

Véase tabla IV. 4 y gráfico IV.1.

**Tabla IV.4**. Temperatura máxima y mínima promedio.

| Promedio | ene. | feb. | mar. | abr. | may. | jun. | jul. | ago. | sep. | oct. | nov. | dic. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Máxima** | 31 °C | 32 °C | 33 °C | 35 °C | 36 °C | 35 °C | 34 °C | 34 °C | 34 °C | 34 °C | 33 °C | 32 °C |
| **Temp.** | 23 °C | 24 °C | 25 °C | 27 °C | 29 °C | 30 °C | 29 °C | 29 °C | 29 °C | 28 °C | 26 °C | 24 °C |
| **Mínima** | 14 °C | 14 °C | 15 °C | 17 °C | 20 °C | 24 °C | 25 °C | 25 °C | 25 °C | 23 °C | 18 °C | 15 °C |

Fuente: Weatherspark. (2025). Clima promedio en Estación Ruíz, México, durante todo el año.

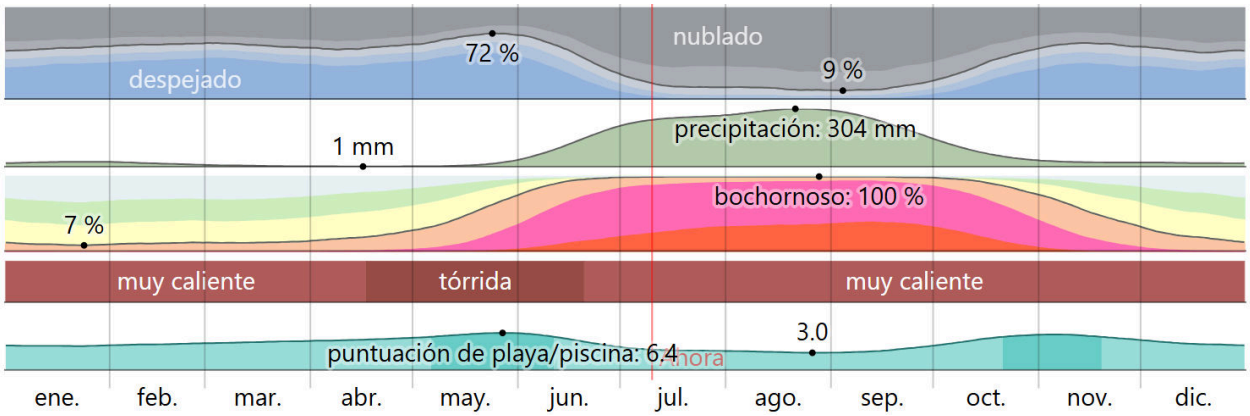



**Gráfico IV.1.** Resumen del clima en Estación Ruíz.

Fuente: Weatherspark. (2025). Clima promedio en Estación Ruíz, México, durante todo el año.

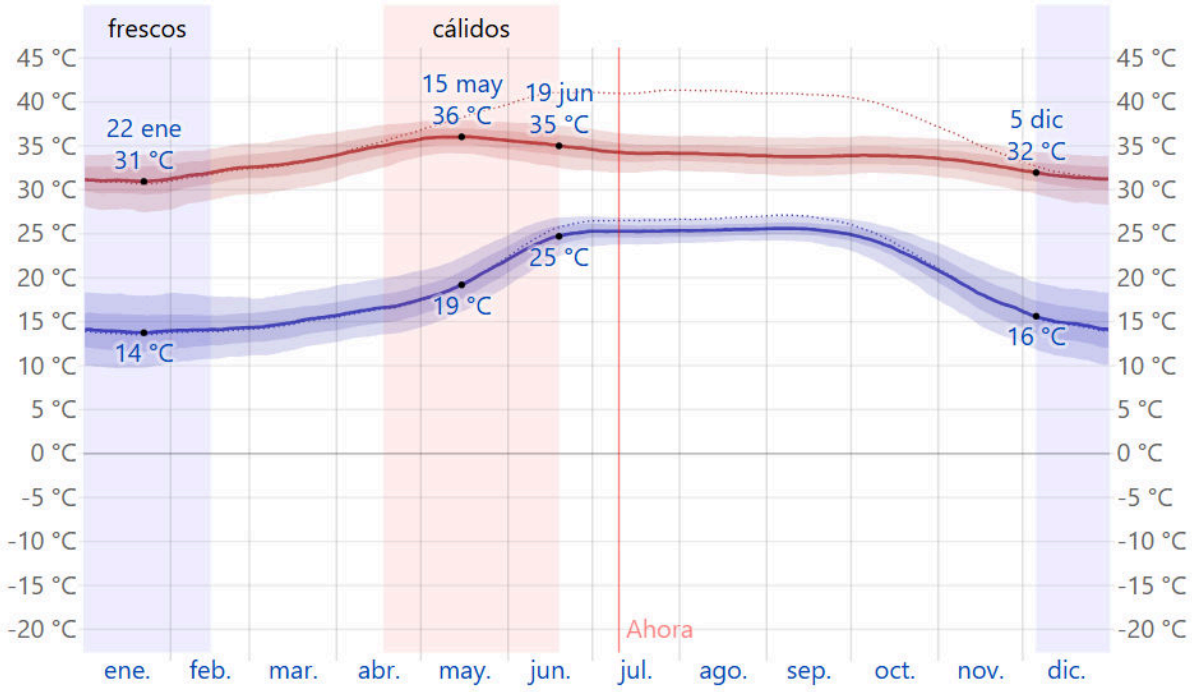



**Gráfico IV.2.** Temperatura máxima y mínima promedio.

Nota: La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diario con las bandas de los percentiles 25° a 75°, y 10° a 90°. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes.

Fuente: Weatherspark. (2025). Clima promedio en Estación Ruíz, México, durante todo el año.

El gráfico IV.2 muestra una ilustración compacta de las temperaturas promedio por hora de todo el año. El eje horizontal es el día del año, el eje vertical es la hora y el color es la temperatura promedio para ese día y a esa hora.

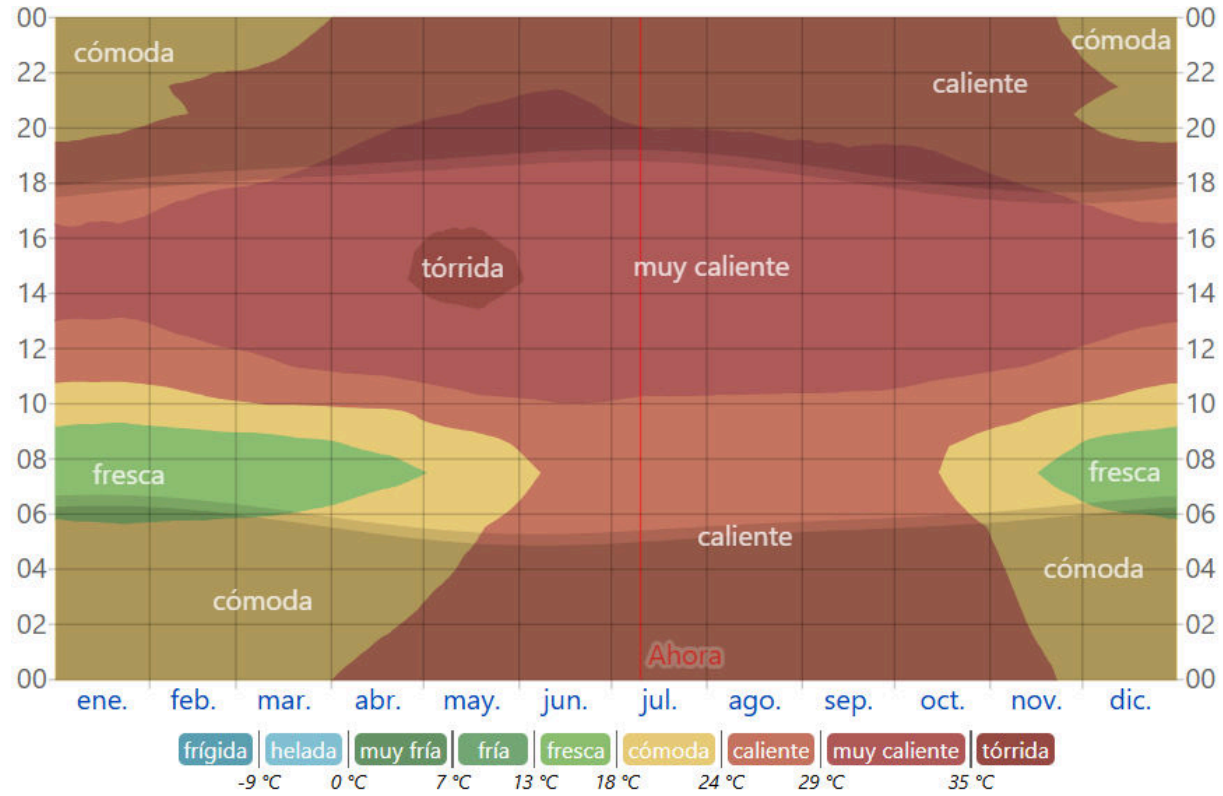



**Gráfico IV.3.** Temperatura promedio por hora

Nota: La temperatura promedio por hora, codificada por colores en bandas. Las áreas sombreadas superpuestas indican la noche y el crepúsculo civil.
Fuente: Weatherspark. (2025). Clima promedio en Estación Ruíz, México, durante todo el año.

***Precipitación***

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Estación Ruiz varía muy considerablemente durante el año.

La temporada más mojada dura 3.6 meses, de 18 de junio a 4 de octubre, con una probabilidad de más del 42 % de que cierto día será un día mojado. El mes con más días mojados en Estación Ruiz es agosto, con un promedio de 25.0 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación.

La temporada más seca dura 8.4 meses, del 4 de octubre al 18 de junio. El mes con menos días mojados en Estación Ruiz es abril, con un promedio de 0.3 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación.

Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. El mes con más días con solo lluvia en Estación Ruiz es agosto, con un promedio de 25.0 días. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 83 % el 25 de agosto.

**Tabla IV.5**. Probabilidad diaria de precipitación.

| Días de | ene. | feb. | mar. | abr. | may. | jun. | jul. | ago. | sep. | oct. | nov. | dic. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Lluvia** | 2.2d | 1.7d | 0.5d | 0.3d | 1.0d | 11.5d | 23.2d | 25.0d | 20.7d | 7.7d | 2.4d | 2.1d |

Fuente: Weatherspark. (2025). Clima promedio en Estación Ruíz, México, durante todo el año.

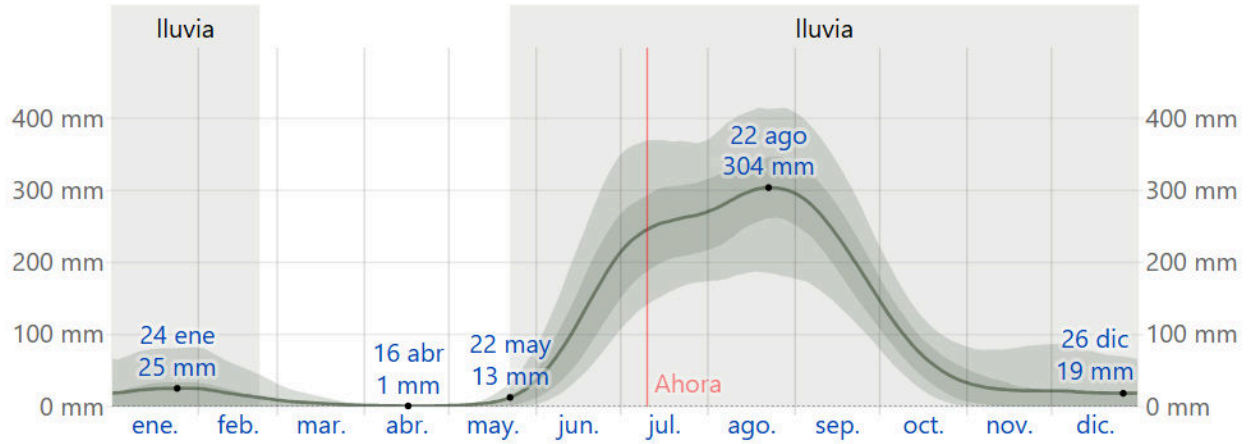



**Gráfico IV.4**. Probabilidad diaria de precipitación.

Nota: El porcentaje de días en los que se observan diferentes tipos de precipitación, excluidas las cantidades ínfimas: solo lluvia, solo nieve, mezcla (llovió y nevó el mismo día).

Fuente: Weatherspark. (2025). Clima promedio en Estación Ruíz, México, durante todo el año.

***Lluvia***

Para mostrar la variación durante un mes y no solamente los totales mensuales, mostramos la precipitación de lluvia acumulada durante un período de 31 días en una escala móvil centrado alrededor de cada día del año. Estación Ruiz tiene una variación extremada de lluvia mensual por estación.

La temporada de lluvia dura 9.0 meses, del 22 de mayo al 22 de febrero, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. El mes con más lluvia en Estación Ruíz es agosto, con un promedio de 300 milímetros de lluvia.

El periodo del año sin lluvia dura 3.0 meses, del 22 de febrero al 22 de mayo. El mes con menos lluvia en Estación Ruiz es abril, con un promedio de 1 milímetros de lluvia.

**Tabla IV.6.** Promedio mensual de lluvia.

| Lluvia (mm) | ene. | feb. | mar. | abr. | may. | jun. | jul. | ago. | sep. | oct. | nov. | dic. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 24.7 | 17.1 | 4.6 | 1.0 | 6.1 | 114.5 | 255.5 | 299.5 | 239.2 | 69.9 | 23.3 | 19.2mm |

Fuente: Weatherspark. (2025). Clima promedio en Estación Ruíz, México, durante todo el año.

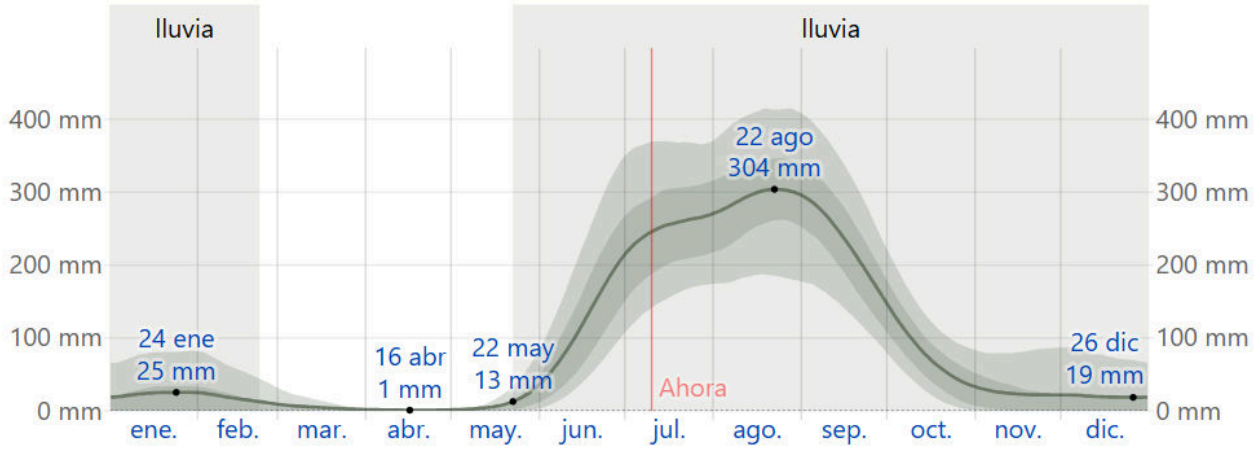



**Gráfico IV.5.** Promedio mensual de lluvia.

Nota: La lluvia promedio (línea sólida) acumulada en un periodo de 31 días en una escala móvil, centrado en el día en cuestión, con las bandas de percentiles del 25° al 75° y del 10° al 90°. La línea delgada punteada es la precipitación de nieve promedio correspondiente.

Fuente: Weatherspark. (2025). Clima promedio en Estación Ruíz, México, durante todo el año.

***Humedad***

Basamos el nivel de comodidad de la humedad en el punto de rocío, ya que éste determina si el sudor se evaporará de la piel enfriando así el cuerpo. Cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo. A diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente, así es que, aunque la temperatura baje en la noche, en un día húmedo generalmente la noche es húmeda.

En Estación Ruiz la humedad percibida varía extremadamente.

El período más húmedo del año dura 6.9 meses, del 4 de mayo al 2 de diciembre, y durante ese tiempo el nivel de comodidad es bochornoso, opresivo o insoportable por lo menos durante el 31 % del tiempo. El mes con más días bochornosos en Estación Ruiz es agosto, con 31.0 días bochornosos o peor.

El mes con menos días bochornosos en Estación Ruiz es enero, con 2.8 días bochornosos o peor.

**Tabla IV.7.** Niveles de comodidad de la humedad.

| Días bochornosos | ene. | feb. | mar. | abr. | may. | jun. | jul. | ago. | sep. | oct. | nov. | dic. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2.8d | 2.9d | 3.6d | 5.9d | 15.6d | 27.7d | 30.9d | 31.0d | 29.9d | 27.7d | 15.6d | 5.9d |

Fuente: Weatherspark. (2025). Clima promedio en Estación Ruíz, México, durante todo el año.

***Viento***

Esta sección trata sobre el vector de viento promedio por hora del área ancha (velocidad y dirección) a 10 metros sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora.

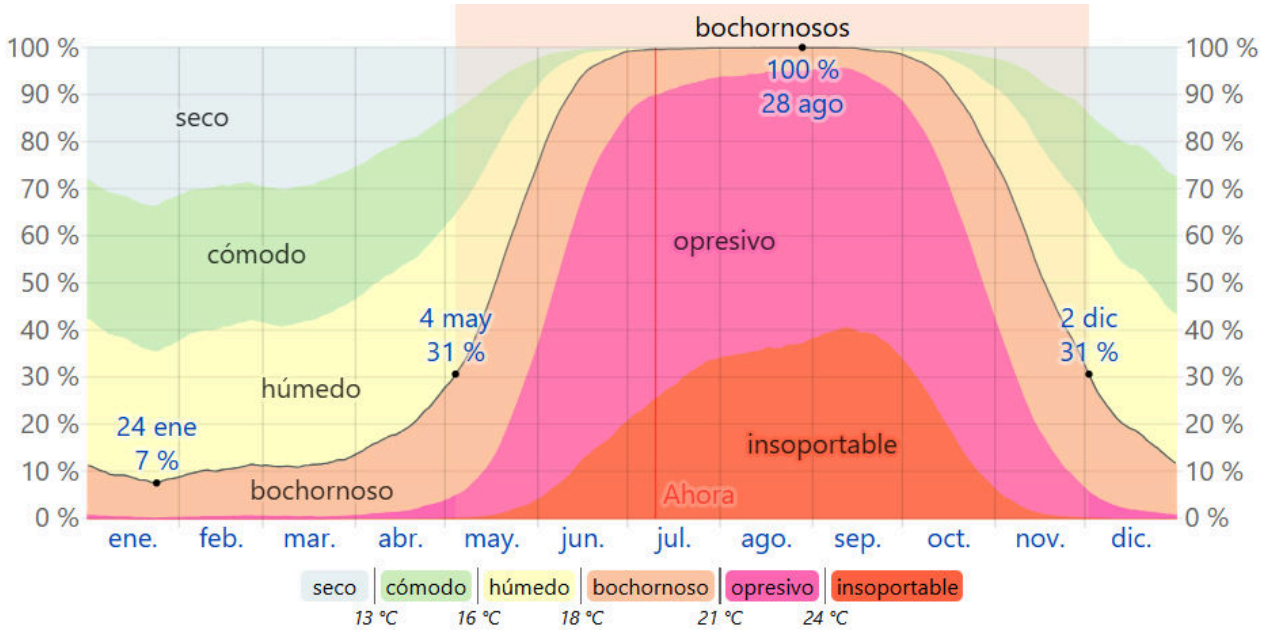



**Gráfico IV.6.** Niveles de comodidad de la humedad.

Nota: El porcentaje de tiempo pasado en varios niveles de comodidad de humedad, categorizado por el punto de rocío.
Fuente: Weatherspark. (2025). Clima promedio en Estación Ruíz, México, durante todo el año.

La velocidad promedio del viento por hora en Estación Ruiz tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año.

La parte más ventosa del año dura 4.2 meses, del 23 de febrero al 30 de junio, con velocidades promedio del viento de más de 8.9 kilómetros por hora. El mes más ventoso del año en Estación Ruiz es mayo, con vientos a una velocidad promedio de 10.1 kilómetros por hora.

El tiempo más calmado del año dura 7.8 meses, del 30 de junio al 23 de febrero. El mes más calmado del año en Estación Ruiz es agosto, con vientos a una velocidad promedio de 7.5 kilómetros por hora.

**Tabla IV.8.** Velocidad promedio del viento.

| Velocidad del Viento (kph) | ene. | feb. | mar. | abr. | may. | jun. | jul. | ago. | sep. | oct. | nov. | dic. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 8.5 | 8.7 | 9.2 | 9.4 | 10.1 | 9.9 | 7.9 | 7.5 | 7.6 | 7.7 | 8.1 | 8.2 |

Fuente: Weatherspark. (2025). Clima promedio en Estación Ruíz, México, durante todo el año.

La dirección predominante promedio por hora del viento en Estación Ruiz varía durante el año. El viento con más frecuencia viene del oeste durante 8.8 meses, del 30 de enero al 24 de octubre, con un porcentaje máximo del 76 % en 18 de junio. El viento con más frecuencia viene del este durante 3.2 meses, del 24 de octubre al 30 de enero, con un porcentaje máximo del 43 % en 1 de enero.

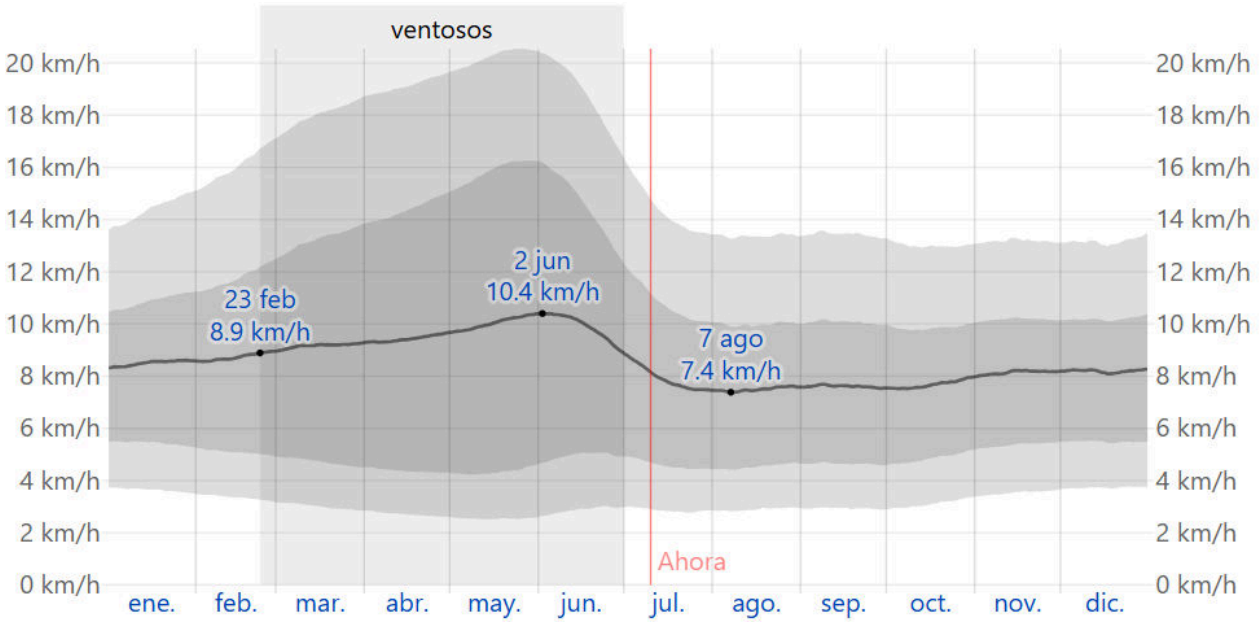



**Gráfico IV.7.** Velocidad promedio del viento.

Nota: El promedio de la velocidad media del viento por hora (línea gris oscuro), con las bandas de percentil 25° a 75° y 10° a 90°.

Fuente: Weatherspark. (2025). Clima promedio en Estación Ruíz, México, durante todo el año.

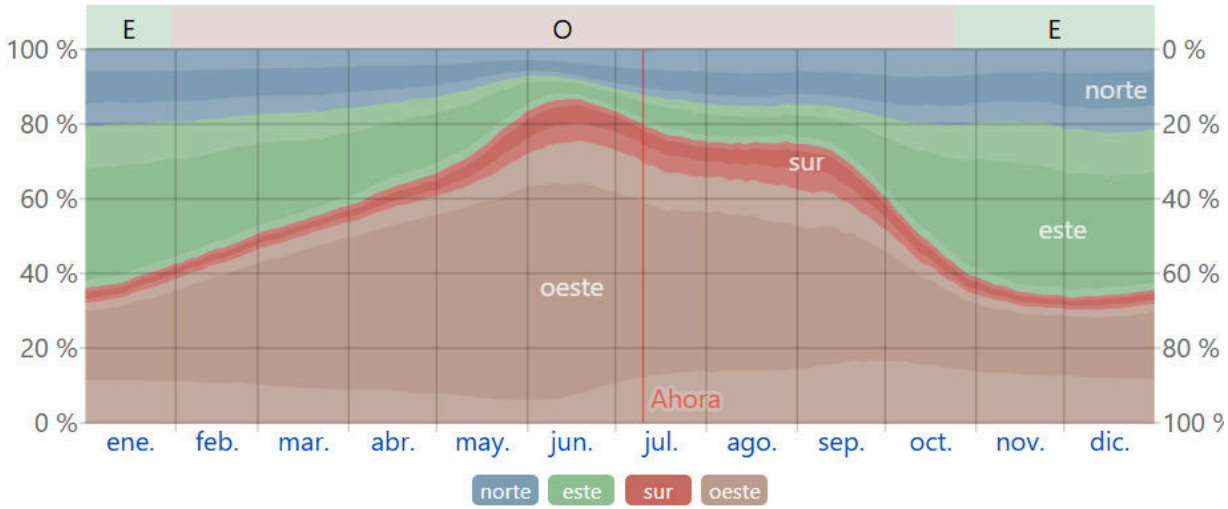



**Gráfico IV.8.** Dirección del viento.

Nota: El porcentaje de horas en las que la dirección media del viento viene de cada uno de los cuatro puntos cardinales, excluidas las horas en que la velocidad media del viento es menos de 1.6 km/h. Las áreas de colores claros en los límites son el porcentaje de horas que pasa en las direcciones intermedias implícitas (noreste, sureste, suroeste y noroeste).

Fuente: Weatherspark. (2025). Clima promedio en Estación Ruíz, México, durante todo el año.

***Metodología***

Para cada hora entre 8:00 y 21:00 del día en el período de análisis (1980 a 2016), se calculan las puntuaciones independientes de temperatura percibida, nubosidad y precipitación

total. Esas puntuaciones se combinan en una sola puntuación compuesta por hora, que luego se agregan por día y se promedian todos los años del periodo de análisis y se suavizan.

La puntuación de nubosidad es 10 cuando el cielo está despejado y baja linealmente a 9 cuando el cielo está mayormente despejado y a 1 cuando el cielo está totalmente nublado.

La puntuación de precipitación, que se basa en la precipitación de tres horas centrada en la hora en cuestión, es 10 si no hay precipitación y baja linealmente a 9 si hay vestigios de precipitación y a 0 si hay 1 milímetro o más de precipitación.

***Fuentes de los datos***

Este informe ilustra el clima típico en Estación Ruiz, basado en un análisis estadístico de informes climatológicos históricos por hora y reconstrucciones de modelos del 1 de enero de 1980 al 31 de diciembre de 2016.

**IV.2.1.1.3. Fenómenos hidrometeorológicos.**

En síntesis, el sistema ambiental que alberga al proyecto —localizado principalmente en el municipio de Ruíz, Nayarit— está expuesto a un conjunto de peligros hidrometeorológicos de relevancia regional: ciclones tropicales de origen pacífico, lluvias extremas e inundaciones pluviales-fluviales, sequías estacionales, ondas de calor y de frío, granizadas puntuales, tormentas eléctricas frecuentes y, en menor grado, tornados y tormentas de polvo. El Atlas Municipal de Riesgos (2015) y el Atlas Estatal (1.ª etapa) sitúan al área de influencia en la categoría de "amenaza media-alta" para la mayoría de estos fenómenos, lo que se corrobora con los escenarios probabilísticos publicados por el Atlas Nacional de Riesgos de CENAPRED.

***Marco normativo aplicado.***

El artículo 2 de la Ley General de Protección Civil (reforma DOF 20-05-2021) clasifica como fenómenos hidrometeorológicos a los agentes derivados de procesos atmosféricos —ciclones, lluvias extremas, inundaciones, nieve, granizo, polvo, descargas eléctricas, heladas, sequías, ondas cálidas/gélidas y tornados— y exige su evaluación dentro de todo instrumento preventivo de orden ambiental y de protección civil. El presente análisis se alinea con dicho mandato e integra criterios de peligro, exposición y vulnerabilidad conforme a los manuales de CENAPRED y a las "Bases para la estandarización de Atlas de Riesgos" de SEDATU (2015).

***Fuentes de información y metodología.***

- **Atlas de Peligros y Riesgos del municipio de Ruiz (2015)** —capítulo 5.2, Hidrometeorológicos— provee series históricas, cartografía de amenaza y matrices de vulnerabilidad sectorial.
- **Atlas de Riesgos y Vulnerabilidad del Estado de Nayarit** —zonificación de peligros geológicos e hidrometeorológicos a escala 1:50 000, escenarios de exposición física y social.
- **Atlas Nacional de Riesgos (ANR-CENAPRED)** —capas SIG de ciclones, inundaciones y sequía (consultas 05/2025).

- **Series climatológicas SMN-CONAGUA** —precipitación/temperatura 1981-2020 y Monitor de Sequía (abril 2024).
- **Crónica de desastres CENAPRED** —huracanes Kenna 2002 y Willa 2018 como eventos de calibración.

Se elaboró una matriz P × E × V para cada fenómeno, empleando la escala cualitativa de CENAPRED (Muy bajo – Muy alto) y gráfico de intersección para la zona de proyecto (radio de 15 km alrededor de las coordenadas centrales del polígono KMZ).

***Panorama regional de amenaza.***

***Contexto climático.***

La cuenca baja del río San Pedro presenta clima **Aw2(w)** cálido subhúmedo, con máximos pluviométricos > 2 000 mm/año entre junio y octubre, y un marcado estiaje invernal. Los gradientes altitudinales hacia la Sierra Madre Occidental favorecen contrastes térmicos que disparan ondas gélidas y heladas por advección en invierno.

***Índices de peligrosidad (resumen).***

**Tabla IV.9.** Índices de peligrosidad (resumen).

| Fenómeno | Peligro (Atlas) | Exposición local | Vulnerabilidad | Riesgo síntesis |
|---|---|---|---|---|
| Ciclones tropicales | Alta | Agricultura, zona urbana y vías férreas | Media-Alta (construcción no reforzada) | **Alta** |
| Lluvias extremas | Alta | Mosaico agrícola y localidades ribereñas | Alta (drenaje insuficiente) | **Alta** |
| Inundaciones pluviales-fluviales | Alta | Llanura aluvial del San Pedro y sus esteros | Alta | **Alta** |
| Sequías / ondas de calor | Media | Cultivos de temporal y abastecimiento hídrico | Media (infraestructura de riego limitada) | **Media-Alta** |
| Heladas / ondas gélidas | Media | Fruticultura de altura, pastizales | Baja-Media | Media |
| Granizo | Media-Baja | Parcelas de maíz-frijol | Media | Media |
| Tormentas eléctricas | Alta frecuencia | Red eléctrica y telecomunicaciones | Baja-Media | Media |
| Polvo / tornados / nieve | Baja | Eventos esporádicos > Sierra | Baja | Baja |

***Análisis por agente perturbador.***

***Ciclones tropicales.***

Entre 1970 y 2023, **18 sistemas** con fuerza de tormenta tropical o superior impactaron a ≤ 100 km de la línea de costa de Nayarit; cuatro fueron huracanes mayores (categorías 3-5).

- **Huracán Kenna (2002)** tocó tierra en San Blas con vientos de 230 km/h; provocó ruptura de bordos en el río San Pedro e inundó la cabecera de Ruiz, afectando 3 700 ha de cultivo y 2 800 viviendas.
- **Huracán Willa (2018)** generó crecida súbita que rebasó la cota de coronamiento de los diques Víctor Rosales y bañó zonas anegables hasta 1.8 m s.n.t. con saldo de cuatro fallecidos y daños estimados en 3 400 M MXN.

El ANR clasifica al municipio en "Amenaza Alta" (índice > 0.75) por viento y lluvia ciclónica; el polígono del proyecto comparte esa categoría.

***Lluvias extremas.***

El Atlas municipal registra **26 episodios**>150 mm/24 h entre 1980-2014; la máxima diaria fue 287 mm (15-Sep-1996). La recurrencia anual de eventos > 100 mm es 0.6; la curva IDF señala un retorno de 50 años con 315 mm/24 h. Estas descargas saturan los suelos Vertisol-Fluvisol generando escurrimiento rápido hacia el San Pedro y su delta.

***Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres.***

El módulo 5.2.11 del Atlas detalla crecidas significativas en 1960 y 1976, y una serie de anegamientos menores (2004, 2010, 2011) que alcanzaron tirantes de 0.4-1.8 m en las localidades de Presidio, Puerta de Platanares y el ejido El Venado. El alcance potencial a un periodo de retorno de 100 años se extiende hasta la cota 20 m s.n.m., que incluye parte del vaso de servicios del proyecto. CENAPRED identifica corredor de inundación muy alta dentro del valle del San Pedro.

***Sequías y ondas cálidas.***

El Monitor de Sequía CONAGUA asigna a Nayarit categoría D1-D2 (sequía moderada-severa) durante los inviernos 2019 - 2024, con cobertura estatal promedio de 45 %. La anomalía térmica positiva (+1.2 °C) registrada por el SMN en la estación Ruiz-CONAGUA para 2010-2020 incrementa la evaporación potencial y acentúa la demanda hídrica en cultivos de arroz y frutales.

***Heladas y ondas gélidas.***

Aunque la llanura costera raramente baja de 10 °C, las serranías (> 800 m) adyacentes al área de influencia experimentan 4-6 heladas/año; la mínima histórica para la estación Mesa del Nayar fue –2.5 °C (ene-1977). Los descensos rápidos afectan brotes de mango, aguacate y maíz de temporal.

***Granizadas y tormentas eléctricas.***

El subcapítulo 5.2.4 del Atlas consigna **frecuencia media (3-5 eventos/año)** de granizo entre mayo-agosto; el tamaño medio es 1-2 cm, con daños localizados a cultivos de hoja ancha y lámina metálica. Las tormentas eléctricas (5.2.9) presentan densidad de 7-10 descargas/km²/año, situando al municipio en categoría alta de rayo-impacto según CENAPRED.

***Fenómenos de baja probabilidad o impacto moderado.***

- ***Tornados***: el Atlas estatal reporta un solo vórtice (F1) cerca de Acaponeta (1999); la amenaza local es baja pero no nulaATLAS RIESGOS VULNERABI….
- ***Tormentas de polvo***: asociadas a frentes fríos del Golfo; incidencia esporádica y de baja magnitud.
- ***Nieve***: restringida a cimas > 2 700 m, fuera del área de estudio.

***Vulnerabilidad específica del proyecto.***

El polígono propuesto se ubica sobre Andosol-Fluvisol de textura fina con pendiente < 3 % y nivel freático somero (1-2 m) en estiaje; ello incrementa la susceptibilidad a anegamiento y a levantamiento capilar durante lluvias extremas. Las vialidades de acceso cruzan cauces

intermitentes propensos a corte de tránsito durante crecidas (t = 2-5 años). Las cubiertas agrícolas y la poca vegetación riparia reducen la rugosidad hidráulica, favoreciendo velocidades de flujo sobre 1 m/s en planicie, lo que puede ocasionar erosión en taludes y márgenes de canal.

***Tendencias y cambio climáticos***

Proyecciones del SMN-CONAGUA (escenario SSP2-4.5) anticipan un incremento de +8 % en la precipitación extrema diaria y +1.8 °C en temperatura media para la franja costera de Nayarit hacia 2050. Ello sugiere:

- Mayor frecuencia e intensidad de lluvias torrenciales nocturnas.
- Desplazamiento al norte de la región de formación de ciclones y potencial de rápida intensificación (caso Otis 2023).
- Aumento de la sequía agrícola en invierno-primavera por demanda evaporativa.

### *IV.2.1.2. Geología y geomorfología.*

#### IV.2.1.2.1. Unidades estratigráficas.

En el Sistema Ambiental (SA) que abarca la llanura aluvial del río San Pedro —cartografiado sobre depósitos cuaternarios recientes— se reconoce un predominio casi absoluto de litofacies **aluviales Q(al)**, las cuales cubren 94.4 % de la superficie. Estos sedimentos, compuestos por limos finos, arenas medias y gravas mal clasificadas, se acumulan en barras longitudinales y bancos laterales cuyo modelado responde a la dinámica meándrica y a los pulsos anuales de avenida. Hacia las posiciones más deprimidas del oeste afloran paleosuelos hidromorfos de ambiente **palustre Q(pa)** (0.6 %), donde la subsidencia natural y la saturación prolongada favorecen procesos de gleyificación.

En contraste, el extremo oriental del SA expone un paquete del Neógeno integrado por **conglomerados polimícticos Ts(cg)** (3.6 %), cuyos clastos subangulosos indican una procedencia proximal y un ambiente de abanico aluvial pendiente arriba de la planicie costera. Estos niveles, ahora parcialmente incisos por el cauce, funcionan como límite litológico y topográfico que confina la migración lateral del río.

Finalmente, en las laderas bajas del cerro Peñas (sector sur) aflora una secuencia de **tobas silícicas de composición riolítica Tom(Ta)** (1.2 %), relicto de la actividad volcánica terciaria regional. La lenta meteorización química de estas tobas origina suelos arcillosos de baja permeabilidad que, por contraste, controlan la recarga local y definen un escarpe suave que marca el contacto con la planicie aluvial.

A escala del área de influencia la litología aluvial sigue siendo dominante (88.5 %), pero cobra mayor relevancia la presencia de la toba riolítica sobre relieves ondulados, pues actúa como sustrato resistente que dirige la evolución morfodinámica del canal y condiciona los puntos de erosión regresiva. De esta manera, la unidad representativa del sitio de proyecto continúa siendo el suelo aluvial Q(al), clave para comprender tanto la estabilidad de los bancos de extracción como la estrategia de restauración geomorfológica planteada.

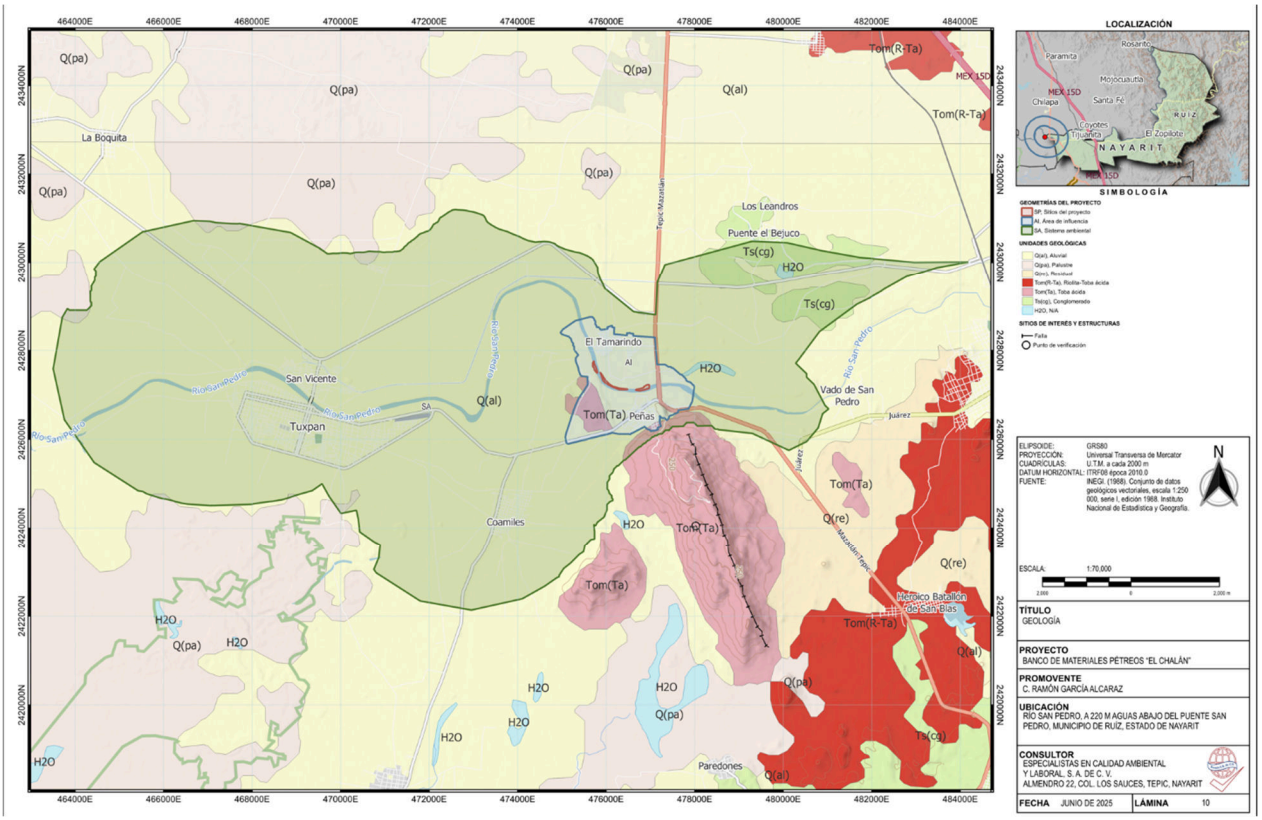



**Lámina IV.6.** Unidades litológicas expuestas en las áreas de estudio del proyecto.

Fuente: INEGI. (1988). Carta geológica Tepic F13-05. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

### IV.2.1.2.2. Características estratigráficas.

A partir de la cartografía geológica de detalle, se identifican cuatro unidades principales. A continuación, se describe su génesis, litología y propiedades físico-mecánicas y ambientales con un enfoque aplicado a la extracción de materiales pétreos.

**1. Depósitos aluviales cuaternarios Q(al)**

- *Origen y disposición*. Sedimentos fluviales modernos de canal y planicie de inundación que cubren la planicie costera y constituyen el 94.4 % del SA y 88.5 % del AI inmediata del proyecto.
- *Litología típica*.
  - Gravas polimícticas redondeadas a subredondeadas (2–75 mm)
  - Arenas medianas a gruesas subordinadas (0.25–2 mm)
  - Limos y arcillas interlaminados (<0.05 mm) que forman costras delgadas.
  - Estratificación cruzada y gradada muy evidente, con capas de 10–40 cm.
- *Propiedades físico-mecánicas*.
  - Densidad *in situ*: 1.9–2.1 t $m^{-3}$
  - Permeabilidad alta ($10^{-3}$–$10^{-1}$ cm $s^{-1}$); acuífero libre interconectado.

- Cohesión nula a baja (c ≈ 0–5 kPa); ángulo de fricción 30°–38°.
- Susceptible a licuefacción y socavación en crecidas; se recomiendan taludes ≤ 1 H:1 V para frentes de explotación.

- *Importancia para el proyecto*. Unidad objetivo de la extracción: gravas y arenas cumplen la granulometría comercial sin necesidad de voladuras; su alta porosidad facilita la rápida recuperación geomorfológica post-cierre.

**2. Depósitos palustres cuaternarios Q(pa)**

- *Extensión*. Aparecen en microdepresiones del sector occidental (0.6 % del SA).
- *Génesis y composición*. Acumulaciones de limos arcillosos finos y material orgánico (turba 5–10 %) depositados en antiguos encharcamientos y orillas de esteros.
- *Propiedades relevantes*.
  - Plasticidad media-alta (PI 20–35 %) y alta compresibilidad (CC ≈ 0.25).
  - Permeabilidad muy baja ($10^{-7}$–$10^{-5}$ cm $s^{-1}$); nivel freático a <0.5 m.
  - Capacidad portante reducida (<75 kPa); propensos a asentamientos diferenciales y licuefacción superficial.
- *Implicaciones*. No es objetivo de la extracción, ni de tránsito vehicular. No son aptos para acopios ni circulación de maquinaria pesada; actúan como sumidero de carbono y hábitat de humedales, por lo que deben conservarse y protegerse de sobrecarga.

**3. Conglomerados neógenos Ts(cg)**

- *Localización*. Forma colinas bajas en el extremo oriental del SA (3.6 %).
- *Litología*. Conglomerado polimíctico con clastos angulosos a subredondeados de andesita, basalto y caliza en matriz areno-arcillosa; cemento calcítico a silíceo.
- *Propiedades geotécnicas*.
  - Resistencia a compresión simple: 40–100 MPa (masivo); fracturación moderada que controla la estabilidad.
  - Porosidad 5–15 %; permeabilidad matriz muy baja, pero se incrementa localmente por fracturas.
  - Pendientes naturales estables hasta 45°; desprendimientos localizados en contactos diaclasados.
- *Relevancia*. Actúa como sustrato firme que define el límite estructural del valle. No es objetivo de la extracción, ni de tránsito vehicular.

**4. Toba ácida terciaria Tom(Ta)**

- *Situación*. Afloramientos en laderas norte del cerro Peñas (1.2 % del SA).
- *Origen y litología*. Depósitos piroclásticos riolíticos (ignimbritas) con fragmentos vítreos, pumita y cristales de cuarzo-feldespato; grado de soldadura variable. Alteración hidrotermal a caolinita y esmectita en superficies meteorizadas.
- Propiedades físico-mecánicas
  - Densidad aparente 1.8–2.2 t $m^{-3}$.
  - Resistencia variable: 20–60 MPa en litos masivos; <10 MPa en niveles pumíticos.
  - Fracturación columnares y planos de enfriamiento que facilitan la infiltración, pero también los deslizamientos en pendientes >35°.

- *Implicaciones*. Genera detritos que alimentan los aluviones; debe vigilarse la estabilidad de taludes naturales para evitar caída de bloques hacia asentamientos humanos y viario rural.

**Tabla IV.10**. Síntesis de propiedades clave de las unidades estratigráficas del SA.

| Unidad | Litología dominante | Permeabilidad | Resistencia (aprox.) | Riesgos geotécnicos principales |
|---|---|---|---|---|
| **Q(al)** | Gravas + arenas | Alta | Baja (c ≈ 0, ϕ 30–38°) | Licuefacción, socavación |
| **Q(pa)** | Limos arcillosos con materia orgánica | Muy baja | Muy baja | Asentamientos, plasticidad |
| **Ts(cg)** | Conglomerado cementado | Muy baja (matriz) | Alta (40–100 MPa) | Desprendimientos en fracturas |
| **Tom(Ta)** | Ignimbrita riolítica | Muy baja (matriz) | Media-alta (20–60 MPa) | Deslizamientos en ladera |

### IV.2.1.2.3. Características geomorfológicas.

#### *IV.2.1.2.3.1. Hipsometría.*

En geomorfología, *hipsometría* se define como la **ciencia que mide y analiza la distribución de la altitud y la profundidad de las formas del relieve respecto al nivel medio del mar**, cuantificando la proporción de superficie que existe a distintos rangos de elevación mediante procedimientos topográficos, barométricos, geodésicos o derivados de modelos digitales de elevación. Su producto más característico es la *curva hipsométrica* (o área-altitud), empleada para interpretar la evolución morfodinámica y el grado de disección de una cuenca o región

La caracterización hipsométrica se elaboró a partir del Modelo Digital de Elevación continuo (MDE, resolución espacial 15 × 15 m) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía — INEGI, 2013—, correspondiente a las hojas cartográficas F13C18, F13C19 y F13A89. La integración y el procesamiento de estos rásteres se realizaron con las herramientas de análisis geoespacial de ArcGIS Desktop® (ArcMap, versión 10.8), generando la superficie altitudinal base sobre la que se construyó el mapa hipsométrico del área de estudio.

El sistema ambiental presenta rangos altitudinales que van desde los -3 m.s.n.m., en los campos agrícolas de la planicie costera del extremo oeste, hasta los 135 m.s.n.m., en la ladera del cerro de Peñas. El análisis altimétrico del sistema ambiental se muestra en la tabla IV.11.

**Tabla IV.11**. Componentes identificados en el sistema ambiental por rango altimétrico.

| Rango altitudinal (m.s.n.m.) | Ecología predominante | Área ($km^2$) | Porcentaje (%) |
|---|---|---|---|
| 1 - 5 | Humedales y llanuras de marea alta | 7.49 | 7.31 |
| 5 - 10 | Transición a terrazas bajas | 2.35 | 2.30 |
| 10 - 20 | Terrazas aluviales fértiles | 39.44 | 38.49 |
| 20 - 40 | Zonas estables | 31.50 | 30.75 |
| 40 - 60 | Pendientes moderadas | 15.68 | 15.31 |
| 60 - 100 | Colinas bajas | 5.39 | 5.26 |

| Rango altitudinal (m.s.n.m.) | Ecología predominante | Área (km²) | Porcentaje (%) |
|---|---|---|---|
| 100 - 150 | Elevaciones medias | 0.58 | 0.57 |
| 150 - 200 | Laderas pronunciadas | 0.02 | 0.02 |

Fuente: González, D.I. (2025). Hipsometría. Especialistas en Calidad Ambiental y Laboral, S. A. de C. V.

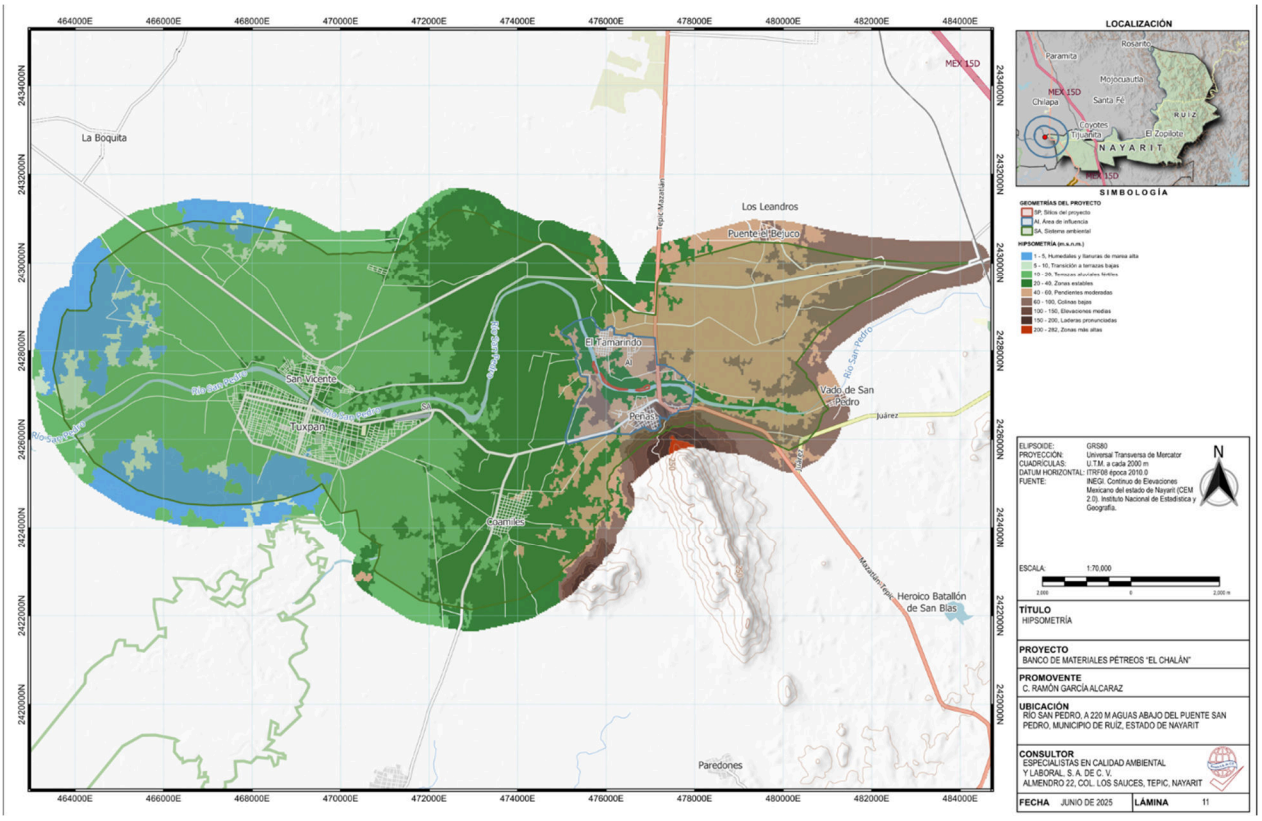



**Lámina IV.7.** Rangos altitudinales de las áreas de estudio del proyecto.

Fuente: González, D.I. (2025). Hipsometría. Especialistas en Calidad Ambiental y Laboral, S. A. de C. V.
Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

El 38.49 % de la superficie del sistema ambiental corresponde a terrazas aluviales fértiles situadas entre 10 y 20 m s.n.m., ocupadas principalmente por terrenos agrícolas de los ejidos Tuxpan y San Vicente. Un 30.75 % está formado por zonas topográficamente estables comprendidas entre 20 y 40 m s.n.m. en la porción central del sistema; la mayor parte se localiza en el ejido Coamiles, aunque este intervalo también abarca el cauce federal del río San Pedro e incluye los tres bancos de sedimentos previstos en el proyecto. Los territorios con pendientes moderadas entre 40 y 60 m s.n.m. —desde la localidad de El Tamarindo hasta el puente El Bejuco— representan otro 15.31 %. Las áreas de menor altitud, localizadas en el extremo oeste y con cotas de 1 a 5 m s.n.m., cubren 7.31 % de la superficie. El resto del territorio se distribuye en franjas de transición hacia terrazas bajas, colinas bajas y elevaciones medias, que ocupan porcentajes menores, pero completan la diversidad hipsométrica del área de estudio.

A nivel local, el área de influencia se organiza en tres unidades geomorfológicas principales: 1) Terrenos de pendientes moderadas (≈ 3–8 %) que sirven de base a los asentamientos de El Tamarindo y Peñas. 2) Zonas topográficamente estables de la planicie costera vinculadas al cauce federal del río San Pedro; en este sector, entre 5 y 15 m s.n.m., se localizan los tres bancos de sedimentos previstos por el proyecto. 3) Colinas bajas que conforman las laderas del cerro Peñas y de la Loma del Río Hunting Lodge, las cuales marcan la transición hacia relieves más elevados al este del sitio.

### *IV.2.1.2.3.2. Relieve según pendiente.*

En geomorfología, *relieve según pendiente* se define como la **caracterización morfométrica del terreno que clasifica las formas del paisaje exclusivamente en función del ángulo o porcentaje de inclinación de su superficie**, independientemente de la altitud absoluta. Esta clasificación—ampliamente adoptada en cartografía de suelos, ordenamiento territorial y estudios de impacto ambiental—agrupa las geoformas en rangos estandarizados de pendiente; el esquema empleado fue el de SOTER (adaptado de FAO, 1990 y 2006). La utilidad principal de esta tipificación radica en que el gradiente condiciona la dinámica de erosión, la estabilidad de laderas y la aptitud de uso del suelo, sirviendo como insumo básico para la evaluación geomorfológica y la planificación ambiental.

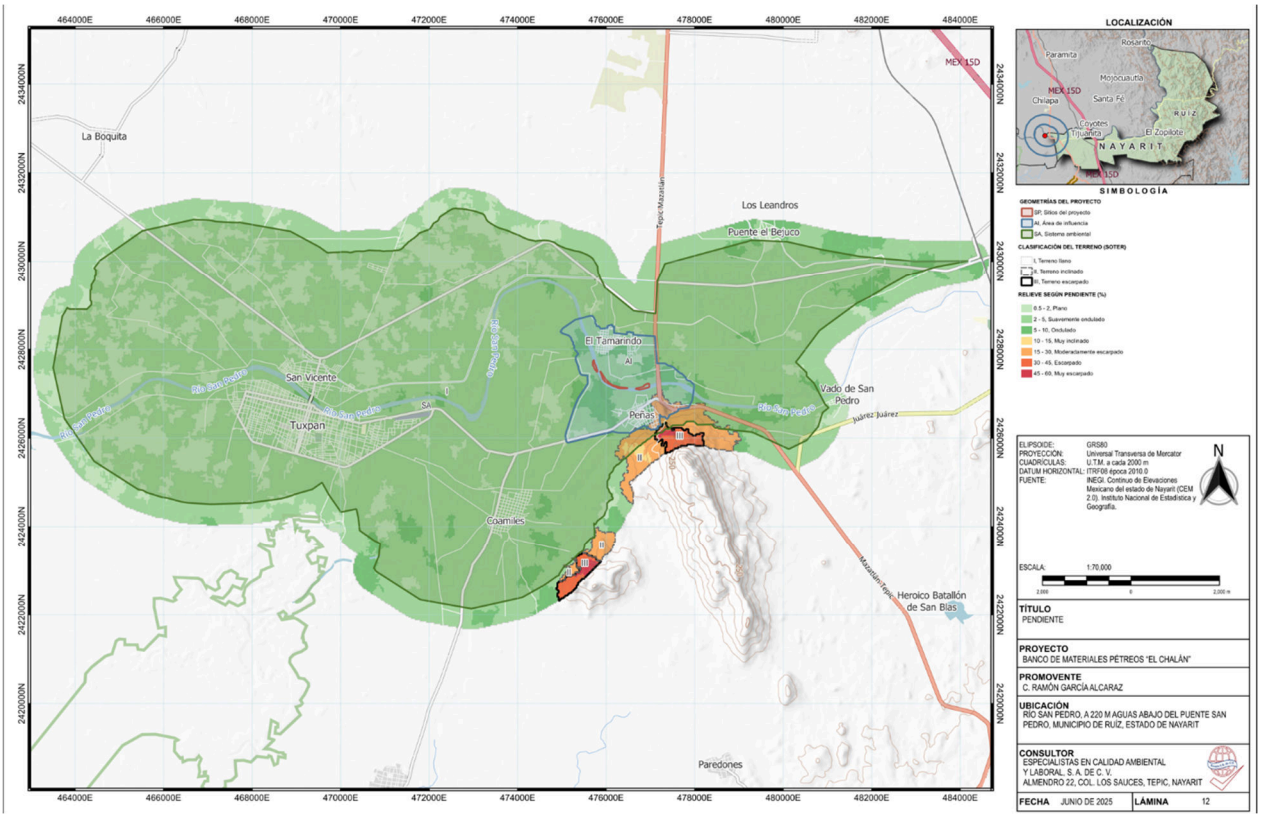



**Lámina IV.8.** Relieve de las áreas de estudio del proyecto.

Fuente: González, D.I. (2025). Relieve según pendiente de SOTER (adaptado de FAO, 1990 y 2006). Especialistas en Calidad Ambiental y Laboral, S. A. de C. V.
Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

COPIA PARA SU CONSULTA PÚBLICA



La cartografía del relieve del sistema ambiental se generó a partir del Modelo Digital de Elevación continuo (resolución espacial de 15 × 15 m) del INEGI (2013), correspondiente a las hojas F13C18, F13C19 y F13A89. El ráster resultante se procesó en ArcGIS Desktop® (ArcMap 10.8) y se reclasificó conforme al esquema SOTER de pendientes —adaptado de FAO, 1990 y 2006— , obteniéndose el mapa definitivo de unidades de relieve que sustenta el análisis geomorfológico del área de estudio.

**Tabla IV.12.** Composición del relieve según pendiente del sistema ambiental según SOTER.

| SOTER | Área (ha) | Porcentaje (%) | Descripción | Porcentaje | Área (ha) | Porcentaje (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Terreno llano | 10,140.74 | 98.98 | Plano | 0.5 - 2 | 1,947.38 | 19.01 |
| | | | Suavemente ondulado | 2 - 5 | 7,701.74 | 75.18 |
| | | | Ondulado | 5 - 10 | 491.61 | 4.80 |
| Terreno inclinado | 100.94 | 0.99 | Muy inclinado | 10 - 15 | 5.28 | 0.05 |
| | | | Moderadamente escarpado | 15 - 30 | 95.66 | 0.93 |
| Terreno escarpado | 3.38 | 0.03 | Escarpado | 30 - 45 | 2.86 | 0.03 |
| | | | Muy escarpado | 45 - 60 | 0.52 | 0.01 |

Fuente: González, D.I. (2025). Relieve según pendiente de SOTER (adaptado de FAO, 1990 y 2006). Especialistas en Calidad Ambiental y Laboral, S. A. de C. V.

El relieve del sistema ambiental está dominado por la llanura costera: las geoformas con pendientes ≤ 5 % ocupan 98.98 % de la superficie total. Dentro de esta franja destacan los terrenos suavemente ondulados (2–5 %), que abarcan 75.18 %; les siguen las áreas prácticamente planas (0.5–1 %) con 19.01 %, y las zonas onduladas (5–10 %) con 4.80 %.

Las unidades de mayor gradiente se reducen a 0.99 %, localizadas en las laderas del cerro Peñas, donde las pendientes de 10–30 % se clasifican como moderadamente escarpadas. Los relieves escarpados (> 30 %) son escasos —apenas 0.03 %— y se restringen a interfluvios rocosos aislados.

Este patrón hipsométrico confirma la aptitud predominante del paisaje para usos agrícolas y la extracción aluvial propuesta, al tiempo que señala la necesidad de manejar de forma específica la estabilidad de taludes en los segmentos más inclinados.

A escala del área de influencia la planicie costera mantiene su relieve poco accidentado: las geoformas con pendiente ≤ 10 % abarcan 93.89 % de la superficie. Dentro de este rango predominan los terrenos suavemente ondulados (2–5 %), que cubren 57.54 %, seguidos por los ondulados (5–10 %), con 29.59 %. Los tres bancos de sedimentos propuestos se localizan íntegramente sobre la subunidad suavemente ondulada, lo que simplifica la operación de extracción y reduce la necesidad de obras de estabilización.

**Tabla IV.13.** Composición del relieve según pendiente del área de influencia según SOTER.

| SOTER | Área (ha) | Porcentaje (%) | Descripción | Porcentaje (%) | Área (ha) | Porcentaje (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Terreno llano | 486.18 | 93.89 | Plano | 0.5 - 2 | 35.02 | 6.76 |
| | | | Suavemente ondulado | 2 - 5 | 297.95 | 57.54 |
| | | | Ondulado | 5 - 10 | 153.20 | 29.59 |
| Terreno inclinado | 31.65 | 6.11 | Moderadamente escarpado | 15 - 30 | 31.65 | 6.11 |

Fuente: González, D.I. (2025). Relieve según pendiente de SOTER (adaptado de FAO, 1990 y 2006). Especialistas en Calidad Ambiental y Laboral, S. A. de C. V.

#### IV.2.1.2.4. Fallas y zonas de fracturas.

De acuerdo con la cartografía geológica publicada por el INEGI (1988), dentro del polígono del sistema ambiental no se registran fallas ni fracturas geológicas activas. La discontinuidad más próxima es una falla de orientación NW-SE que aflora en el cerro Peñas, paralela al eje de dicho relieve y ubicada a varios kilómetros al sureste del sitio del proyecto. Por su distancia y la ausencia de indicios de actividad reciente, se considera que esta estructura no ejerce influencia estructural ni sísmica sobre el área de intervención.

#### IV.2.1.2.5. Fenómenos geológicos.

A escala regional el sistema ambiental que alberga el proyecto —llanura deltaica del río San Pedro, municipios de Ruíz y Tuxpan, Nayarit— se sitúa en la confluencia de tres dominios geodinámicos: la subducción Rivera–Jalisco, el rift extensional Tepic–Zacoalco y el frente volcánico activo de la Sierra Madre Occidental. La consulta cruzada del **Atlas Municipal de Riesgos de Ruíz (2015)**, del **Atlas Estatal de Nayarit** y de las capas SIG del **Atlas Nacional de Riesgos de CENAPRED (ANR)** muestra que el área de influencia está expuesta a **peligro alto por sismo e inundación fluvio-costeras**, peligro **moderado por actividad volcánica (Ceboruco) y tsunami**, y peligro **bajo-local por inestabilidad de laderas, hundimientos y agrietamientos**. A continuación, se detalla la amenaza, la exposición y la vulnerabilidad para cada agente perturbador definido en el artículo 2 de la Ley General de Protección Civil (LGPC).

##### *IV.2.1.2.5.1. Sismicidad.*

***Fuente y frecuencia***

La zona se ve afectada por (i) la interfaz de subducción Rivera–Cocos, capaz de producir Mw > 8, y (ii) fallas corticales del rift Tepic-Zacoalco-San Blas con sismos superficiales Mw 5-6. El ANR clasifica a Ruíz en **Aceleración máxima esperada 0.28-0.40 g (periodo de retorno 475 años)**. Eventos históricos destructivos: **M 7.4 San Blas–Matanchen (1932), M 7.6 Colima-Jalisco (2003)** y la crisis sísmica Tepic-San Blas 2016–2019 (hasta Mw 4.8).

***Impacto potencial sobre el proyecto***

El banco de extracción se apoya en depósitos aluviales saturados susceptibles a amplificación de ondas y licuefacción (NP-S1 en el atlas municipal).

##### *IV.2.1.2.5.2. Actividad volcánica.*

***Volcán Ceboruco (55 km E-SE)***

Estratovolcán activo con erupciones explosivas subplinianas en 930 ± 100 d.C. y 1875; monitoreado por CENAPRED. El ANR asigna peligro moderado al sitio por caída de ceniza ≤ 1 cm (escenario VEI 4, vientos dominantes de E a O).

##### *IV.2.1.2.5.3. Tsunami.*

El litoral de Nayarit ostenta probabilidad > 40 % de tsunami dañino en 50 años según el consorcio Think-Hazard y el ANR. El frente deltaico del San Pedro se encuentra 25-30 km tierra

adentro; sin embargo, los modelos hidrodinámicos (TR=500 años) indican posible penetración de ola de 2-3 m a través de los esteros si coincide con marea alta.

#### *IV.2.1.2.5.4. Inestabilidad de laderas, flujos y derrumbes*

El mapa nacional de susceptibilidad a deslizamientos señala categoría media para las laderas del cerro Peñas (> 15 % de pendiente) y baja en la llanura. Registros locales: caída de bloques andesíticos (1987) y flujo de detritos menor en arroyo Bejuco (2009).

#### *IV.2.1.2.5.5. Hundimientos, subsidencia y agrietamientos*

***Subsidencia regional***

Lecturas InSAR 2017-2023 (UNAM-CENAPRED) muestran tasas de hundimiento 2-4 cm/año en franjas agrícolas de Tuxpan por sobreexplotación del acuífero aluvial. El proyecto se ubica en zona de deformación diferencial < 1 cm/a; riesgo bajo.

***Agrietamientos***

La falla San Blas (NNW-SSE) cruza 18 km al oeste; grietas de tracción asociadas a subsidencia salina fueron reportadas en 2010 cerca de Coamiles (300 m de longitud, apertura 20 cm).

#### *IV.2.1.2.5.6. Otros fenómenos.*

**Tabla IV.14.** Otros fenómenos geológicos.

| Fenómeno | Amenaza | Fuente |
|---|---|---|
| Liquefacción | Alta en suelos aluviales saturados | Atlas Ruíz 5.3.2 |
| Karst / colapso | Nulo (litología no carbonatada) | Atlas estatal cap. 4.3 |
| Tormentas de polvo | Baja; eventos ocasionales pre-frente frío | CENAPRED boletín 2022 |

#### *IV.2.1.2.5.7. Síntesis de riesgo geológico.*

**Tabla IV.15.** Síntesis de riesgo geológico.

| Agente perturbador | Peligro | Exposición | Vulnerabilidad | Nivel de riesgo |
|---|---|---|---|---|
| Sismo | Alta | Instalaciones, vías y población ribereña | Media-Alta | **Alta** |
| Inundación pluvio-fluvial* | Alta | Planicie y bancos | Alta | **Alta** |
| Tsunami | Moderada | Llanura deltaica | Media-Baja | **Media** |
| Caída de ceniza (Ceboruco) | Moderada | Infraestructura a cielo abierto | Media | **Media** |
| Deslizamiento/derrumbes | Baja-Media | Taludes de cerro Peñas | Baja | Baja-Media |
| Subsidencia/agrietamiento | Baja | Parcelas agrícolas | Baja | Baja |

### *IV.2.1.3. Tierra – Suelo.*

#### IV.2.1.3.1. Unidades estratigráficas.

Desde la óptica edafológica, el mosaico de suelos que conforma el Sistema Ambiental (SA) refleja la interacción entre procesos fluvio-aluviales recientes, episodios de estabilización geomórfica y el sello antrópico propio de la planicie costera del bajo San Pedro. De acuerdo con la cartografía edafológica del INEGI (2007), sobresalen cinco unidades principales:

- **Cambisol (69.7 %)** – Son suelos jóvenes y poco diferenciados, formados *in situ* sobre depósitos aluviales finos a medios. Presentan textura franco-limosa predominante, buena aireación y saturación básica alta (>60 %), lo que explica su aprovechamiento agrícola intensivo en los ejidos Tuxpan, San Vicente y Coamiles. La escasa evolución de horizontes, junto con una profundidad efectiva >100 cm, facilita la filtración de las avenidas y la recarga somera del acuífero.

- **Fluvisol (17.5 %)** – Se localiza a lo largo del cauce activo y en sus márgenes inmediatas. Corresponde a sedimentos recientes (arena, limo y gravas finas) dispuestos en estratos lenticulares. Su fertilidad natural es elevada, pero la lámina freática somera y la frecuencia de inundación imponen restricciones para cultivos permanentes; resultan, sin embargo, ideales para praderas de pastoreo estacional y humedales riparios.

- **Tecnosol (6.7 %)** – Asociado a la huella de los asentamientos, caminos de terracería y rellenos de obras civiles. Se trata de materiales remodelados (mezclas de suelo, escombro y capas compactadas) con estructura laminar y baja permeabilidad. Aunque su extensión es acotada, actúa como fuente puntual de escorrentía y de aporte de finos al río durante tormentas.

- **Luvisol (4.3 %)** – Desarrollado sobre paleoterrazas ligeramente elevadas (20–40 m s. n. m.) en las inmediaciones del puente El Bejuco. Exhibe horizonte Bt arcilloso y alta saturación de bases; su capacidad de intercambio catiónico y la retención de humedad le confieren aptitud para cultivos de ciclo anual con riego controlado. Su presencia indica periodos de estabilidad geomórfica más prolongados respecto del lecho aluvial.

- **Unidades menores** – Phaeozem, Nitosol y Solonchak afloran de manera puntual (<1 %) sobre antiguos paleocauces, taludes coluviales y depresiones mal drenadas. El Solonchak, en especial, señala microambientes con acumulación salina inducida por evaporación estacional y debe considerarse en los análisis de calidad de agua y salinidad agrícola.

En conjunto, el dominio de Cambisoles y Fluvisoles denota una llanura aluvial dinámica y fértil, apta para la agricultura y con alta resiliencia a la alternancia de avenidas e inyección de sedimentos. La presencia de Tecnosoles revela la presión antrópica y subraya la importancia de prácticas de manejo que limiten la compactación y la contaminación difusa. Finalmente, la ocurrencia puntual de Solonchak advierte sobre la necesidad de monitorear la salinidad y de mantener un balance hídrico adecuado en las fases operativa y de cierre del proyecto.

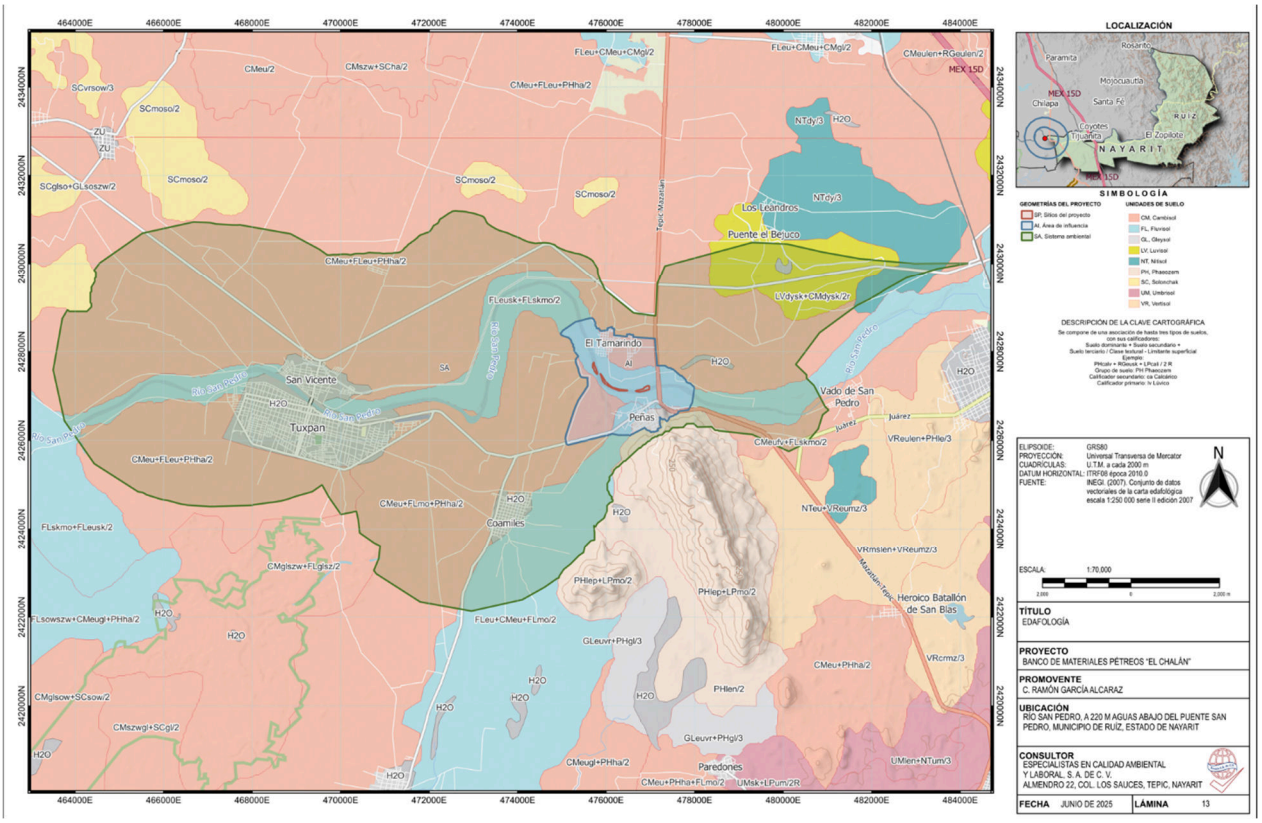



**Lámina IV.9.** Unidades edafológicas expuestas en las áreas de estudio del proyecto.

Fuente: INEGI. (2007). Carta Edafológica Tepic F13-05: escala 1:250,000 serie II. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

La unidad edafológica que incide de manera directa sobre el emplazamiento del proyecto corresponde a la clave alfanumérica **FLeusk + FLskmo/2**, donde:

- **Suelo dominante: Fluvisol eútrico esquelético (FLeusk)**, desarrollado sobre depósitos fluviales recientes con alto contenido de bases intercambiables y abundancia de fragmentos gruesos (> 20 % gravas), lo que favorece la aireación y la infiltración rápida.
- **Suelos asociados: Fluvisol esquelético mólico (FLskmo)**, cuyas capas superiores muestran acumulación moderada de materia orgánica y estructura granular estable.

En los **30 cm superficiales** predomina una **textura franca**—equilibrada en arena, limo y arcilla—que confiere buena capacidad de retención de agua y nutrientes sin comprometer el drenaje. Esta combinación de fertilidad eufótica, permeabilidad moderada-alta y estructura suelta convierte a la unidad cartográfica en un sustrato idóneo para la explotación aluvial prevista, siempre que se implementen medidas de control de erosión y compactación durante las operaciones.

## *IV.2.1.4. Hidrología.*

### IV.2.1.4.1. Hidrología superficial.

#### *Cuenca Hidrográfica.*

Para un mejor entendimiento de las aguas superficiales del sistema ambiental, se consideró como unidad básica de trabajo la unidad más desagregada de la división hidrológica de aguas superficiales que corresponde a la subcuenca hidrográfica, establecida como un área física natural considerada como una subdivisión de la cuenca hidrográfica que presenta características particulares de escurrimiento y extensión (INEGI, 2010).

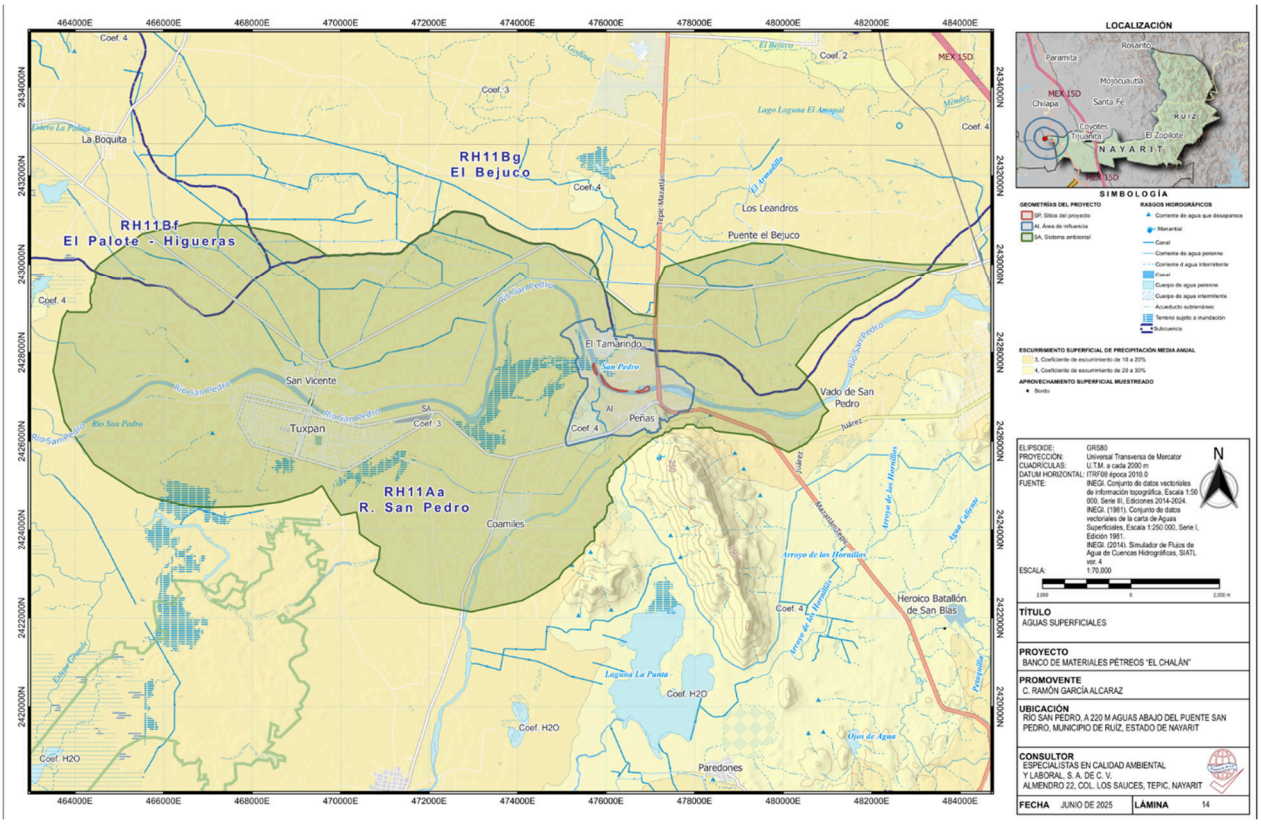



**Lámina IV.10.** Hidrografía de las áreas de estudio del proyecto.

Fuente: INEGI. (1981). Carta Hidrología Aguas Superficiales Tepic F13-05: escala 1:250 000 Serie I; INEGI. (2024). Red Hidrográfica: escala 1:50 000 serie III. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

Desde el punto de vista hidrológico, el Sistema Ambiental se emplaza en la Región Hidrológico-Administrativa Pacífico Norte (III) y se reparte entre tres subcuencas de primer orden:

- **Subcuenca Río San Pedro (RH11Aa)** – Abarca 82 % de la superficie del SA e incluye tanto el polígono del proyecto como su área de influencia inmediata. Este

dominio controla la mayor parte del caudal de base y de las avenidas que determinan la morfodinámica aluvial y el régimen de recarga-descarga del acuífero costero.

- **Subcuenca Bejuco (RH11Bg)** – Ocupa 13.1 % en el extremo nordeste. Sus escurrimientos son de respuesta rápida, con arroyos intermitentes que desembocan perpendicularmente al cauce principal, aportando caudales de pico significativos durante tormentas de corta duración.

- **Subcuenca El Palote-Higueras (RH11Bf)** – Representa el 4.9 % restante en el extremo noroeste. Su red de drenaje es poco densa y genera aportaciones esporádicas, pero contribuye sedimento fino en suspensión que se incorpora a los depósitos aluviales del tramo bajo del San Pedro.

Esta configuración hidrológica explica la marcada dominancia del Río San Pedro en los procesos de inundación y transporte de sedimentos del sistema, mientras que las subcuencas Bejuco y El Palote-Higueras actúan como tributarios secundarios que modulan la carga sólida y los pulsos de caudal de corta escala temporal.

A continuación, se muestra una síntesis técnica de la Región Hidrológica 11 «Presidio-San Pedro» (RH11); la Cuenca del Río San Pedro (RH11A); y la Subcuenca del Río San Pedro (RH11Aa). Todas las cifras provienen de fuentes oficiales (INEGI y CONAGUA) o de documentos gubernamentales de libre acceso.

***Resumen ejecutivo***

La RH11 Presidio-San Pedro cubre ≈ 51 700 km² en las vertientes costeras de Durango, Sinaloa y Nayarit; recibe en promedio 818 mm $a^{-1}$ y genera ~8 200 $hm^3$ $a^{-1}$ de escurrimiento superficial, repartidos en 23 cuencas. Su cuenca emblemática, Río San Pedro (RH11A), drena ≈ 3 845 km² desde la Sierra Madre Occidental hasta los humedales costeros de Mexcaltitán, manteniendo un régimen de avenidas estacionales clave para esos ecosistemas. Dentro de ella, la Subcuenca RH11Aa concentra la red principal en 3 019 km² (otras fuentes municipales reportan 457 km² dentro del municipio de Ruiz, reflejo de que la subcuenca rebasa límites municipales). El sistema sigue libre de presas mayores; CONAGUA impulsa su designación como reserva de caudal ecológico, lo que refuerza la necesidad de un manejo integrado basado en la variabilidad natural del flujo.

**1. Región Hidrológica 11 «Presidio-San Pedro»**

- **Extensión, fisiografía y clima.**
  - Área continental: **51 717 km²**; 23 cuencas primarias.
  - Estados involucrados: Durango (alta montaña y piedemonte), Sinaloa (llanura costera norte) y Nayarit (llanura costera centro-sur).
  - Precipitación normal (1971-2000): **818 mm $a^{-1}$**; marcada estacionalidad (jun-oct ≈ 85 % del total).
  - Temperatura media anual 25 °C en llanuras costeras y <15 °C en sierras; gradiente altitudinal > 2 400 m favorece una orografía de cañones profundos y abanicos aluviales.

- **Escurrimiento y red hidrográfica.**
  - Escurrimiento natural medio superficial: **8 201 $hm^3$ $a^{-1}$**.

- Ríos principales: **Presidio, Baluarte, Acaponeta y San Pedro Mezquital**; todos descargan directo al Pacífico formando complejos estuarinos y marismas costeras.
- Carácter libre de grandes presas en el San Pedro-Mezquital; proyectos de regulación se han descartado para conservar su régimen ecológico.

- **Usos y presiones.**
  - Irrigación costera (arroz, mango, caña) y abasto urbano de Mazatlán-Tepic generan la mayor demanda; sin embargo, el índice de presión hídrica regional se mantiene < 0.15 gracias al alto escurrimiento y baja densidad poblacional.
  - Principales retos: erosión en cuencas altas (tala y cambio de uso de suelo), arrastre de sedimentos finos a humedales y contaminación difusa agropecuaria.

### 2. Cuenca del Río San Pedro (RH11A).

Tabla IV.16. Parámetros principales de la cuenca Río San Pedro (RH11A).

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Superficie | **≈ 3 844.9 km²** |
| Longitud del río principal | 255 km hasta la barra costera |
| Precipitación media* | 890–1 100 mm $a^{-1}$ (gradiente sierra-costa) |
| Escurrimiento específico | ~2.1 l $s^{-1}$ $km^{-2}$ (promedio multianual) |

*Estimación promediando estaciones CONAGUA Siqueros y Concordia (baja cuenca) con estaciones INEGI de alta montaña.

- **Dinámica hidrológica**
  - Régimen pluvial--tropical: picos de caudal en verano-otoño (septiembre promedio > 800 $m^3$ $s^{-1}$ a la salida de la sierra) y estiaje marcado (< 20 $m^3$ $s^{-1}$) en abril-mayo.
  - Transitividad fluvio-lagunar: el río se bifurca en su tramo final —un brazo alimenta el Estero de las Corrientes y otro la Laguna de Agua Dulce—, manteniendo pulsos de inundación esenciales para la cría de camarón y la recarga de acuíferos costeros.

- **Calidad y usos del agua**
  - Calidad global «A» (DQO < 30 mg $l^{-1}$) en cabecera; degradación a «B» en zona agrícola costera por coliformes y nutrientes.
  - Usos dominantes: riego (52 %), acuicultura estuarina (18 %), consumo humano rural-urbano (15 %), y navegación local (turismo en Mexcaltitán).

### 3. Subcuenca del Río San Pedro (RH11Aa)

**Tabla IV.17**. Área reportada de la subcuenca del Río San Pedro (RH11Aa).

| Fuente | Área reportada |
|---|---|
| SEMARNAT (2022) | **3 018.7 km²** |
| IPLANAY-Ruiz (2024) – porción municipal | 457.2 $km^2$ (86.7 % del municipio) |

Nota técnica: la diferencia refleja la extensión total frente a la fracción localizada en el municipio de Ruiz; ambos valores son consistentes al considerar límites municipales vs. límites hidrológicos.

- **Geomorfología y red primaria.**
  - Parteaguas situado entre 2 600 m (Sierra Madre) y el nivel del mar; gradiente medio 1.1 %.
  - Tributarios principales: arroyos Piedras Blancas, Hondo, Santa Rosalía (margen izquierda) y Fresnos, Cazuelas, Lajitas (margen derecha).

- **Función ecológica.**
  - Suministra > 65 % del caudal de inundación a los humedales Ramsar «Marismas Nacionales», esenciales para camarón y aves migratorias.
  - Identificada por CONAGUA-WWF como cuenca piloto para el Decreto de Reserva de Agua de Medio Ambiente (caudal ecológico), actualmente en proceso de consulta.

**4. Interpretación hidrológica.**

- **Régimen pluvial concentrado**: El pico pluviométrico monzónico genera crecidas súbitas de alta energía en la Sierra Madre y una onda de avenida lenta en la llanura que recarga estuarios. El almacenamiento natural en marismas actúa como amortiguador de inundaciones y trampa de sedimentos finos.

- **Baja regulación antrópica**: La ausencia de presas mayores permite que el pulso anual mantenga procesos geomórficos (migración de cauce, renovación de planicies) y flujos de materia orgánica, sosteniendo la productividad biológica costera.

- **Vulnerabilidades emergentes**:
  - **Deforestación de ladera** → mayor carga sólida, colmatación de esteros y pérdida del tirante hidráulico.
  - **Intensificación agrícola en planicie** → incremento de retornos con nitratos/fosfatos, riesgo de eutrofia estuarina.
  - **Cambios de uso de suelo urbano-turístico** en margen norte (Tecuala-Ruiz) que reducen infiltración y aumentan escorrentía rápida.

- **Gestión recomendada**:
  - Consolidar el **decreto de Reserva de Agua** para blindar el régimen hidrológico natural (especialmente caudales mínimos y picos de inundación).
  - Rehabilitar bosques de galería en subcuenca RH11Aa para controlar erosión y temperatura del agua.
  - Implementar monitoreo integrador (pluvio-hidrometría + calidad) en puntos clave.
  - Coordinar planes de ordenamiento pesquero--turístico con ventanas de veda alineadas al pulso hidrológico estacional.

***Conclusión***: La RH11 y, particularmente, la cuenca-subcuenca del Río San Pedro representan uno de los últimos sistemas costeros de México donde el pulso hidrológico natural se mantiene casi intacto. Su gestión debe priorizar la conservación del régimen de caudales y la reducción de cargas difusas, asegurando tanto la integridad ecológica de marismas como la seguridad hídrica de las comunidades ribereñas.

***Unidades de escurrimiento superficial.***

El **coeficiente de escurrimiento superficial (C)** expresa la fracción de la precipitación total que fluye directamente sobre la superficie antes de infiltrarse o evaporarse. En el sistema ambiental se diferencian dos unidades hidrológicas de escurrimiento:

- **Unidad 3 (C = 0.10 – 0.20)** – Cubre **99.2 %** del territorio, incluida la totalidad del emplazamiento del proyecto y casi toda su área de influencia. El valor moderadamente bajo de C refleja la combinación de pendientes suaves, suelos aluviales de textura franca y alta permeabilidad, así como una cobertura vegetal predominantemente herbácea–agrícola. En esta unidad la mayor parte de la lluvia se infiltra o permanece como almacenamiento superficial, de modo que el caudal pico se genera solo durante tormentas de gran intensidad o larga duración.

- **Unidad 4 (C = 0.20 – 0.30)** – Ocupa apenas **0.8 %**, restringida a los relieves coluviales adyacentes. Aquí, la pendiente mayor y la presencia de suelos esqueléticos poco profundos reducen la capacidad de infiltración, de modo que una proporción más alta de la lluvia se convierte en escorrentía directa, aportando pulsos de caudal y carga sólida al tramo inferior del río San Pedro.

Esta distribución indica que, para la mayor parte del proyecto, los riesgos hidrológicos estarán dominados por eventos de inundación asociados a crecidas del río más que por escurrimientos locales; sin embargo, los sectores pertenecientes a la Unidad 4 deben considerarse focos potenciales de generación de escorrentía concentrada y erosión laminar.

***Rasos hidrográficos superficiales.***

El paisaje hídrico del Sistema Ambiental (SA) está dominado por el **río San Pedro**, un curso **perenne** de trazo meándrico activo que atraviesa la franja central de este a oeste; su cauce federal exhibe un **ancho medio de 107 m** y configura la base fluvial sobre la que se ubicará el proyecto extractivo-

De su margen septentrional se desprende la **ramificación del arroyo Coamiles**, un tributario intermitente que drena rápidamente las primeras lluvias y aporta pulsos de sedimento fino al tramo bajo del río. A lo largo de la planicie costera se distribuye un **mosaico de cuerpos de agua estacionales** —charcas y paleomeandros anegados— que actúan como sumideros temporales durante la temporada de lluvias y como reservorios locales de biodiversidad acuática.

En la sección media del SA se extiende una **amplia llanura de inundación** que cubre los campos agrícolas entre Tuxpan y El Tamarindo; esta zona se corresponde con los polígonos estatales de **riesgo alto por inundaciones fluviales** y controla la frecuencia y la lámina de anegamiento de los suelos agrícolas.

Complementa el sistema una **densa red de canales de riego y drenaje** —obra hidráulica antrópica que intercepta y redistribuye caudales del San Pedro— la cual abastece a los ejidos **San Vicente, Chilapa, El Tamarindo, Coamiles, Las Peñas y Estación Ruiz**; estos canales

funcionan como vías de derivación, reducen el tiempo de concentración de las avenidas y modifican los patrones naturales de escurrimiento superficial.

En síntesis, la hidro-grafía superficial del SA combina un cauce principal permanentemente activo, tributarios de respuesta rápida, depresiones inundables y una infraestructura de canales que, en conjunto, condicionan la dinámica de inundación, el transporte de sedimentos y la disponibilidad hídrica que deberá considerarse en el diseño operativo y en las medidas de mitigación del proyecto.

### IV.2.1.4.2. Hidrología subterránea.

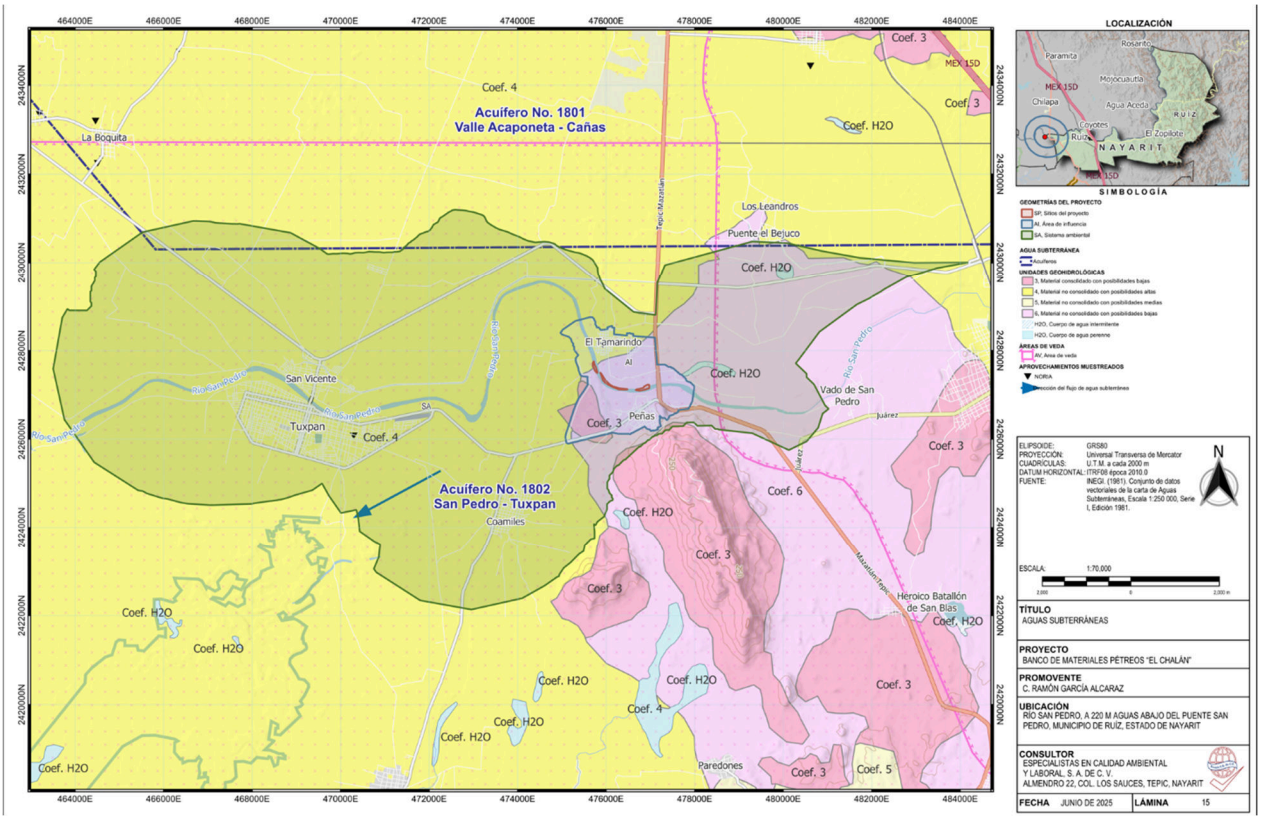



**Lámina IV.11.** Unidades geohidrológicas de las áreas de estudio.

Fuente: INEGI. (1981). Carta Hidrología Aguas Subterráneas Tepic F13-05: escala 1:250 000 Serie I edición 2005. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

#### *Unidades hidrogeológicas.*

En la normativa mexicana —reflejada en el Diccionario de Datos Zonas Hidrogeológicas de México del INEGI— una **unidad hidrogeológica** se define como el **conjunto de uno o varios tipos de roca o sedimento granular que muestran un comportamiento hidráulico semejante**. Este concepto coincide con el uso internacional, que la describe como **un grupo de formaciones cuyo funcionamiento (recarga, almacenamiento y descarga) debe analizarse de**

**manera conjunta; dentro de él pueden coexistir uno o más acuíferos, acuitardos o acuiclu-dos interestratificados**.

El análisis litológico-hidráulico del área de estudio permite distinguir tres unidades hidrogeológicas, clasificadas según el esquema oficial de la CONAGUA (material consolidado/no consolidado y "posibilidades" de aprovechar agua subterránea).

**Tabla IV.18.** Interpretación hidrogeológica del Sistema Ambiental.

| Unidad | Tipo de material y "posibilidades" | Cobertura en el SA | Propiedades hidrogeológicas | Implicaciones para el proyecto |
|---|---|---|---|---|
| **UH-I** Material **no consolidado-doposibilidades altas** (clase 4) | Depósitos aluviales de grava-arena bien seleccionada dentro de la planicie costera. | **80.2 %** | · Porosidad intergranular 25–45 %<br>· Transmisividad > 250 $m^2$ $d^{-1}$ (acuífero libre principal)<br>· Vulnerabilidad química elevada por conexión directa con la superficie. | Constituye la zona de mayor recarga y el reservorio natural que garantiza la continuidad hidráulica río–acuífero. Requiere protegerse frente a derrames de hidrocarburos y finos en las maniobras de extracción. |
| **UH-II** Material **no consolidado–consolidado mixtoposibilidades bajas** (clase 6) | Lentes aluviales finos intercalados con toba ácida y conglomerado levemente cementado; aflora en terrazas bajas y bajo los tres bancos de sedimento. | **18.6 %** | · Porosidad 10–20 % (intergranular y secundaria)<br>· Transmisividad 5–50 $m^2$ $d^{-1}$<br>· Buen drenaje vertical pero menor rendimiento específico. | Los bancos se emplazan en esta unidad: el abatimiento conoide será limitado y fácilmente recuperable tras la operación, pero la recarga lenta exige monitoreo para evitar inversiones de gradiente hacia el río. |
| **UH-III** Material **consolidadoposibilidades bajas** (clase 3) | Ignimbritas riolíticas de cerro Peñas; fracturamiento disperso. | **1 %** | · Porosidad < 5 % (fundamentalmente secundaria)<br>· Transmisividad < 5 $m^2$ $d^{-1}$<br>· Actúa como basamento hidráulico y divide flujos subterráneos. | Su escasa permeabilidad confina lateralmente al acuífero granular y limita la propagación de impactos; no es fuente significativa de agua, pero puede concentrar gradientes que favorezcan surgencias en contacto con UH-I. |

El proyecto se desarrollará principalmente sobre la **UH-II**, donde la capacidad de almacenamiento es menor que en la planicie granular (**UH-I**) pero suficiente para amortiguar los descensos inducidos por la excavación de los bancos de arena-grava.

El 80 % restante del SA (**UH-I**) funciona como área de recarga estratégica; cualquier alteración en su tasa de infiltración repercute directamente en el caudal base del río San Pedro.

La **UH-III** consolida el marco geológico y actúa como límite hidráulico natural, favoreciendo la contención de posibles plumas de turbidez o contaminantes finos que pudieran liberarse durante la fase operativa.

***Demanda de agua subterránea.***

***Demanda y disponibilidad actual del recurso***

El 99.6 % del Sistema Ambiental —incluido el sitio del proyecto y su área de influencia— se sitúa dentro del acuífero 1802 San Pedro-Tuxpan. El estudio de actualización publicado por CONAGUA (2024) señala que las condiciones de recarga natural, descarga comprometida y volumen concesionado han variado respecto de la evaluación anterior, lo que ha provocado un ajuste en la disponibilidad media anual (DMA). El balance hidrológico oficial establece ahora una recarga total de 167.5 $hm^3\ a^{-1}$, una descarga natural comprometida de 131.5 $hm^3\ a^{-1}$ y una extracción titulada de 32.12 $hm^3\ a^{-1}$; de la resta de estos componentes resulta una DMA de 5.87 $hm^3\ a^{-1}$, es decir, 5 870 000 $m^3\ a^{-1}$ todavía susceptibles de concesión.

**Tabla IV.19.** Disponibilidad media anual de agua subterránea en el acuífero Valle Santiago-San Blas (1803).

| Clave | Acuífero | R | DNC | VEAS | | | | DMA | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | VCAS | VEALA | VAPTYR | VAPRH | POSITIVA | NEGATIVA |
| | | | | Cifras en millones de metros cúbicos anuales | | | | | |
| 1802 | San Pedro – Tuxpan | 167.5 | 131.5 | 30.13 | 1.21 | 0.78 | 0.00 | 5.87 | 0.00 |

Nota: R: recarga total media anual; DNC: descarga natural comprometida; VEAS: volumen de extracción de aguas subterráneas; VCAS: volumen concesionado/asignado de aguas subterráneas; VEALA: volumen de extracción de agua en las zonas de suspensión provisional de libre alumbramiento y los inscritos en el Registro Nacional Permanente; VAPTYR: volumen de extracción de agua pendiente de titulación y/o registro en el REPDA; VAPRH: volumen de agua correspondiente a reservas, reglamentos y programación hídrica; DMA: disponibilidad media anual de agua del subsuelo.

Fuente (1): (DOF, 09/11/2023). 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. SEMARNAT.

Fuente (2): (DOF, 28/02/2025). ACUERDO por el que se dan a conocer los valores de cada una de las variables que integran las fórmulas para determinar durante el ejercicio fiscal 2025 las zonas de disponibilidad, a que se refieren las fracciones I y II, del artículo 231 de la Ley Federal de Derechos, vigente a partir del 1 de enero del 2014. SEMARNAT.

Interpretación hidrogeológica:

- La proximidad del nivel freático (≤ 10 m) y la fuerte evapotranspiración de la planicie costera obligan a manejar el acuífero con márgenes de seguridad hidráulica para evitar la intrusión marina y la pérdida de flujo base ecológico.
- El margen disponible (5.87 $hm^3\ a^{-1}$) continúa siendo pequeño frente a la demanda agrícola regional (≈ 48 $hm^3\ a^{-1}$ de fuentes superficiales, con retornos de riego que ya aportan 7.4 $hm^3\ a^{-1}$ a la recarga) y al crecimiento demográfico proyectado.
- Cualquier nuevo aprovechamiento deberá, por lo tanto, demostrarse como técnicamente sostenible, considerar prácticas de recarga inducida y ajustar sus extracciones a los periodos de mayor disponibilidad, a fin de no comprometer la dinámica natural del acuífero.

***Zonas de restricción y/o explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales***

Las vedas, reservas y reglamentos son instrumentos administrativos que establecen, por causas de utilidad o interés público, modalidades o restricciones a la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales o al otorgamiento de nuevas concesiones.

La **zona de veda** son aquellas áreas específicas de las regiones hidrológicas, cuencas hidrológicas o acuíferos, en las cuales no se autorizan aprovechamientos de agua adicionales a los establecidos legalmente y éstos se controlan mediante reglamentos específicos, en virtud del deterioro del agua en cantidad o calidad, por la afectación a la sustentabilidad hidrológica, o por el daño a cuerpos de agua superficiales o subterráneos.

El **23 de mayo de 1972** la entonces **Secretaría de Recursos Hidráulicos** publicó en el *Diario Oficial de la Federación* el **Decreto de utilidad pública que crea el Distrito de Acuacultura Núm. 1 "Nayarit"**. Además de promover la conservación, fomento y aprovechamiento racional de los recursos acuáticos —animales, vegetales, sales y minerales—, el decreto **impuso una veda de control para nuevas obras de alumbramiento, extracción y uso de aguas subterráneas** dentro de sus límites geográficos, con el fin de salvaguardar la disponibilidad hídrica y la integridad de los ecosistemas ribereños.

De acuerdo con la superposición cartográfica realizada para esta Manifestación de Impacto Ambiental, el **88.1 % del Sistema Ambiental (SA)** —incluidos el sitio del proyecto y la totalidad de su área de influencia— **se encuentra dentro de la zona vedada del Distrito de Acuacultura**. En consecuencia, cualquier aprovechamiento adicional de agua subterránea en el marco del proyecto deberá someterse al régimen restrictivo vigente: demostrar la no afectación de la recarga natural, respetar las extracciones concesionadas existentes y tramitar, cuando proceda, la autorización expresa de la CONAGUA, de conformidad con la Ley de Aguas Nacionales y los lineamientos del propio decreto.

***Dirección del flujo de agua subterránea***

La interpretación piezométrica del acuífero 1802 San Pedro-Tuxpan muestra una superficie freática que desciende gradualmente desde los bordes nor-orientales de la planicie aluvial hacia la desembocadura costera, describiendo un **vector de flujo subterráneo dominante con rumbo general noreste-suroeste (≈ N 45° W)**. El agua se desplaza, por tanto, desde las zonas recargadas por infiltración pluvial y retornos de riego —donde la **carga hidráulica** alcanza cotas próximas a 25 m s.n.m.— hasta los sectores deprimidos de la llanura deltaica, donde el nivel freático se estabiliza en torno a 2–5 m s.n.m.

El **gradiente hidráulico medio** en la Unidad Hidrogeológica I (material no consolidado de alta transmisividad) es del orden de $\mathbf{1 \times 10^{-3}}$, disminuyendo a $3 \times 10^{-4}$ en las unidades mixtas (UH-II) situadas bajo los terrazgos del proyecto; este reparto confirma que el río San Pedro actúa como dren regional de base, captando el flujo subterráneo y regulando la lámina freática. La anisotropía inducida por la estratificación granular dirige los vectores de flujo más pronunciados a lo largo de paleocauces rellenos de grava-arena, mientras que la presencia de tobas

fracturadas en las laderas del cerro Peñas desvía parcialmente el flujo hacia los drenajes coluviales.

En síntesis, el movimiento subterráneo sigue el principio básico de la hidrodinámica: **se desplaza de zonas de mayor carga hacia zonas de menor carga**, obedeciendo al gradiente más marcado y convergiendo finalmente hacia el suroeste, donde descarga de forma difusa en el cauce principal y en los manglares costeros. Este patrón debe considerarse para ubicar los puntos de monitoreo piezométrico y para diseñar medidas que eviten inversiones locales de gradiente durante la operación extractiva.

### *IV.2.1.5. Fisiografía.*

Según la cartografía fisiográfica vectorial 1 : 1 000 000 del INEGI (2001), 99.7 % del Sistema Ambiental (SA)—incluidos el sitio del proyecto y su zona de influencia—corresponde al **sistema de topoformas 500-0/02 "Llanura deltaica"**. Este sistema se integra en la **Subprovincia 34 "Delta del Río Grande de Santiago"**, la cual, a su vez, pertenece a la **Provincia Fisiográfica VII "Llanura Costera del Pacífico"**. El paisaje resultante es una planicie aluvial-marina de muy baja pendiente, formada por sedimentos cuaternarios del río San Pedro y sometida a procesos recurrentes de inundación y retrabajo costero.

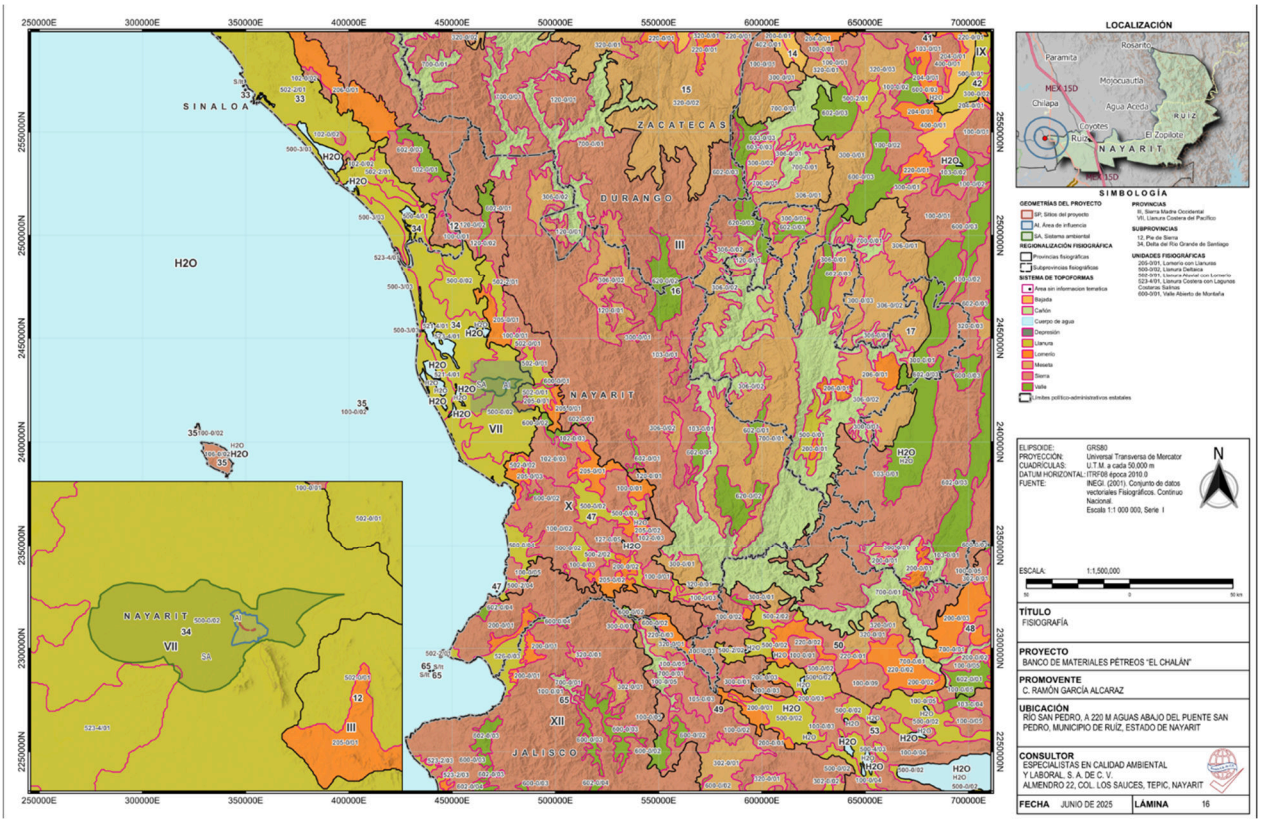



**Lámina IV.12**. Unidades fisiográficas a la que pertenecen las áreas de estudio del proyecto.

Fuente: INEGI. (2001). Carta de Regionalización Fisiográfica de México, escala 1:1,000,000, serie I. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

***Clasificación fisiográfica de referencia***

Los tres niveles jerárquicos (provincia → subprovincia → sistema de topoformas) provienen de la regionalización geomorfológica del INEGI; cada nivel agrupa unidades que comparten origen litológico-estructural, relieve, procesos activos y rasgos ambientales. A continuación, se presenta, para cada uno, (i) una definición técnica-científica y (ii) una reseña sintética de sus características más relevantes en el tramo costero de Nayarit donde se sitúa el proyecto.

**1. Provincia fisiográfica Llanura Costera del Pacífico (VII)**

**Definición técnica**. - Extensa franja sub-horizontal (≤ 50 m s. n. m.; pendiente < 1 %) formada por sedimentos aluviales, deltaicos, lacustres y marinos cuaternarios depositados entre el pie occidental de la Sierra Madre Occidental y el océano Pacífico. Constituye una cuña de relleno cuaternario que alberga acuíferos libres de gran productividad y esculpe un relieve dominado por llanuras de inundación, estuarios y marismas.

**Reseña.**

- **Extensión**: de Nayarit a Sonora (~750 km de longitud, anchura máxima ≈ 65 km).
- **Origen**: progradación de abanicos fluviales y construcción de deltas durante el Pleistoceno tardío-Holoceno; retroalimentada por arena litoral movilizada por oleaje y corrientes de deriva.
- **Litología**: gravas y arenas mal seleccionadas en abanicos; limos-arcillas en llanura mareal; intercalaciones de turbas y paleosuelos.
- **Dinámica actual**: subsidencia diferencial, inundaciones estacionales, intrusión salina y migración de barras arenosas.
- **Aptitud**: suelos profundos (Cambisoles, Fluvisoles, Vertisoles) aptos para agricultura intensiva; riesgo alto de inundación y salinización si se altera el equilibrio hidrológico.

**2. Subprovincia Delta del Río Grande de Santiago (34)**

**Definición técnica**. - Planicie deltaica construida por los aportes del río Grande de Santiago-San Pedro, delimitada por antiguos cordones litorales y estuarios; exhibe estratos finos laminados, paleocauces rellenos y marismas intermareales que marcan la interacción fluvio-marina reciente.

**Reseña.**

- **Ubicación**: de Tecuala a San Blas (Nayarit); superficie aproximada 450 000 ha.
- **Historia geomorfológica**: máxima expansión durante la glaciación pleistocénica; posterior transgresión holocénica que inundó el delta y generó lagunas costeras; re-avance progresivo por sedimentación fluvial y barras arenosas paralelas a la costa.
- **Relieve**: micro-ondulado (0–2 m de amplitud); cotas actuales 0–15 m s. n. m.; manglares, marismas, paleotómbolos.
- **Procesos dominantes**: deposición fluvial, compactación de sedimentos finos, subsidencia local, oleaje y marea que re-trabajan el frente deltaico.
- **Importancia ambiental**: humedales RAMSAR, manglares de alto valor ecológico, zonas de cría para camarón y aves migratorias; acuífero libre de gran aprovechamiento agrícola.
- **Riesgos**: inundaciones y licuefacción durante sismos; vulnerabilidad a la intrusión marina por sobre-explotación del acuífero.

**3. Sistema de topoformas Llanura deltaica (código 500-0/02)**

**Definición técnica**. -Geoforma de tercer orden constituida por superficies prácticamente planas (< 0.5 % de pendiente) generadas por acumulación de sedimentos fluvio-marino-lagunares en la desembocadura de un río; presenta drenaje interno muy pobre, napa freática somera (< 1.5 m) y alta frecuencia de encharcamientos estacionales.

**Reseña.**

- **Morfología**: niveles topográficos escalonados (paleoterrazas 2–6 m; llanura activa 0–2 m); leve inclinación hacia el mar; micro-relieves de levees, meandros abandonados y esteros.
- **Sedimentos típicos**: arenas finas a limosas en canales; limos y arcillas en llanura de inundación; lentes orgánicos (turba) en marismas.
- **Hidrología**: coeficiente de escurrimiento 0.10–0.20; flujo subterráneo somero dirigido al frente deltaico; contacto hidráulico directo con el río-estuario.
- **Suelos**: Fluvisoles eútricos y mólicos sobre levees; Cambisoles gleicos en planicies inundables; Solonchaks y Gleysoles en marismas salobres.
- **Usos**: arroz, caña de azúcar y pastizales de temporal; acuacultura extensiva; extracción de arenas y gravas en márgenes fluviales.
- **Limitantes**: susceptibilidad a inundación, salinización y subsidencia; requiere drenajes controlados y manejo integrado de agua-suelo.

***Conclusión***. - El proyecto se insertará dentro de una llanura deltaica joven y dinámica, perteneciente al delta del río Grande de Santiago y englobada en la Llanura Costera del Pacífico. Esta jerarquía fisiográfica explica la baja pendiente, la alta fertilidad de los suelos, la presencia de humedales y la vulnerabilidad frente a inundaciones y cambios en el balance hídrico.

## IV.2.2. Medio biótico

### *IV.2.2.1. Vegetación y usos del suelo.*

Para el análisis de la cobertura vegetal y usos de suelo en las áreas de estudio, se utilizó como insumo principal la Carta de Uso de Suelo y Vegetación, Serie VII, del INEGI (2018), la cual constituye una herramienta fundamental para la representación geoespacial de las comunidades vegetales y los distintos usos de suelo. El estudio de esta carta permitió obtener información precisa sobre la distribución de vegetación y los principales usos de suelo en la región, lo que resultó esencial para comprender los procesos ecológicos y las dinámicas territoriales que ocurren en el área del río San Pedro. Así mismo, contribuyó al análisis de los tipos de vegetación presentes, las áreas de cultivo y asentamientos humanos que influyen en el entorno natural. Este insumo también sirvió de apoyo para el monitoreo de la cobertura vegetal, proporcionando una base confiable para la evaluación de la dinámica de los recursos naturales, así como las posibles alteraciones derivadas de actividades humanas. A través de este análisis se facilita la toma de decisiones informadas sobre la conservación y el manejo sostenible de los recursos naturales en la región, promoviendo el equilibrio entre el desarrollo económico y la preservación del ambiente (Lamina IV.13).

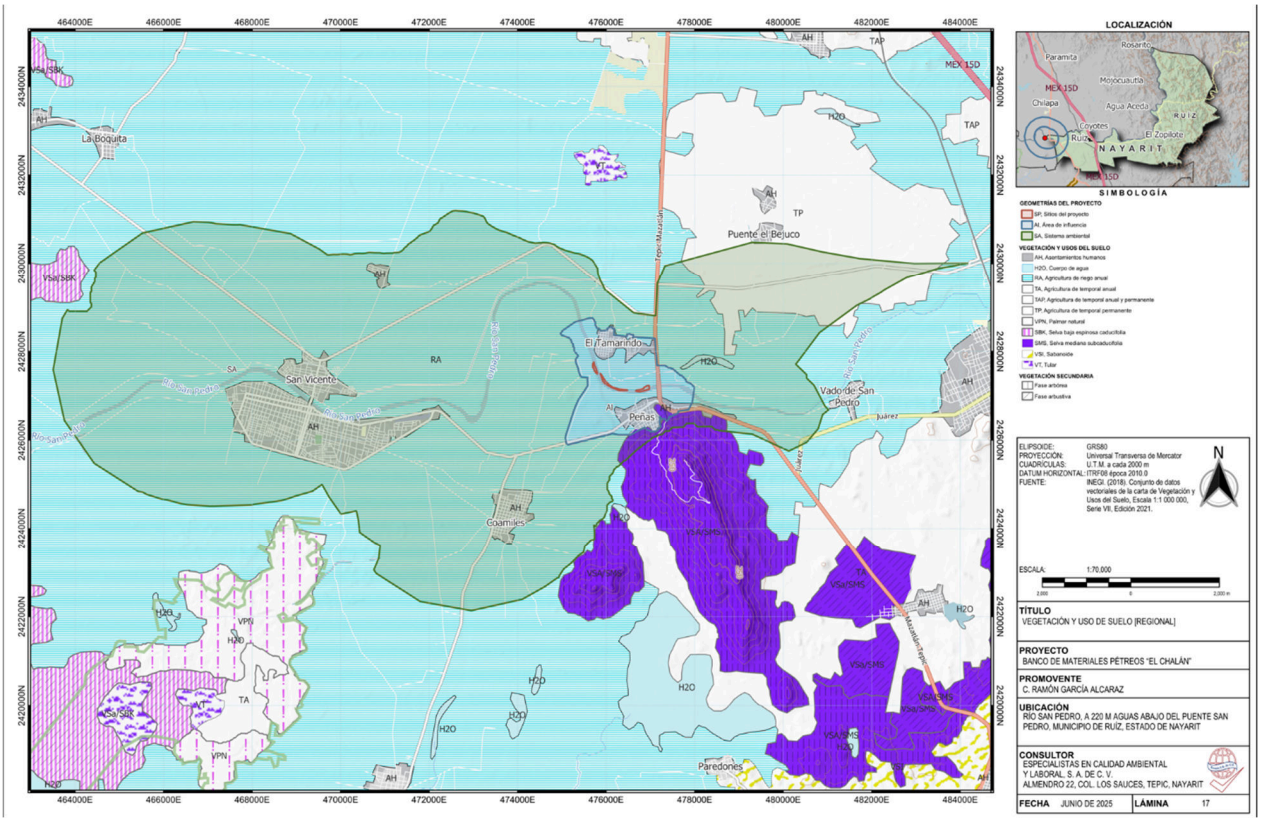



**Lámina IV.13**. Usos de suelo y vegetación de las áreas de estudio, a escala del sistema ambiental.

Fuente: INEGI. (2018). Carta de Usos de Suelo y Vegetación, Serie VII, continuo nacional, escala 1:1 000 000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

La evaluación de la **Carta de Uso de Suelo y Vegetación, Serie VII (INEGI, 2018)** confirma que el sistema ambiental exhibe un patrón de ocupación fuertemente antropizado: **98.99 % de la superficie regional —≈ 101.4 km² de los 102.5 km² totales— corresponde a usos agropecuarios y asentamientos humanos**, mientras que los remanentes naturales apenas superan el 1 %. Este resultado corrobora la intensa transformación histórica de la planicie deltaica del río San Pedro para agricultura de riego y de temporal, y explica la franca escasez de cobertura forestal nativa en el entorno inmediato del proyecto (tabla IV.20).

**Tabla IV.20**. Usos de suelo y vegetación del sistema ambiental [escala regional].

| Tipo | Área (km²) | % | Clave | Descripción | Área (km²) | % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Natural | 1.04 | 1.01 | H2O | Cuerpo de agua | 0.14 | 0.1 |
| | | | VSA/SMS | Selva mediana subcaducifolia (veg. sec.) | 0.89 | 0.9 |
| Antrópico | 101.42 | 98.99 | RA | Agricultura de riego anual | 86.84 | 84.8 |
| | | | TP | Agricultura de temporal permanente | 6.51 | 6.4 |
| | | | AH | Asentamientos humanos | 8.07 | 7.9 |

Fuente: INEGI. (2018). Carta de Usos de Suelo y Vegetación, Serie VII, continuo nacional, escala 1:1 000 000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

**Lectura técnica:**

- ***Agricultura de riego anual (RA)***. - Parcelas equipadas con canales y bombeo asociadas al distrito de riego San Pedro–Tuxpan, orientadas a maíz, sorgo y pasturas comerciales. La preponderancia de RA responde a la disponibilidad de riego superficial y subterráneo, factor que ha incentivado el reemplazo de la selva desde la década de 1960.
- ***Agricultura de temporal permanente (TP).*** –Huertos frutales (mango, papaya) que dependen del régimen pluvial estacional.
- ***Asentamientos humanos (AH).*** –Tramas urbanas y periurbanas de Tuxpan, Ruíz, El Tamarindo y caseríos ribereños; densidad 65 hab/km². El 7.9 % atribuido a AH confirma un proceso de urbanización dispersa que sigue los ejes carreteros y de bordo, incrementando la fragmentación del paisaje.
- ***Selva mediana subcaducifolia secundaria (VSA/SMS).*** - Manchones de selva de dosel 15-25 m con pérdida foliar 50-75 % en estiaje; alto valor de biodiversidad remanente. Los remanentes de VSA/SMS sobreviven en albardones y lomeríos poco aptos para el cultivo, pero presentan signos de aprovechamiento selectivo y quemas periódicas.
- ***Cuerpos de agua (H2O).*** - Lagunetas y tramos anchos del río San Pedro que actúan como reservorios y conectores biológicos.

**Implicaciones ecológicas y de gestión:**

- ***Fragmentación crítica de hábitat***: la selva subcaducifolia cubierta apenas 0.9 % impide la conectividad biológica entre parches y limita la recolonización de fauna forestal.
- ***Servicios ecosistémicos mermados***: la sustitución por cultivos anuales reduce la captura de carbono, la infiltración y la regulación térmica, aumentando la vulnerabilidad del suelo a la erosión hídrica en eventos extremos.
- ***Oportunidades de restauración***: los bordes de canales y franjas de amortiguamiento ribereño constituyen espacios idóneos para corredores biológicos que eleven el porcentaje de vegetación natural en el mediano plazo —meta alineada con el Programa de Manejo de la Cuenca San Pedro.

Ahora bien, con base en la fotointerpretación de imágenes de alta resolución de **Google Earth** (2025) se delimitó con precisión el **área de influencia inmediata** del proyecto (lámina IV.14). El mapeo detallado revela un **predominio claro de coberturas antrópicas (84.9 %)**, encabezadas por la **agricultura de riego anual** —que ocupa algo más de la mitad del polígono (53.1 %)— y por los **asentamientos humanos** (27.1 %), distribuidos en franjas lineales a lo largo de caminos y drenajes principales. Las superficies dedicadas a **infraestructura viaria, minería de arena-grava, pastizales inducidos y vialidad rural** suman en conjunto apenas 4.6 %, pero introducen discontinuidades que fragmentan la matriz agrícola.

Los **remantes naturales** alcanzan **78.4 ha (15.1 %)** y se dividen prácticamente a partes iguales entre **cuerpos de agua** (7.7 %) —secciones anchas del río San Pedro— y **vegetación secundaria arbóreo-arbustiva** (7.5 %) que se conserva sobre albardones y taludes poco aptos para el cultivo. La proporción relativamente mayor de recursos hídricos, frente a la selva original, confirma la intensa intervención histórica de la llanura deltaica y subraya la importancia de proteger los corredores ribereños para mantener conectividad ecológica y calidad del agua.

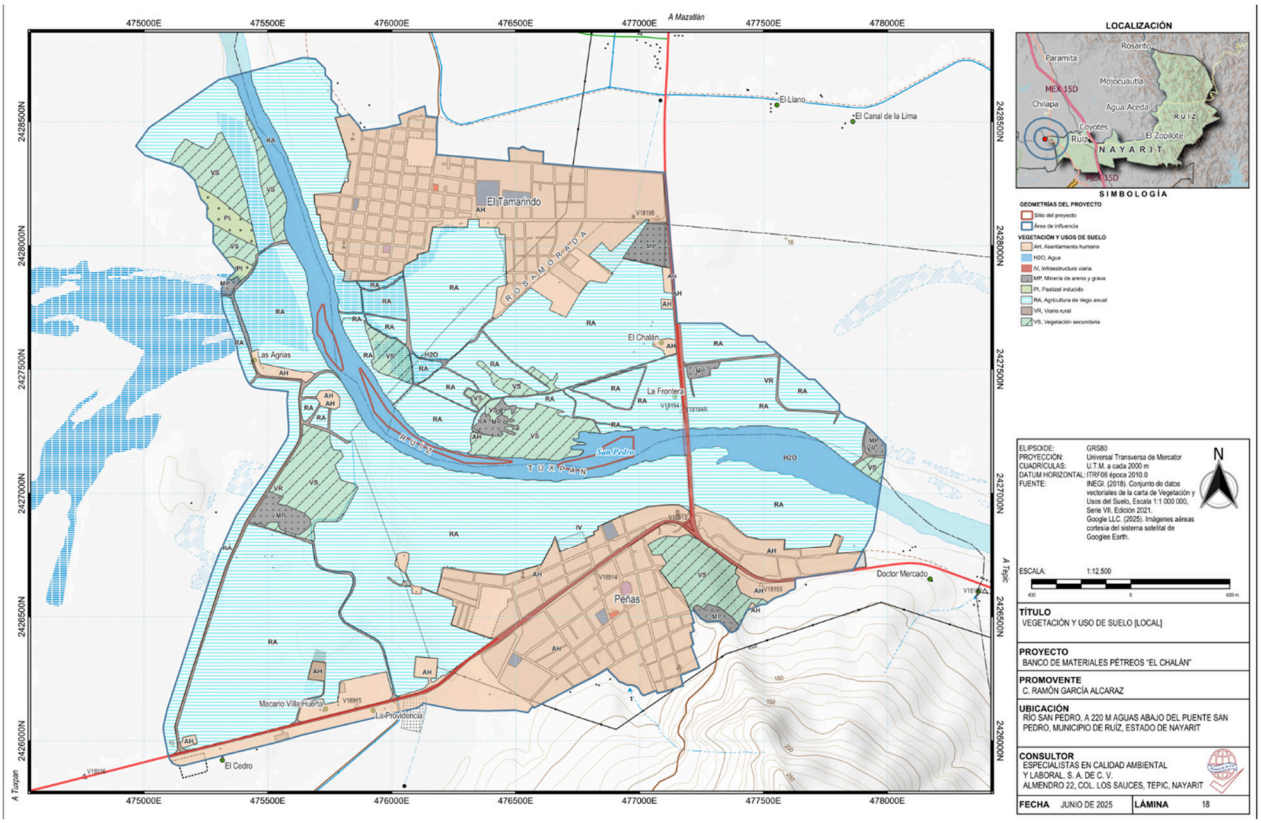



**Lámina IV.14.** Uso de suelo y vegetación de las áreas de estudio, a escala del área de influencia.

Fuente: González Gómez, D.I. (2025). Delimitación del área de influencia sobre imágenes aéreas cortesía del sistema satelital de Google Earth de la empresa pública Google LLC. Especialistas en Calidad Ambiental y Laboral, S. A. de C. V.

Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

**Tabla IV.21**. Usos de suelo y vegetación del área de influencia [escala local].

| Tipo | Área (ha) | % | Clave | Tipo | Superficie (ha) | % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Natural | 78.37 | 15.14 | H2O | Agua | 39.70 | 7.7 |
| | | | VS | Vegetación secundaria | 38.67 | 7.5 |
| Antrópico | 439.44 | 84.86 | RA | Agricultura de riego anual | 274.83 | 53.1 |
| | | | AH | Asentamiento humano | 140.54 | 27.1 |
| | | | IV | Infraestructura viaria | 5.39 | 1.0 |
| | | | MP | Minería de arena y grava | 8.33 | 1.6 |
| | | | PI | Pastizal inducido | 2.68 | 0.5 |
| | | | VR | Viario rural | 7.67 | 1.5 |

Fuente: González Gómez, D.I. (2025). Delimitación del área de influencia sobre imágenes aéreas cortesía del sistema satelital de Google Earth de la empresa pública Google LLC. Especialistas en Calidad Ambiental y Laboral, S. A. de C. V.

En síntesis, la escala local exhibe un paisaje dominado por la producción agrícola de riego, con asentamientos dispersos que concentran la actividad socioeconómica, mientras que los parches de vegetación secundaria y los cuerpos de agua constituyen los principales refugios de biodiversidad y deben considerarse áreas prioritarias para estrategias de conservación y re-vegetación dentro del plan de manejo ambiental.

Adicionalmente, se llevó a cabo una visita de campo en el sitio del proyecto, con el fin de identificar de manera directa las especies vegetales presentes, todo esto mediante una búsqueda libre. Esta observación *in situ* permitió validar y complementar la información obtenida a través de fuentes cartográficas y satelitales. Para las áreas del sistema ambiental y el área de influencia, se consultaron bases de datos especializadas, como el **Global Biodiversity Information Facility (GBIF)**, lo que permitió enriquecer el análisis con los registros previos de especies vegetales reportadas en la región, fortaleciendo así la caracterización ecológica de las áreas de interés.

**Tabla IV.22.** Listado de flora en las áreas de estudio.

| Familia | Especie | Nombre común | Estatus | NOM-059 | IUCN |
|---|---|---|---|---|---|
| Araceae | *Lemna aequinoctialis* | | N | | LC |
| Hydrocharitaceae | *Najas guadalupensis* | | | | |
| Arecaceae | *Cocos nucifera* | cocotero | I | | NE |
| Arecaceae | *Sabal pumos* | palma real ° | EN | Pr | VU |
| Asparagaceae | *Agave palustris* | | N | | NE |
| Orchidaceae | *Sacoila lanceolata* | orquidea terciopelo ° | N | | NE |
| Orchidaceae | *Trichocentrum oestlundianum* | orquidea ° | EN | | NE |
| Alstroemeriaceae | *Bomarea edulis* | zarcilla | N | | NE |
| Bromeliaceae | *Bromelia palmeri* | bromelia ° | EN | | NE |
| Bromeliaceae | *Tillandsia balbisiana* | bromelia ° | N | | NE |
| Bromeliaceae | *Tillandsia polystachia* | bromelia ° | N | | NE |
| Bromeliaceae | *Tillandsia schiedeana* | gallito ° | N | | NE |
| Cyperaceae | *Cyperus iria* | pasto pata de gallo | I | | LC |
| Poaceae | *Anthephora hermaphrodita* | | N | | LC |
| Poaceae | *Aristida ternipes* | aceitilla | N | | NE |
| Poaceae | *Bouteloua hirsuta* | grama | N | | |
| Poaceae | *Digitaria ciliaris* | pasto pangola | I | | NE |
| Poaceae | *Echinochloa colonum* | arroz del monte ° | I | | LC |
| Poaceae | *Eriochloa aristata* | pasto | N | | |
| Poaceae | *Ixophorus unisetus* | hierba blanca de honduras | N | | NE |
| Poaceae | *Oryza latifolia* | arrocillo | N | | LC |
| Poaceae | *Oryza sativa* | arroz | I | | NE |
| Poaceae | *Paspalum denticulatum* | camalote pálico | N | | NE |
| Poaceae | *Paspalum longicuspe* | | EN | | NE |
| Poaceae | *Sporobolus pyramidatus* | pasto | N | | NE |
| Poaceae | *Steinchisma laxum* | zacate | N | | NE |
| Poaceae | *Tetrapogon chlorideus* | | N | | NE |
| Poaceae | *Tripsacum dactyloides* | zacate maicero ° | N | | NE |
| Poaceae | *Urochloa fusca* | piojillo granadilla | N | | NE |
| Poaceae | *Zea mays* | maíz ° | N | | |
| Marantaceae | *Goeppertia atropurpurea* | ° | EN | | NE |
| Musaceae | *Musa paradisiaca* | Platano | I | | NE |
| Asteraceae | *Cosmos sulphureus* | mirasol amarillo ° | N | | NE |
| Asteraceae | *Galinsoga quadriradiata* | guasca ° | N | | NE |
| Asteraceae | *Galinsogeopsis spilanthoides* | manzanilla ° | N | | NE |
| Asteraceae | *Guardiola carinata* | | EN | | NE |
| Asteraceae | *Melampodium divaricatum* | acahual amarillo ° | N | | NE |
| Asteraceae | *Pseudelephantopus spicatus* | cola de iguana | N | | NE |
| Asteraceae | *Smallanthus uvedalia* | pata de oso | N | | NE |
| Asteraceae | *Sphagneticola trilobata* | botoncillo | N | | NE |
| Asteraceae | *Wedelia vexata* | | EN | | NE |
| Asteraceae | *Zinnia maritima* | margarita costera ° | | | NE |
| Capparaceae | *Quadrella asperifolia* | | EN | | EN |
| Caricaceae | *Carica papaya* | papaya | N | | DD |
| Cleomaceae | *Cleome uniglandulosa* | barba de chivo * | N | | LC |
| Cleomaceae | *Cleoserrata speciosa* | barba de chivo | N | | NE |
| Cleomaceae | *Tarenaya spinosa* | pata de mula | N | | NE |
| Amaranthaceae | *Chamissoa altissima* | bejuco de agua ° | N | | NE |
| Amaranthaceae | *Iresine interrupta* | tianguis ° | N | | NE |

COPIA PARA SU CONSULTA PÚBLICA



| Familia | Especie | Nombre común | Estatus | NOM-059 | IUCN |
|---|---|---|---|---|---|
| Cactaceae | *Opuntia puberula* | | N | | LC |
| Nyctaginaceae | *Pisonia aculeata* | coma de uña ° | N | | LC |
| Nyctaginaceae | *Pisonia capitata* | garabato ° | EN | | LC |
| Polygonaceae | *Antigonon leptopus* | san miguelito ° | N | | NE |
| Stegnospermataceae | *Stegnosperma cubense* | bejuco negro ° | N | | NE |
| Celastraceae | *Celastrus pringlei* | ° | EN | | NE |
| Celastraceae | *Hippocratea volubilis* | bejuco colorado ° | N | | NE |
| Cucurbitaceae | *Benincasa hispida* | clabacita china | N | | NE |
| Cucurbitaceae | *Cucumis melo* | melón | I | | NE |
| Cucurbitaceae | *Echinopepon racemosus* | | N | | NE |
| Cucurbitaceae | *Momordica charantia* | pepino cimarrón | I | | NE |
| Polemoniaceae | *Loeselia amplectens* | | EN | | NE |
| Primulaceae | *Bonellia macrocarpa* | amole ° | N | | LC |
| Sapotaceae | *Sideroxylon capiri* | tampisque | N | A | LC |
| Sapotaceae | *Sideroxylon tepicense* | tempixque | N | | LC |
| Fabaceae | *Albizia tomentosa* | guanacastillo | N | | LC |
| Fabaceae | *Bauhinia divaricata* | calzoncillo | N | | NE |
| Fabaceae | *Bauhinia ungulata* | escalera de mono ° | N | | LC |
| Fabaceae | *Cassia fistula* | lluvia de oro asiática | I | | LC |
| Fabaceae | *Chamaecrista serpens* | ° | N | | |
| Fabaceae | *Enterolobium cyclocarpum* | huacaxtle ° | N | | LC |
| Fabaceae | *Erythrina lanata* | colorín ° | EN | | LC |
| Fabaceae | *Erythrostemon mexicanus* | comalillo | N | | LC |
| Fabaceae | *Leucaena leucocephala* | barba de chivo | N | | NE |
| Fabaceae | *Lonchocarpus sericeus* | palo correoso | N | | LC |
| Fabaceae | *Lysiloma divaricatum* | mauto ° | N | | LC |
| Fabaceae | *Marina nutans* | escobillo ° | N | | NE |
| Fabaceae | *Mimosa sp.* | mimosa * | | | |
| Fabaceae | *Mimosa guatemalensis* | espina herrero | N | | LC |
| Fabaceae | *Mimosa quadrivalvis* | fourvalve | N | | |
| Fabaceae | *Mimosa robusta* | cuatante ° | EN | | NE |
| Fabaceae | *Senegalia berlandieri* | espino | N | | LC |
| Fabaceae | *Senegalia riparia* | ° | N | | LC |
| Fabaceae | *Sesbania herbacea* | cañamo de río | N | | NE |
| Fabaceae | *Tephrosia macrantha* | | EN | | NE |
| Fabaceae | *Vachellia campeachiana* | guinol | N | | LC |
| Fabaceae | *Vachellia hindsii* | carretadera ° | N | | NE |
| Fabaceae | *Vachellia macracantha* | algarrobo | N | | LC |
| Fabaceae | *Vachellia pennatula* | tepame ° | N | | |
| Fabaceae | *Zapoteca tetragona* | barba de chivo | N | | LC |
| Apocynaceae | *Cascabela ovata* | torito ° | N | | LC |
| Apocynaceae | *Catharanthus roseus* | jabonera de madagascar | I | | NE |
| Apocynaceae | *Rauvolfia tetraphylla* | chililllo ° | N | | LC |
| Apocynaceae | *Ruehssia lanata* | | N | | NE |
| Rubiaceae | *Randia aculeata* | crucecita ° | N | | LC |
| Rubiaceae | *Randia laetevirens* | capulín de corona | N | | LC |
| Acanthaceae | *Elytraria imbricata* | cordeoncillo | N | | NE |
| Acanthaceae | *Henrya insularis* | hierba del toro | N | | NE |
| Acanthaceae | *Tetramerium nervosum* | corrimiento | N | | NE |
| Bignoniaceae | *Tecoma stans* | tronadora ° | N | | LC |
| Verbenaceae | *Priva lappulacea* | cadillo de bolsa | N | | NE |
| Hernandiaceae | *Gyrocarpus americanus* | cedro blanco | N | | LC |
| Lauraceae | *Damburneya nitida* | | N | | LC |
| Euphorbiaceae | *Acalypha polystachya* | equilite | N | | NE |
| Euphorbiaceae | *Euphorbia colletioides* | candelilla | N | | NE |
| Euphorbiaceae | *Euphorbia cymosa* | | EN | | NE |
| Euphorbiaceae | *Euphorbia heterophylla* | lechero | N | | LC |
| Euphorbiaceae | *Euphorbia hirta* | golondrina ° | N | | NE |
| Euphorbiaceae | *Manihot chlorosticta* | candelilla | EN | | NT |
| Euphorbiaceae | *Ricinus communis* | huiguerilla ° * | I | | NE |
| Euphorbiaceae | *Sapium macrocarpum* | amatillo ° | N | A | LC |
| Euphorbiaceae | *Tragia pacifica* | ° | EN | | NE |
| Malpighiaceae | *Bunchosia palmeri* | palo sapo ° | EN | | LC |
| Malpighiaceae | *Tetrapterys mexicana* | bejuco hueso ° | N | | NE |

| Familia | Especie | Nombre común | Estatus | NOM-059 | IUCN |
|---|---|---|---|---|---|
| Phyllanthaceae | *Phyllanthus acuminatus* | ° | N | | LC |
| Phyllanthaceae | *Phyllanthus coalcomanensis* | ° | EN | | EN |
| Phyllanthaceae | *Savia sessiliflora* | ° | N | | LC |
| Salicaceae | *Casearia corymbosa* | botoncillo ° | N | | LC |
| Salicaceae | *Casearia nitida* | obatel | N | | LC |
| Violaceae | *Pombalia attenuata* | quelite ° | N | | NE |
| Cochlospermaceae | *Cochlospermum vitifolium* | rosa amarilla ° | N | | LC |
| Malvaceae | *Abutilon trisulcatum* | pelotazo ° | N | | NE |
| Malvaceae | *Ceiba aesculifolia* | pochote | N | | LC |
| Malvaceae | *Guazuma ulmifolia* | guásima ° | N | | LC |
| Malvaceae | *Helicteres guazumifolia* | barrenillo ° | N | | NE |
| Malvaceae | *Sida acuta* | escoba ° | N | | NE |
| Malvaceae | *Triumfetta polyandra* | cadillo ° | N | | LC |
| Muntingiaceae | *Muntingia calabura* | capulín | N | | NE |
| Combretaceae | *Combretum farinosum* | bejuco de carape | N | | LC |
| Lythraceae | *Cuphea llavea* | hierba de san pancho | N | | NE |
| Onagraceae | *Ludwigia octovalvis* | calavera * ° | N | | LC |
| Moraceae | *Brosimum alicastrum* | apomo ° | N | | LC |
| Moraceae | *Ficus petiolaris* | amate amarillo ° | EN | | LC |
| Rhamnaceae | *Colubrina triflora* | algodoncillo ° | N | | NE |
| Loranthaceae | *Psittacanthus rhynchanthus* | injerto ° | N | | NE |
| Opiliaceae | *Agonandra racemosa* | chililló ° | N | | LC |
| Viscaceae | *Phoradendron quadrangulare* | injerto medicinal ° | N | | NE |
| Anacardiaceae | *Rhus barclayi* | | EN | | NE |
| Burseraceae | *Bursera arborea* | cuajilote ° | EN | A | NT |
| Burseraceae | *Bursera excelsa* | copal santo ° | N | | LC |
| Burseraceae | *Bursera simaruba* | palo mulato ° | N | | LC |
| Meliaceae | *Cedrela odorata* | cedro ° | N | Pr | VU |
| Meliaceae | *Trichilia trifolia* | palo fierro ° | N | | NE |
| Rutaceae | *Zanthoxylum caribaeum* | chichón ° | N | | LC |
| Rutaceae | *Zanthoxylum fagara* | limoncillo ° | N | | LC |
| Sapindaceae | *Serjania punctata* | ° | N | | NE |
| Sapindaceae | *Serjania triquetra* | bejuco costillón ° | N | | NE |
| Convolvulaceae | *Distimake aegyptius* | trompillo | N | | NE |
| Convolvulaceae | *Evolvulus alsinoides* | pico de pajaro ° | N | | NE |
| Convolvulaceae | *Evolvulus nummularius* | agracejo | N | | NE |
| Convolvulaceae | *Ipomoea bracteata* | bejuco blanco | EN | | NE |
| Convolvulaceae | *Ipomoea carnea* | amapola rosa | N | | NE |
| Convolvulaceae | *Ipomoea puncticulata* | ° | EN | | NE |
| Convolvulaceae | *Ipomoea quamoclit* | bandera española | N | | NE |
| Hydroleaceae | *Hydrolea spinosa* | yerba de la potra * | N | | |
| Solanaceae | *Jaltomata procumbens* | jaltomate | N | | NE |
| Solanaceae | *Jaltomata repandidentata* | ° | EN | | NE |
| Solanaceae | *Solanum campechiense* | tomatillo ° | N | | NE |
| Solanaceae | *Solanum candidum* | ° | N | | NE |
| Solanaceae | *Solanum torvum* | amaclancle ° | N | | NE |
| Pinaceae | *Pinus devoniana* | pino escobeton | N | | LC |
| Pteridaceae | *Adiantum andicola* | cuamaquiztle ° | N | | NE |

° especies registradas en el AI, *especies registradas en el sitio del proyecto; estatus de residencia Nativa (N), Endémica (EN), Introducida (I); Categorías de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010: A (Amenazada), Pr (Sujeta a protección especial), P (Peligro de extinción). IUCN: estado de conservación de acuerdo con la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional de para la Conservación de la Naturaleza, DD (Información deficiente), LC (Preocupación menor), NT (Casi amenazada), VU (Vulnerable), EN (En peligro).

### *IV.2.2.2. Fauna.*

De manera general, la herpetofauna en el estado de Nayarit está compuesta por 162 especies, incluyendo 35 anuros, dos salamandras, un cocodrilo, 44 lagartijas, 69 serpientes y 11 tortugas (Loc-Barragán et al., 2024). Por su parte, el grupo de las aves cuenta con 536 especies registradas en el estado (Berlanga et al., 2008). En cuanto a los mamíferos silvestres, Nayarit al-

berga162 especies, de las cuales 141 corresponden a mamíferos terrestres (Ramírez-Silva et al., 2016).

Para la determinación de la fauna silvestre en el sitio del proyecto, se realizó un muestreo libre, mediante la búsqueda libre en sitio con potencial para ser utilizados por la fauna para cubrir sus necesidades de alimentación y descanso. Para los reptiles, se inspeccionaron elementos del microhábitat como piedras, pastos y grietas en el terreno que pudieran servir como refugio. El registro de aves se llevó a cabo de forma visual con el apoyo de binoculares 8x42 y de manera auditiva durante todo el recorrido

Cabe destacar que, debido a que en las áreas de estudio predominan usos de suelo antropizados, como zonas agrícolas y asentamientos humanos, la riqueza faunística observada de forma directa es limitada (tabla IV.23).

**Tabla IV.23.** Registro de especies de fauna para el sitio del proyecto.

| Especies | Residencia | NOM-059 | Número de registros |
|---|---|---|---|
| *Ardea alba* | N | | 2 |
| *Aspidoscelis costatus* | EN | Pr | 11 |
| *Atherinella crystallina* | N | | ND |
| *Cardellina pusilla* | N | | 1 |
| *Charadrius collaris* | N | | 2 |
| *Charadrius vociferus* | N | | 11 |
| *Columbina inca* | N | | 5 |
| *Dendrocygna autumnalis* | N | | 73 |
| *Egretta thula* | N | | 2 |
| *Eudocimus albus* | N | | 3 |
| *Haemorhous mexicanus* | N | | 1 |
| *Himantopus mexicanus* | N | | 2 |
| *Icteria virens* | N | | 3 |
| *Jacana spinosa* | N | | 2 |
| *Myiarchus tyrannulus* | N | | 8 |
| *Pitangus sulphuratus* | N | | 8 |
| *Platalea ajaja* | N | | 1 |
| *Plegadis chihi* | N | | 1 |
| *Quiscalus mexicanus* | N | | 14 |
| *Spatula clypea* | N | | 1 |
| *Spatula discors* | N | | 2 |
| *Spinus psaltria* | N | | 2 |
| *Stelgidopteryx serripennis* | N | | 2 |
| *Tachybaptus dominicus* | N | Pr | 2 |
| *Thryophilus sinaloa* | EN | | 3 |
| *Volatinia jacarina* | N | | 1 |
| *Zenaida asiatica* | N | | 5 |

Estatus de residencia Nativa (N), Endémica (EN), Introducida (I); Categorías de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010: A (Amenazada), Pr (Sujeta a protección especial), P (Peligro de extinción). No determinado (ND)

Durante el recorrido en campo se registró la presencia de 27 especies de fauna silvestre, pertenecientes a 17 familias. La mayoría de estos corresponden a aves, además de un pez y un reptil.

Se observaron especies como *Dendrocygna autumnalis* y *Quiscalus mexicanus*, ambas especies generalistas y adaptadas a ambientes perturbados, lo cual concuerda con el uso de suelo en la región, dominada por zonas agrícolas y actividades humanas.

Dentro del listado registrado, destacan dos especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010: *Aspidoscelis costatus* y *Tachybaptus dominicus*, ambas catalogadas como Protección especial (Pr).

Un punto particularmente relevante es la presencia de las aves *Charadrius vociferus* y *Charadrius collaris*, ambas asociadas a hábitats abiertos con sustrato pedregoso o arenoso. Estas especies nidifican directamente sobre el suelo entre las piedras, característica que cobra importancia dado que el proyecto contempla la extracción de material pétreo (Ortega-Solís *et al.,* 2017). La alteración o remoción de este hábitat representa un riesgo directo para el éxito reproductivo de dichas aves durante su temporada de anidación. No obstante, el área considerada para la extracción de material pétreo no resulta significativa, por lo que estas aves podrían encontrar un sitio cercano para su anidación. No obstante, se proponen una serie de medidas especiales, con el fin de minimizar los posibles impactos.

- Inspección previa al desmonte o remoción de piedra: realizar recorridos previos por el personal capacitado para detectar nidos activos en la zona de extracción. En caso de ser detectados delimitar un perímetro de protección de al menos 10 m de diámetro.
- Reporte a las autoridades competentes: en caso de identificación del nido y posterior al establecimiento del perímetro de resguardo, se deberá dar conocimiento a la autoridad competente para una posible reubicación del nido.
- Monitoreo de fauna: implementar un programa de monitoreo de aves antes y durante la operación del banco de material pétreo, con énfasis en las especies protegidas y del género *Charadrius*.
- Capacitación ambiental al personal: incluir dentro del programa de introducción a los trabajadores un módulo sobre la importancia de la fauna local y el reconocimiento de especies protegidas o sensibles.
- Restauración ecológica: en zonas donde se concluya la extracción, aplicar medidas de rehabilitación del hábitat, mediante la colocación de vegetación que pueda servir para el reabastecimiento del banco.

Con el fin de complementar y enriquecer el inventario de fauna potencial presente en las áreas de estudio, se consultaron fuentes bibliográficas y registros provenientes del **Global Biodiversity Information Facility (GBIF)**, que integran información generada por diversas instituciones y colecciones nacionales, así como internacionales (tabla IV.24).

**Tabla IV.24.** Listado de fauna registrado en las áreas de estudio.

| Familia | Especies | Nombre Común | Residencia | NOM-059 | IUCN |
|---|---|---|---|---|---|
| | ICTIOFAUNA | | | | |
| **Atherinopsidae** | *Atherinella crystallina* | plateadito del presidio * | N | | LC |
| **Clupeidae** | *Dorosoma smithi* | sardina norteña | EN | | LC |
| **Clupeidae** | *Lile stolifera* | sardina rayada | N | | LC |
| **Poeciliidae** | *Poecilia butleri* | topote del pacífico | N | Pr | LC |
| **Poeciliidae** | *Poeciliopsis latidens* | guatopote del fuerte | EN | A | NT |
| **Poeciliidae** | *Poeciliopsis occidentalis* | guatopote de sonora | N | A | LC |

COPIA PARA SU CONSULTA PÚBLICA



| Familia | Especies | Nombre Común | Residencia | NOM-059 | IUCN |
|---|---|---|---|---|---|
| **Poeciliidae** | *Poeciliopsis presidionis* | guatopote de sinaloa | EN | | DD |
| **Poeciliidae** | *Poeciliopsis prolifica* | guatopote culiche | EN | | LC |
| **Poeciliidae** | *Poeciliopsis viriosa* | guatopote gordito | EN | | LC |
| **Mugilidae** | *Dajaus monticola* | machín | N | | LC |
| **Mugilidae** | *Mugil cephalus* | lisa rayada | N | | LC |
| **Cichlidae** | *Mayaheros beani* | mojarra verde | N | | LC |
| **Cichlidae** | *Oreochromis niloticus* | tilapia | I | | LC |
| **Eleotridae** | *Dormitator latifrons* | dormilón gordo del pacífico | N | | LC |
| **Eleotridae** | *Eleotris picta* | guavina machada | N | | LC |
| **Eleotridae** | *Gobiomorus maculatus* | dormiló manchado | N | | LC |
| **Achiridae** | *Trinectes fonsecensis* | sulea rayada | N | | LC |
| **Ariidae** | *Ariopsis seemanni* | bagre tete | N | | LC |
| **Ictaluridae** | *Ictalurus pricei* | bagre yaqui | N | A | EN |
| | HERPETOFAUNA | | | | |
| **Bufonidae** | *Incilius marmoreus* | sapo jaspeado ° | EN | | LC |
| **Bufonidae** | *Incilius mazatlanensis* | sapito pinto de mazatlán | EN | | LC |
| **Bufonidae** | *Rhinella horribilis* | sapo gigante | N | | LC |
| **Bufonidae** | *Rhinella marina* | sapo gigante ° | N | | LC |
| **Hylidae** | *Smilisca baudinii* | rana arborícola mexicana | N | | LC |
| **Hylidae** | *Smilisca fodiens* | rana de árbol de tierras bajas | N | | LC |
| **Hylidae** | *Tlalocohyla smithii* | rana de árbol mexicana enanan | N | | LC |
| **Microhylidae** | *Hypopachus ustus* | sapo boca angosta | N | Pr | |
| **Phyllomedusidae** | *Agalychnis dacnicolor* | ranita verduzca | EN | | LC |
| **Ranidae** | *Lithobates pustulosus* | rana de rayas blancas | EN | Pr | LC |
| **Colubridae** | *Coluber bilineatus* | culebra chirriadora sonorense | N | | LC |
| **Colubridae** | *Hypsiglena affinis* | culebra ojo de gato | EN | Pr | |
| **Colubridae** | *Lampropeltis triangulum* | falsa coralillo real oriental estadounidense ° | N | | LC |
| **Colubridae** | *Leptodeira maculata* | escombrera del suroeste mexicano | N | Pr | LC |
| **Colubridae** | *Leptodeira punctata* | escombrera del occidente de México ° | EN | | LC |
| **Colubridae** | *Thamnophis validus* | culebra listonada de la costa oeste | EN | | LC |
| **Corytophanidae** | *Basiliscus vittatus* | toloque rayado | N | | LC |
| **Dactyloidae** | *Anolis nebulosus* | abaniquillo pañuelo del pacífico | EN | | LC |
| **Elapidae** | *Micrurus distans* | serpiente coralillo del occidente mexicano | EN | Pr | LC |
| **Gekkonidae** | *Hemidactylus frenatus* | besucona asiática | I | | LC |
| **Iguanidae** | *Ctenosaura pectinata* | garrobo ° | EN | A | LC |
| **Iguanidae** | *Iguana iguana* | iguana verde | N | Pr | LC |
| **Leptotyphlopidae** | *Rena dugesii* | | EN | | |
| **Phrynosomatidae** | *Sceloporus clarkii* | lagartija espinosa del noroeste | N | | LC |
| **Phrynosomatidae** | *Sceloporus nelsoni* | lagartija espinosa de panza azul | N | | LC |
| **Phrynosomatidae** | *Sceloporus utiformis* | lagartija espinosa del pacífico | EN | | LC |
| **Scincidae** | *Plestiodon callicephalus* | eslizón de la sierra madre occidental | N | | LC |
| **Scincidae** | *Plestiodon tetragrammus* | eslizón cuatro líneas del noreste | N | | LC |
| **Teiidae** | *Aspidoscelis costatus* | huico llanero * | EN | Pr | LC |
| **Teiidae** | *Aspidoscelis sackii* | | EN | | LC |
| **Viperidae** | *Crotalus basiliscus* | cascabel del pacífico ° | EN | Pr | LC |
| **Emydidae** | *Trachemys scripta* | tortuga gravada | N | | LC |
| **Kinosternidae** | *Kinosternon integrum* | tortuga casquito | EN | Pr | LC |
| | *ORNITOFAUNA* | | | | |
| **Accipitridae** | *Accipiter cooperii* | gavilán de copper | N | Pr | LC |
| **Accipitridae** | *Buteo albicaudatus* | aguililla cola blanca | N | Pr | LC |
| **Accipitridae** | *Buteo albonotatus* | aguililla aura | N | Pr | LC |
| **Accipitridae** | *Buteo swainsoni* | aguililla de swainsoni | N | Pr | LC |
| **Accipitridae** | *Buteogallus anthracinus* | aguililla negra menor | N | Pr | LC |
| **Accipitridae** | *Geranospiza caerulescens* | gavilán zancón | N | A | LC |
| **Accipitridae** | *Parabuteo unicinctus* | aguililla rojinegra ° | N | Pr | LC |
| **Cathartidae** | *Cathartes aura* | zopilote aura ° | N | | LC |
| **Cathartidae** | *Coragyps atratus* | zopilote común ° | N | | LC |
| **Pandionidae** | *Pandion haliaetus* | águila pescadora | N | | LC |
| **Anatidae** | *Anas crecca* | cerceta alas verdes | N | | LC |
| **Anatidae** | *Dendrocygna autumnalis* | pijeje alas blancas * | N | | LC |
| **Anatidae** | *Dendrocygna bicolor* | pijeje canelo ° | N | | LC |
| **Anatidae** | *Spatula clypea* | pato cucharón norteño * | N | | LC |
| **Anatidae** | *Spatula discors* | cerceta alas azules * | N | | LC |
| **Trochilidae** | *Amazilia rutila* | colibrí canelo ° | N | | LC |
| **Trochilidae** | *Cynanthus latirostris* | colibrí pico ancho | N | | LC |
| **Caprimulgidae** | *Chordeiles acutipennis* | chotacabras menor ° | N | | LC |
| **Caprimulgidae** | *Nyctidromus albicollis* | chotacabras pauraque | N | | LC |

COPIA PARA SU CONSULTA PÚBLICA



| Familia | Especies | Nombre Común | Residencia | NOM-059 | IUCN |
|---|---|---|---|---|---|
| **Charadriidae** | *Charadrius collaris* | chorlo de collar * | N | | LC |
| **Charadriidae** | *Charadrius vociferus* | chorlo tildío * | N | | NT |
| **Jacanidae** | *Jacana spinosa* | jacana norteña * | N | | LC |
| **Recurvirostridae** | *Himantopus mexicanus* | monjita americana * | N | | LC |
| **Recurvirostridae** | *Recurvirostra americana* | avoceta americana | N | | LC |
| **Scolopacidae** | *Actitis macularius* | playero alzacolita | N | | LC |
| **Ciconiidae** | *Mycteria americana* | cigüeña americana | N | Pr | LC |
| **Columbidae** | *Columba livia* | paloma asiática | I | | LC |
| **Columbidae** | *Columbina inca* | tortolita cola larga * | N | | LC |
| **Columbidae** | *Columbina passerina* | tortolita pico rojo | N | | LC |
| **Columbidae** | *Columbina talpacoti* | tortolita canela ° | N | | LC |
| **Columbidae** | *Leptotila verreauxi* | paloma arroyera | N | | LC |
| **Columbidae** | *Patagioenas flavirostris* | paloma morada | N | | LC |
| **Columbidae** | *Streptopelia decaocto* | paloma turca de collar | I | | LC |
| **Columbidae** | *Zenaida asiatica* | paloma alas blancas * | N | | LC |
| **Columbidae** | *Zenaida macroura* | huilota común | N | | LC |
| **Alcedinidae** | *Chloroceryle amazona* | martín pescador amazónico | N | | LC |
| **Alcedinidae** | *Chloroceryle americana* | martín pescador verde | N | | LC |
| **Alcedinidae** | *Megaceryle alcyon* | martín pescador norteño | N | | LC |
| **Alcedinidae** | *Megaceryle torquata* | martín pescador de collar | N | | LC |
| **Momotidae** | *Momotus mexicanus* | momoto corona canela | N | | LC |
| **Cuculidae** | *Crotophaga sulcirostris* | garrapetero pijuy | N | | LC |
| **Cuculidae** | *Morococcyx erythropygus* | cuclillo terrestre | N | | LC |
| **Cuculidae** | *Piaya cayana* | cuclillo canelo | N | | LC |
| **Falconidae** | *Caracara plancus* | caracara | N | | LC |
| **Falconidae** | *Falco peregrinus* | halcón peregrino ° | N | Pr | LC |
| **Falconidae** | *Falco sparverius* | cernícalo americano | N | | LC |
| **Falconidae** | *Herpetotheres cachinnans* | halcón guaco | N | | LC |
| **Falconidae** | *Micrastur semitorquatus* | halcón selvático de collar ° | N | Pr | LC |
| **Cracidae** | *Ortalis wagleri* | chachalaca vientre castaño | EN | | LC |
| **Odontophoridae** | *Callipepla douglasii* | codorniz cresta dorada | EN | | LC |
| **Rallidae** | *Fulica americana* | gallareta americana | N | | LC |
| **Rallidae** | *Gallinula chloropus* | gallineta frente roja | N | | LC |
| **Cardinalidae** | *Passerina caerulea* | picogordo azul | N | | LC |
| **Cardinalidae** | *Passerina ciris* | colorín sete colores ° | N | Pr | LC |
| **Cardinalidae** | *Passerina versicolor* | colorín morado ° | N | | LC |
| **Corvidae** | *Calocitta colliei* | urraca cara negra | N | | LC |
| **Corvidae** | *Corvus corax* | cuervo común | N | | LC |
| **Corvidae** | *Corvus sinaloae* | cuervo sinaloense | N | | LC |
| **Corvidae** | *Cyanocorax beecheii* | chara sinaloense | N | P | LC |
| **Cotingidae** | *Pachyramphus aglaiae* | cabezón degollado | N | | LC |
| **Cotingidae** | *Tityra semifasciata* | titira puerquito | N | | LC |
| **Fringillidae** | *Euphonia godmani* | eufonia garganta negra | EN | | NE |
| **Fringillidae** | *Haemorhous mexicanus* | pinzón mexicano * | N | | LC |
| **Fringillidae** | *Spinus psaltria* | jilguerito dominico * | N | | LC |
| **Furnariidae** | *Xiphorhynchus flavigaster* | trepatroncos bigotudo | N | | LC |
| **Hirundinidae** | *Hirundo rustica* | golondrina tijereta | N | | LC |
| **Hirundinidae** | *Progne chalybea* | golondrina pecho gris | N | | LC |
| **Hirundinidae** | *Stelgidopteryx serripennis* | golondrina alas aserradas * | N | | LC |
| **Icteridae** | *Agelaius phoeniceus* | tordo sargento | N | | LC |
| **Icteridae** | *Cacicus melanicterus* | cacique mexicano | N | | LC |
| **Icteridae** | *Icterus cucullatus* | calandria dorso negro menor | N | | LC |
| **Icteridae** | *Icterus pustulatus* | calandria dorso rayado | N | | LC |
| **Icteridae** | *Icterus spurius* | calandria castaña | N | | LC |
| **Icteridae** | *Molothrus aeneus* | tordo ojos rojos | N | | LC |
| **Icteridae** | *Quiscalus mexicanus* | zanate mexicano * | N | | LC |
| **Icteridae** | *Sturnella lilianae* | | N | | NE |
| **Mimidae** | *Mimus polyglottos* | sinsonte norteño | N | | LC |
| **Parulidae** | *Cardellina pusilla* | chipe corona negra * | N | | LC |
| **Parulidae** | *Geothlypis tolmiei* | chipe lores negros | N | A | LC |
| **Parulidae** | *Icteria virens* | chipe grande * | N | | LC |
| **Parulidae** | *Setophaga coronata* | chipe rabadilla amarilla | N | | LC |
| **Parulidae** | *Setophaga petechia* | chipe amarillo | N | | LC |
| **Passerellidae** | *Peucaea ruficauda* | zacatonero corona rayada | N | | LC |
| **Passeridae** | *Passer domesticus* | gorrión doméstico ° | I | | LC |
| **Polioptilidae** | *Polioptila caerulea* | perlita azul gris ° | N | | LC |
| **Rhodinocichlidae** | *Rhodinocichla rosea* | tangara pecho rosa ° | N | | LC |
| **Thraupidae** | *Saltator grandis* | saltador gris mesoamericano | N | | LC |

| Familia | Especies | Nombre Común | Residencia | NOM-059 | IUCN |
|---|---|---|---|---|---|
| **Thraupidae** | *Sporophila torqueola* | semillero de collar | EN | | LC |
| **Thraupidae** | *Volatinia jacarina* | semillero brincador * | N | | LC |
| **Troglodytidae** | *Pheugopedius felix* | saltapared feliz | EN | | LC |
| **Troglodytidae** | *Thryophilus sinaloa* | saltapared sinaloense * | EN | | LC |
| **Turdidae** | *Myadestes unicolor* | clarín unicolor | N | A | LC |
| **Turdidae** | *Turdus rufopalliatus* | mirlo dorso canela | N | | LC |
| **Tyrannidae** | *Attila spadiceus* | mosquero atila | N | | LC |
| **Tyrannidae** | *Camptostoma imberbe* | mosquerito chillón | N | | LC |
| **Tyrannidae** | *Myiarchus nuttingi* | papamoscas huí | N | | LC |
| **Tyrannidae** | *Myiarchus tuberculifer* | papamoscas triste | N | | LC |
| **Tyrannidae** | *Myiarchus tyrannulus* | papamoscas gritón * | N | | LC |
| **Tyrannidae** | *Myiodynastes luteiventris* | papamoscas trayado común | N | | LC |
| **Tyrannidae** | *Myiozetetes similis* | luisito común | N | | LC |
| **Tyrannidae** | *Pitangus sulphuratus* | bienteveo común * | N | | LC |
| **Tyrannidae** | *Pyrocephalus rubinus* | mosquero cardenal | N | | LC |
| **Tyrannidae** | *Sayornis nigricans* | papamoscas negro | N | | LC |
| **Tyrannidae** | *Tyrannus crassirostris* | tirano pico grueso | N | | LC |
| **Tyrannidae** | *Tyrannus melancholicus* | tirano pirirí | N | | LC |
| **Vireonidae** | *Vireo bellii* | vireo de bell | N | | LC |
| **Vireonidae** | *Vireo cassinii* | vireo de cassin | N | | LC |
| **Vireonidae** | *Vireo flavoviridis* | vireo verdeamarillo | N | | LC |
| **Ardeidae** | *Ardea alba* | garza blanca * | N | | LC |
| **Ardeidae** | *Ardea herodias* | garza morena | N | | LC |
| **Ardeidae** | *Bubulcus ibis* | garza ganadera | I | | LC |
| **Ardeidae** | *Butorides virescens* | garcita verde | N | | LC |
| **Ardeidae** | *Egretta thula* | garza dedor dorados * | N | | LC |
| **Ardeidae** | *Nyctanassa violacea* | garza nocturna corona clara | N | | LC |
| **Ardeidae** | *Nycticorax nycticorax* | garza nocturna corona negra | N | | LC |
| **Ardeidae** | *Tigrisoma mexicanum* | garza tigre mexicana | N | Pr | LC |
| **Pelecanidae** | *Pelecanus erythrorhynchos* | pelicano blanco americano | N | | LC |
| **Threskiornithidae** | *Eudocimus albus* | ibis blanco * | N | | LC |
| **Threskiornithidae** | *Platalea ajaja* | espatularosada * | N | | LC |
| **Threskiornithidae** | *Plegadis chihi* | ibis ojos rojos * | N | | LC |
| **Picidae** | *Campephilus guatemalensis* | carpintero pico plateado | N | Pr | LC |
| **Picidae** | *Dryobates scalaris* | carpintero mexicano | N | | LC |
| **Picidae** | *Dryocopus lineatus* | carpintero lineado | N | | LC |
| **Picidae** | *Melanerpes chrysogenys* | carpintero enmascarado | EN | | LC |
| **Picidae** | *Melanerpes uropygialis* | carpintendo del desierto | N | | LC |
| **Podicipedidae** | *Podilymbus podiceps* | zambullidor pico grueso | N | | LC |
| **Podicipedidae** | *Tachybaptus dominicus* | zambullidor menor * | N | Pr | LC |
| **Psittacidae** | *Ara militaris* | guacamaya verde | N | P | VU |
| **Strigidae** | *Glaucidium brasilianum* | tecolote bajeño | N | | LC |
| **Strigidae** | *Strix virgata* | búho café | N | | LC |
| **Anhingidae** | *Anhinga anhinga* | aninga americana | N | | LC |
| **Phalacrocoracidae** | *Phalacrocorax brasilianus* | cormoran neotropical | N | | LC |
| **Trogonidae** | *Trogon citreolus* | coa citrina | EN | | LC |
| **Trogonidae** | *Trogon elegans* | coa elegante | N | | LC |
| | MASTOFAUNA | | | | |
| **Bovidae** | *Bos taurus* | ganado | I | | NE |
| **Procyonidae** | *Procyon lotor* | mapache | N | | LC |
| **Molossidae** | *Molossus nigricans* | murciélago mastín negro | N | | NE |
| **Mormoopidae** | *Pteronotus davyi* | | N | | LC |
| **Mormoopidae** | *Pteronotus fulvus* | murciélago lomo pelón menor | N | | NE |
| **Mormoopidae** | *Pteronotus mexicanus* | murciélago bigotudo de parnell | EN | | NE |
| **Mormoopidae** | *Pteronotus parnellii* | murciélago bigotudo de parnell | N | | LC |
| **Mormoopidae** | *Pteronotus personatus* | murciélago bigotudo | N | | LC |
| **Mormoopidae** | *Pteronotus psilotis* | | N | | LC |
| **Noctilionidae** | *Noctilio leporinus* | murciélago pescador mayor | N | | LC |
| **Phyllostomidae** | *Artibeus lituratus* | murciélago frugívoro gigante | N | | LC |
| **Phyllostomidae** | *Artibeus phaeotis* | murciélago frugívoro pigmeo | N | | LC |
| **Phyllostomidae** | *Sturnira parvidens* | murciélago de charreteras menor | N | | LC |
| **Vespertilionidae** | *Bauerus dubiaquercus* | murciélago desértico sureño | N | | NT |
| **Didelphidae** | *Didelphis virginiana* | tlacuache norteño | N | | LC |
| **Cricetidae** | *Baiomys taylori* | ratón pigmeo norteño | N | | LC |
| **Heteromyidae** | *Liomys pictus* | ratón espinoso pintado | N | | LC |

° especies registradas en el AI, *especies registradas en el sitio del proyecto; estatus de residencia Nativa (N), Endémica (EN), Introducida (I); Categorías de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010: A (Amenazada), Pr (Sujeta a protección especial), P (Peligro de extinción). IUCN: estado de conservación de acuerdo con la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional de para la Conservación de la Naturaleza, DD (Información deficiente), LC (Preocupación menor), NT (Casi amenazada), VU (Vulnerable), EN (En peligro).

Para el sistema ambiental se registraron 32 especies bajo alguna categoría de protección dentro de las normas mexicana.

- ***Amenazada***: *Poeciliopsis latidens, Poeciliopsis occidentalis, Ictalurus pricei, Ctenosaura pectinata, Geranospiza caerulescens, Geothlypis tolmiei* y *Myadestes unicolor.*
- ***Protección especial***: *Poecilia butleri, Hypopachus ustus, Lithobates pustulosus, Hypsiglena affinis, Leptodeira maculata, Micrurus distans, Iguana iguana, Aspidoscelis costatus, Crotalus basiliscus, Kinosternon integrum, Accipiter cooperii, Buteo albicaudatus, Buteo albonotatus, Buteo swainsoni, Buteogallus anthracinus, Parabuteo unicinctus, Mycteria americana, Falco peregrinus, Micrastur semitorquatus, Passerina ciris, Tigrisoma mexicanum, Campephilus guatemalensis* y *Tachybaptus dominicus*.
- ***Peligro de extinción***: *Cyanocorax beecheii* y *Ara militaris.*

### *IV.2.2.3. Zonas de protección de flora y fauna.*

#### IV.2.2.3.1. Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales.

La Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales Nayarit, fue establecida mediante Decreto Presidencial publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de mayo de 2010, con una superficie total de 133,854-3907.39 hectáreas, localizada al noroeste del estado de Nayarit, formando parte de las planicies costeras del Pacífico Mexicano. Está comprendida de una gran red de lagunas costeras salobres, bosques de mangle, pantanos, deltas y marismas, los cuales representan entre el 15 y 20% del total de ecosistema de manglar existente en el país. Se alimenta de siete ríos que forman cuatro regiones ecológicas: Teacapán, Agua Brava, Marismas Nacionales y el norte de San Blas. En algunas partes de la superficie que la integra los ecosistemas de bosques, pastizales y palmas aún se mantienen sin alteración.

El ecosistema complejo de manglares en Marismas Nacionales forma áreas que permiten el desarrollo y crecimiento de diversas especies marinas, siendo el camarón y el ostión los más importantes para las actividades pesqueras. Estas áreas también sirven de refugio para aves acuáticas migratorias (patos y aves playeras) y especies de fauna, como el cocodrilo de río (*Crocodylus acutus*) y el jaguar (*Panthera onca*). En la actualidad, 68 especies de fauna (mamíferos, aves, reptiles y anfibios) y 14 especies de flora que se encuentran en la Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales Nayarit, están bajo una categoría de riesgo, según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Por otro lado, la estructura de estos bosques funciona como una barrera natural contra huracanes y otros fenómenos naturales que podrían poner en riesgo a la población humana local.

En ese contexto, el día 03 de abril de 2013 se publica en el Diario Oficial de la Federación el ACUERDO por el que se da a conocer el resumen del Programa de Manejo del Área Natural Protegida con el carácter de Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales, Nayarit; cuyo objetivo

general es el de constituir el instrumento rector de planeación y regulación que establece las actividades, acciones y lineamientos básicos para el manejo y la administración del área natural protegida.

Al respecto, se notifica que la totalidad de la superficie del sistema ambiental presenta incidencia con la zona cartografiada como de *zona de influencia* del área natural protegida federal Reserva de la Biósfera "Marismas Nacionales" (lámina IV.15).

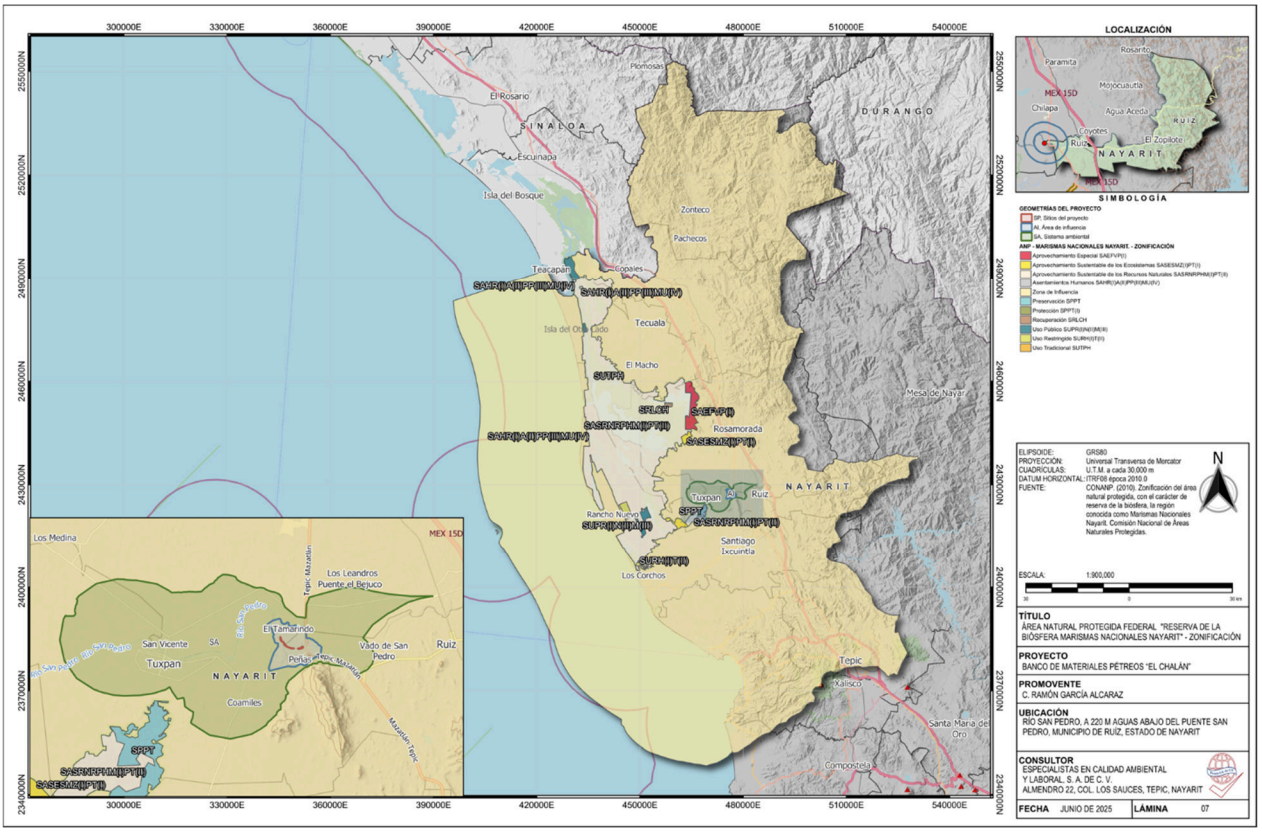



**Lámina IV.15**. Geolocalización de las áreas de estudio respecto al Área Natural Protegida Federal Marismas Nacionales Nayarit.

Fuente: CONANP-SEMARNAT. (2013). Programa de Manejo del Área Natural Protegida con el carácter de Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

La *zona de influencia* de la Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales, abarca una superficie de 1'373,758.93 hectáreas, dicha zona fue delimitada de conformidad con lo previsto por el Artículo Décimo Cuarto del "Decreto por el que se declara como área natural protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región conocida como Marismas Nacionales Nayarit, localizada en los municipios de Acaponeta, Rosamorada, Santiago Ixcuintla, Tecuala y Tuxpan en el Estado de Nayarit", publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 12 de mayo de 2010, el cual señala que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales establecerá y delimitará, en su programa de manejo, la zona de influencia de dicha reserva.

### IV.2.2.3.2. Sitios RAMSAR.

Los Humedales de Importancia Internacional, mejor conocidos como Sitios Ramsar, son áreas que han sido reconocidas internacionalmente al asignarles una designación de acuerdo con los criterios establecidos por la "Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas" (Convención Ramsar), tratado internacional del que México es parte. Esta Convención fue celebrada en la ciudad de Ramsar, Irán el 2 de febrero de 1971.

En México, la Convención Ramsar fue aprobada por la Cámara de Senadores del Congreso de la Unión el 20 de diciembre de 1984 y fue publicada en el Diario Oficial de la Federación los días 24 de enero y 18 de julio del año 1985. El instrumento de adhesión de la Convención fue firmado por el presidente Miguel de la Madrid el 23 de julio de 1985 y depositado ante el director general de la UNESCO el 4 de julio de 1986.

El Artículo 133 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos indica que *"...todos los tratados que estén de acuerdo con la misma [Constitución], celebrados y que se celebren por el presidente de la República, con aprobación del Senado, serán la ley suprema de toda la Unión"*.

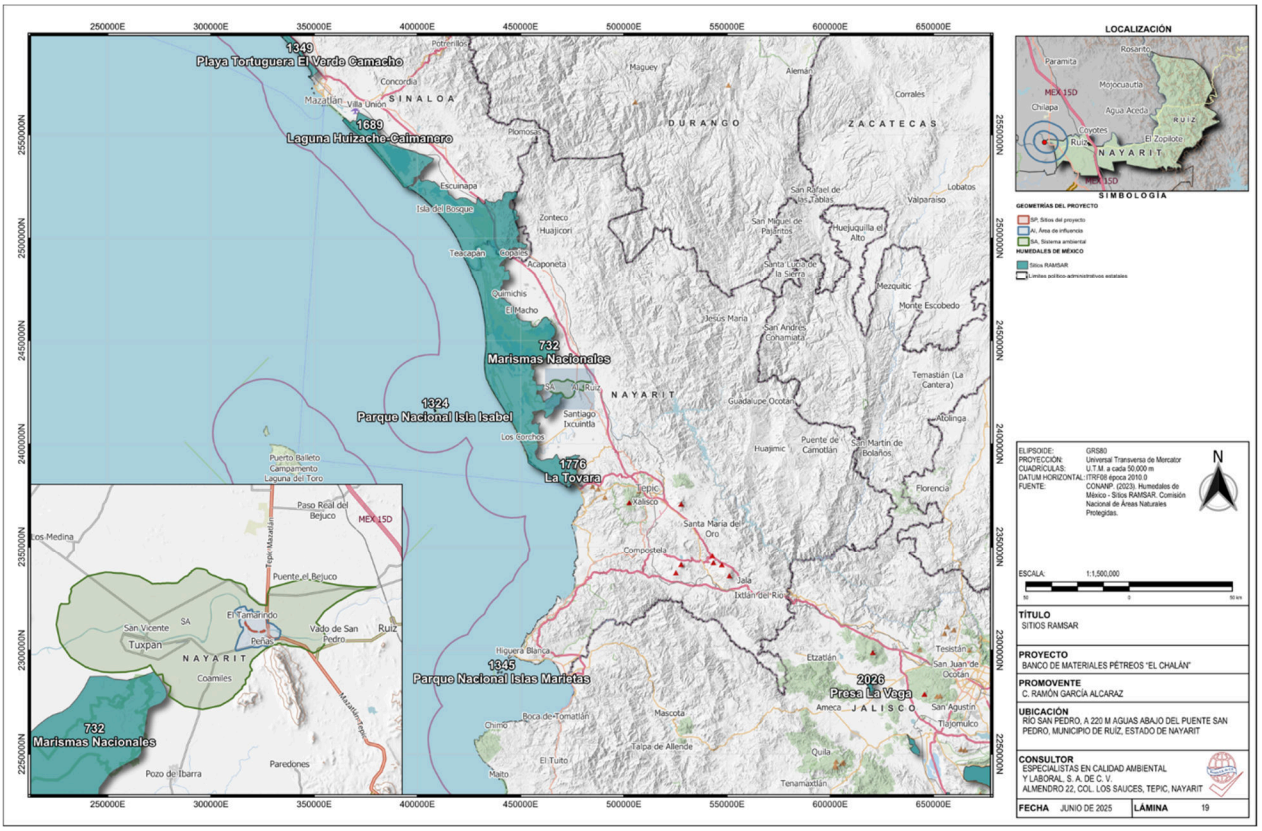



**Lámina IV.16.** Geolocalización de las áreas de estudio respecto al mapa de Sitios RAMSAR de México.

Fuente: CONANP-SEMARNAT. (2023). Humedales de Importancia Internacional "Sitios RAMSAR" de México. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

Por eso, la Convención Ramsar debe de considerarse como una ley suprema y su cumplimiento es responsabilidad de todos los mexicanos, en función de nuestras atribuciones.

De acuerdo con el Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la función de la CONANP en el marco de la Convención Ramsar es coordinarse con las unidades administrativas competentes de dicha secretaría y otras dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, para que cada institución, en función de sus atribuciones, impulse el cumplimiento de los acuerdos y compromisos adoptados en este tratado internacional.

Actualmente la CONANP impulsa el cumplimiento de la Convención en los Sitios Ramsar que se encuentran dentro de Áreas Naturales Protegidas Federales y facilita procesos para que todos los actores relacionados con los Sitios Ramsar fuera de Áreas Naturales Protegidas Federales den cumplimiento a este compromiso internacional que, a través de los procesos ecológicos de los humedales, brinda beneficios a todos los mexicanos.

Para corroborar la incidencia de las áreas de estudio respecto a humedales de importancia internacional, se procedió a georreferenciar el sistema ambiental (SA), el sitio del proyecto y su área de influencia, respecto al mapa de **Sitios RAMSAR de México**. Al respecto, se determina que el SA colinda en su extremo suroeste con **Marismas Nacionales**; el sitio del proyecto se localiza a más de **6.5 kilómetros suroeste** de dicho sitio.

**1. Ubicación, jerarquía y delimitación legal.**

Marismas Nacionales fue inscrito en la Lista Ramsar como **Sitio N.° 732** el **22 de junio de 1995**; abarca **200 000 ha** entre los 22°08' N – 21°32' N y 105°15' W – 105°50' W, en la costa sur de Sinaloa y norte de Nayarit.

Desde el **12 de mayo de 2010** parte de su sector nayarita (133 854 ha) quedó, además, bajo la categoría federal de **Reserva de la Biosfera "Marismas Nacionales Nayarit".**

El sitio es igualmente reconocido como Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA) y forma parte de la **Western Hemisphere Shorebird Reserve Network (WHSRN) por** sostener concentraciones > 200 000 aves playeras en un solo conteo

**2. Rasgos ecológicos y funciones hidrológicas.**

**2.1 Complejo de humedales.**

Marismas Nacionales integra una red de lagunas costeras salobres, estuarios, pantanos intermareales y el **complejo de manglares más extenso del Pacífico mexicano (≈ 113 000 ha; 15-20 % del total nacional).**

Está alimentado por siete ríos —entre ellos el **San Pedro y el Bejuco**, vinculados hidrológicamente al proyecto— que descargan agua dulce, nutrientes y sedimentos hacia las marismas.

**2.2 Biodiversidad clave.**

- **60 especies de vertebrados amenazados y 51 endemismos**, 36 de ellos aves.
- Registros regulares > 20 000 aves acuáticas y conteos invernales de hasta **100 000 individuos migratorios** (criterios 4 y 5 de Ramsar).

- Entre los mamíferos figuran el **jaguar (*Panthera onca*)** y el **venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*).**
- Los manglares dominantes son ***Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans*** y ***Conocarpus erectus*.**

**2.3 Servicios ecosistémicos.**

El humedal provee control de inundaciones, amortiguamiento de tormentas, captura de carbono, pesca y acuacultura artesanal, así como recarga-descarga del acuífero costero (San Pedro-Tuxpan).

**IV.2.2.3.3. Humedales de la República Mexicana.**

En el ámbito nacional, en el marco de la Ley de Aguas Nacionales Artículo 86 Bis 1 fracciones I,II,III,IV y V 1992 reformada DOF 29-04-2004, a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) le compete llevar y mantener el Inventario Nacional de Humedales (INH), así como delimitarlos, clasificarlos, proponer las normas para su protección, restauración y aprovechamiento, promover y, en su caso, realizar las acciones y medidas necesarias para rehabilitar o restaurar los humedales, así como para fijar un entorno natural o perímetro de protección de la zona húmeda, a efecto de preservar sus condiciones hidrológicas y el ecosistema.

La definición de humedales en la que se basa el Inventario Nacional de Humedales de México (INH-Mex), está dada en el Artículo 3. Fracción XXX de la Ley de Aguas Nacionales (LAN): *Las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénagas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional; las áreas en donde el suelo es predominantemente hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos por la descarga natural de acuíferos*.

En este contexto actualmente la CONAGUA cuenta con el mapa del Inventario Nacional de Humedales, el cual cuenta con información sistematizada que permite ubicar, identificar y tipificar los objetos que lo conforman, en este caso los humedales, por lo que el producto del inventario son mapas que muestran la ubicación, tamaño, forma y tipo de humedales en una localidad geográfica, así como la superficie cubierta por cada tipo de humedal. De esta manera, el inventario auxilia en el desarrollo e implementación de las políticas que giran alrededor de dichos sistemas.

Para corroborar la existencia de humedales dentro del Sistema Ambiental (SA) se procedió a georreferenciar el sistema ambiental (SA), el sitio del proyecto y su área de influencia, respecto al mapa de **Humedales de México**; al respecto, se identificó un **humedal fluvial (suelo-agua)** a **805 m noreste** del sitio del proyecto.

Los humedales fluviales (también denominados **riverine wetlands**) comprenden “todas las zonas húmedas y hábitats de aguas profundas contenidos dentro de un canal, excepto aquellos dominados por vegetación leñosa o afectados por sales marinas”. Se trata de hábitats naturales, con agua en movimiento periódico o continuo que conectan dos cuerpos de agua estancada o el tramo alto y bajo de un mismo río. Dentro del marco hidrogeomórfico, se definen como las unidades situadas en corredores ribereños y planicies de inundación donde la

fuente de agua principal es el desbordamiento del cauce o el flujo subsuperficial estrechamente acoplado al propio río.

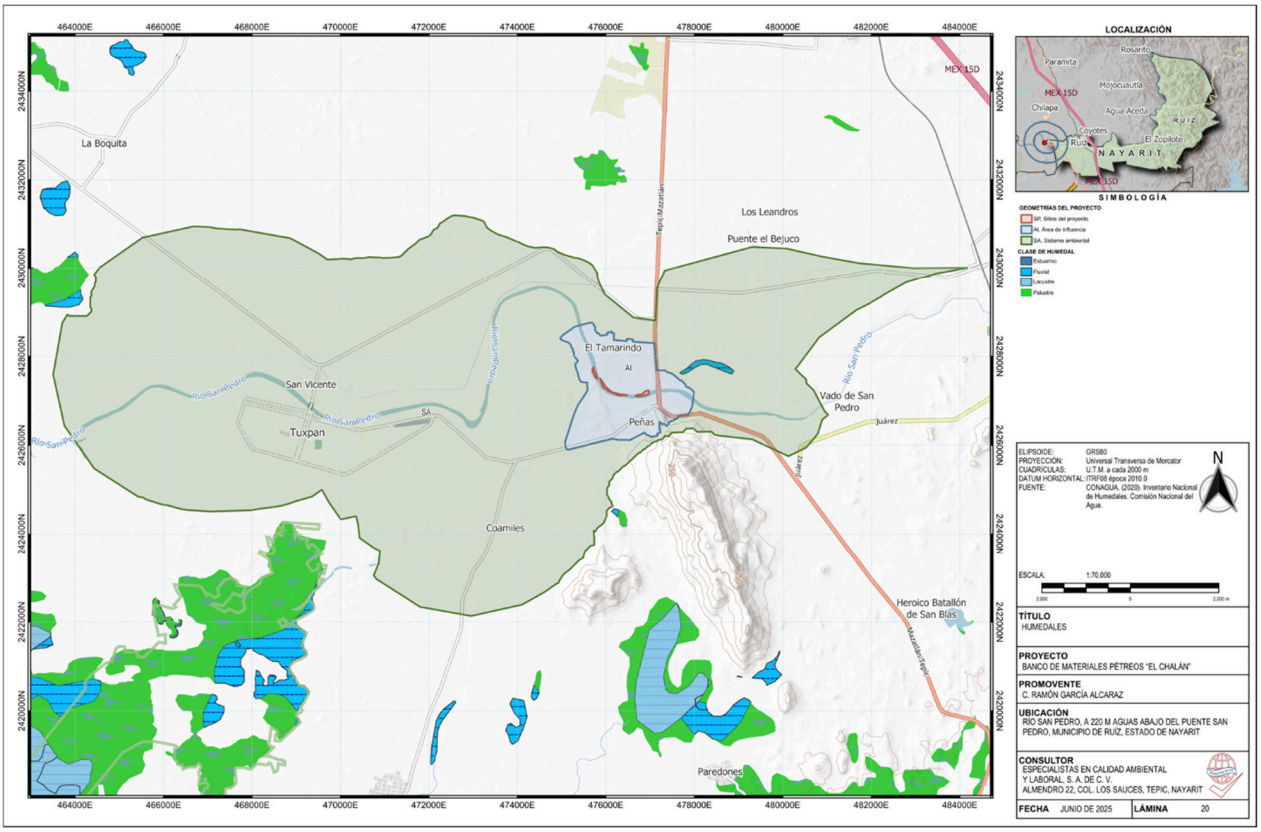



**Lámina IV.17.** Geolocalización de las áreas de estudio respecto a los Humedales de la República Mexicana.

Fuente: CONAGUA. 2020. Humedales de la República Mexicana. Inventario Nacional de Humedales. Comisión Nacional del Agua.
Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

Rasgos hidrogeomorfológicos clave:

- **Fuente hídrica**: avenidas del río, agua subsuperficial intercambiada por la zona hiporreica y, en menor grado, precipitación directa.
- **Hidroperiodo**: desde inundaciones breves (eventos de crecida) hasta anegamiento prolongado en brazos abandonados y meandros vivos; la lámina de agua puede variar de horas a meses según el régimen fluvial y el clima.
- **Sustrato y dinámica sedimentaria**: gravas, arenas y limos de litología aluvial; alta tasa de renovación por erosión-deposición lateral y vertical.
- **Gradiente hidráulico**: influido por la pendiente del cauce y la conexión con el acuífero ribereño; controles directos sobre la oxigenación, la exportación de nutrientes y la temperatura del agua

Funciones ecosistémicas y servicios ambientales:

- **Regulación hidrológica**: moderan las crecidas al almacenar parte del caudal pico y liberarlo lentamente aguas abajo.
- **Ciclo biogeoquímico**: actúan como reactores naturales que transforman y retienen nitrógeno y fósforo, reduciendo la eutrofización río abajo.
- **Conectividad ecológica**: sirven de corredores para peces migratorios, macroinvertebrados y propágulos vegetales entre el cauce principal y humedales adyacentes.
- **Hábitat de alta diversidad**: cobijan mosaicos de comunidades ribereñas, bosques inundables y pastizales palustres con elevada productividad primaria

### IV.2.2.3.4. Regiones terrestres prioritarias de México.

Esta regionalización incluye la identificación de sitios con un alto valor de biodiversidad en los ambientes terrestres del país, utilizando diversos criterios para su determinación, entre los que se encuentran: los de tipo biológico; de amenaza para el mantenimiento de la biodiversidad; de oportunidad para su conservación (Arriaga *et al*, 2000).

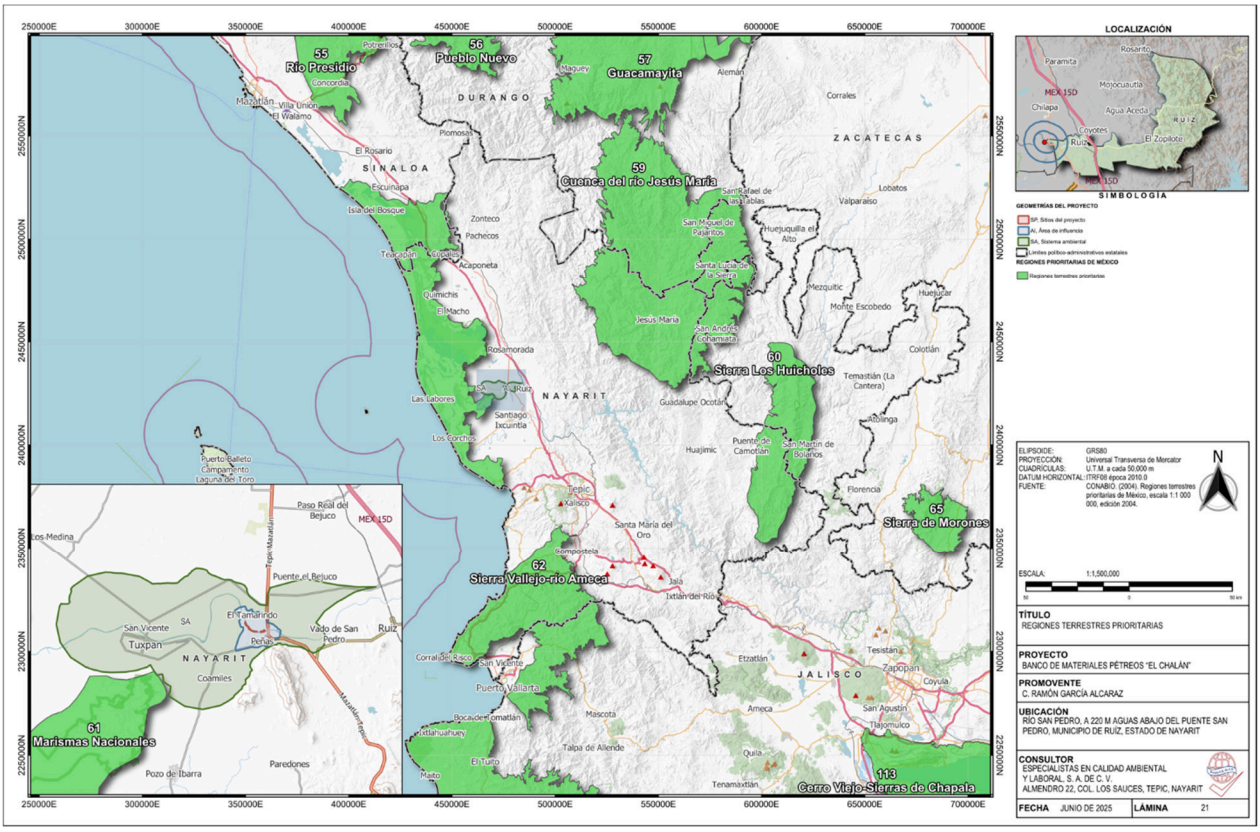



**Lámina IV.18.** Geolocalización de las áreas de estudio respecto a las Regiones Terrestres Prioritarias de México.

Fuente: CONABIO. (2004). Regiones Terrestres Prioritarias. Escala 1:1000000. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

Las RTPS, tienen como objetivo general la determinación de unidades estables desde el punto de vista ambiental en la parte continental del territorio nacional, que destaquen la presencia de una riqueza ecosistémica y específica comparativamente mayor que en el resto del país, así como una integridad ecológica funcional significativa y donde, además, se tenga una oportunidad real de conservación.

Para el estado de Nayarit se identificaron cuatro regiones de relevancia ecológica: Cuenca del río Jesús María (RTP-59), Sierra Los Huicholes (RTP-60), Marismas Nacionales (RTP-61) y Sierra Vallejo-Río Ameca (RTP-62). Al respecto, se determina que el sistema ambiental colinda en su extremo suroeste con **Marismas Nacionales**; el sitio del proyecto se localiza a más de **6.5 kilómetros suroeste** de dicho sitio.

Marismas Nacionales es una región de importancia para la conservación porque se presenta una alta concentración de aves acuáticas y semiacuáticas residentes y migratorias. Posee fragmentos extensos de manglar bien conservado en la vertiente del Pacífico. Es un área importante de endemismos para vertebrados e insectos. Se considera como una de las extensiones mejor conservadas de manglar en el Pacífico mexicano. Se delimita principalmente con las áreas de manglar y cuerpos de agua, hasta comunidades halófilas y de selvas bajas con diferentes grados de perturbación, que se consideran hábitats asociados a los manglares.

**Tabla IV.25.** Valoración de aspectos bióticos de la región para la conservación.

| Aspecto biótico | Valor para la conservación |
|---|---|
| *Integridad ecológica funcional:*<br>En algunos sitios selectos existe una alta integridad ecológica, en otros es muy baja o nula. | 3 (medio) |
| *Función como corredor biológico:*<br>Por presentar continuidad en la vegetación de manglares. | 1 (bajo) |
| *Fenómenos naturales extraordinarios:*<br>Concentración de aves acuáticas residentes y migratorias. | 1 (poco importante) |
| *Presencia de endemismos:*<br>Principalmente aves y plantas. | 2 (medio) |
| *Riqueza específica:*<br>Principalmente para vertebrados y plantas. | 2 (medio) |
| *Función como centro de origen y diversificación natural:*<br>Información no disponible. | 0 (no se conoce) |

**Tabla IV.26.** Valoración de aspectos antropogénicos de la región para la conservación.

| Aspecto antropogénico | Valor para la conservación |
|---|---|
| *Función como centro de domesticación o mantenimiento de especies útiles:*<br>Información no disponible. | 0 (no se conoce) |
| *Pérdida de superficie original:*<br>En fechas recientes han desaparecido grandes extensiones de vegetación original, principalmente al sur de Sinaloa. | 3 (alto) |

| | |
|---|---|
| *Nivel de fragmentación de la región:*<br>Principalmente en el área de manglar que ha sido abierta para agricultura de temporal, hacia la costa, y agricultura de riego hacia el interior. | 3 (alto) |
| *Cambios en la densidad poblacional:*<br>La población no ha sufrido cambios significativos a nivel regional. | 1 (estable) |
| *Presión sobre especies clave:*<br>Uso del mangle para el cultivo de moluscos. Presión sobre uso del suelo para cambio hacia acuacultura. | 1 (bajo) |
| *Concentración de especies en riesgo:*<br>Manglares y aves residentes y migratorias. | 2 (medio) |
| *Prácticas de manejo inadecuado:*<br>Destrucción del manglar y desecación de humedales. Caza de aves que se alimentan de los productos de las granjas camaroneras. | 3 (alto) |

Referente a los aspectos antropogénicos, la problemática ambiental detectada hace referencia a la destrucción del manglar, la desecación de humedales para potreros y el desarrollo no planificado para el cultivo de camarón en gran escala.

**Tabla IV.27.** Valoración de aspectos antropogénicos de la región para la conservación.

| Aspecto antropogénico | Valor para la conservación |
|---|---|
| *Proporción del área bajo algún tipo de manejo adecuado:*<br>Información no disponible | 0 (no se conoce) |
| *Importancia de los servicios ambientales:*<br>Información no disponible | 0 (no se conoce) |
| *Presencia de grupos organizados:*<br>De los investigadores que han generado información para la región destacan: P. Escalante (IB-UNAM); M. Cervantes (Oficina RAMSAR); F. Flores (ICMyL-UNAM). | 2 (medio) |

*Políticas de conservación:*
De las instituciones que realizan actividades de conservación destacan:

- RAMSAR en México para la conservación de humedales para aves.
- La UAS tiene, proyectos de investigación sobre la dinámica de humedales.
- ICMyL-UNAM Mazatlán.
- El área de Mexcaltitán está propuesta como ANP

En el siguiente enlace se encuentra información de la ficha técnica de la RTP-61:

- https://bit.ly/44W7EQu

El estudio de la ficha técnica de la RTP-61 aportó información técnica para la caracterización biótica y abiótica de los ecosistemas, además de su interacción con el medio socioeconómico, favoreciendo el trabajo de diagnóstico del estado cero del sistema ambiental.

Si bien, la declaratoria de las regiones terrestres prioritarias como áreas de importancia ambiental de México es de carácter inductivo para particulares, nos permite conocer el estado del entorno y la posible incidencia del proyecto sobre este, aportando herramientas sostenidas al momento de realizar la evaluación de los impactos ambientales del proyecto.

### IV.2.2.3.5. Regiones hidrológicas prioritarias de México.

Esta regionalización se hizo con base en dos talleres realizados en 1998 en los que participaron 48 especialistas – provenientes de 38 instituciones - sobre diversos temas.

Los criterios, basados en aspectos de biodiversidad, fueron muy similares a los reportados para la regionalización marina en relación con el valor ambiental de recursos bióticos y abióticos, con el valor económico, así como con los riesgos y amenazas a los que están sujetas las diversas cuencas hidrológicas, aunque estos se adecuaron para los grupos biológicos que se presentan en ambientes limnológicos, a las características físicas y químicas de los cuerpos de agua epicontinentales, así como a los ecosistemas incluidos en toda la cuenca hidrográfica, desde el parteaguas hasta las zonas costeras (Arriaga et al. 2000a).

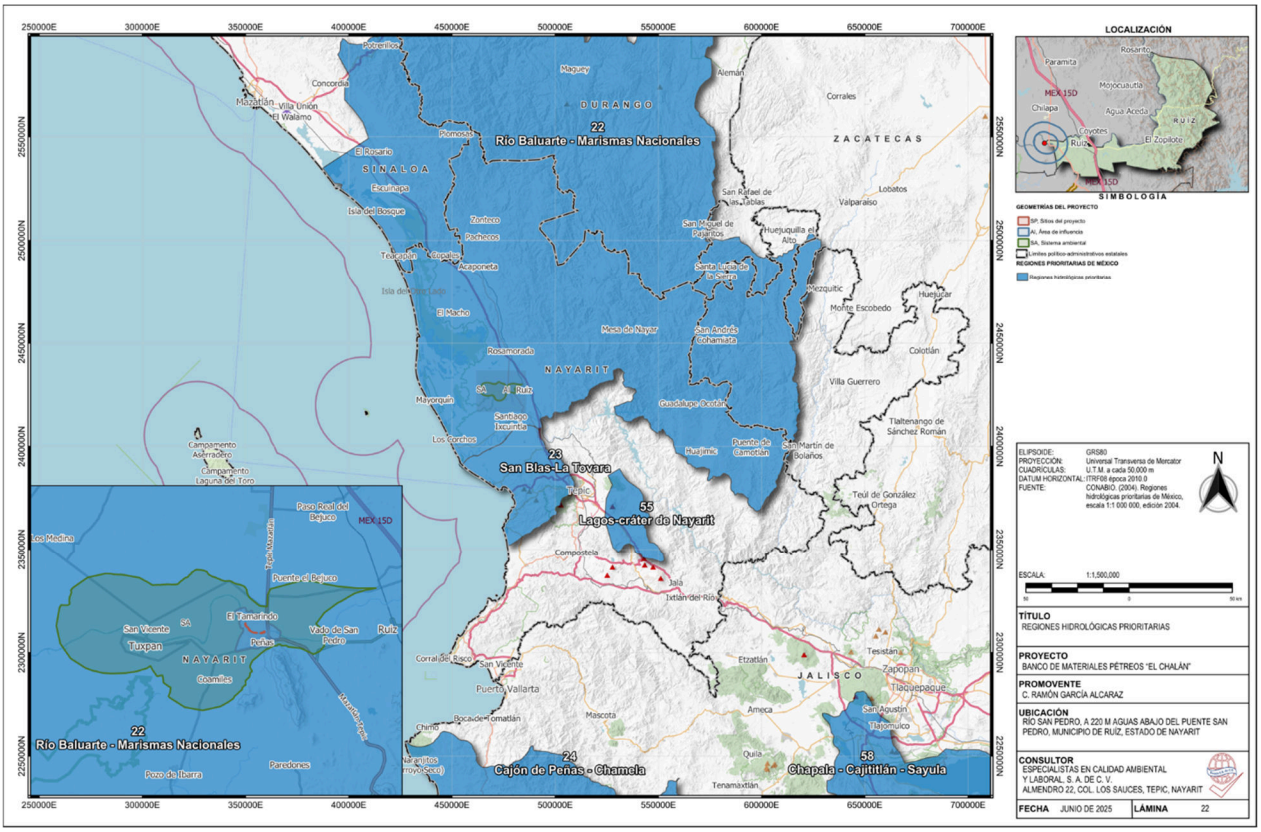



**Lámina IV.19.** Geolocalización de las áreas de estudio respecto a las Regiones Hidrológicas Prioritarias de México.

Fuente: Arriaga, L., V. Aguilar y J. Alcocer. (2002). Aguas Continentales y diversidad biológica de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Escala 1: 4000 000. México.

Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

Se delimitaron 110 regiones hidrológicas en un área de 777,248 km$^2$ de las principales cuencas hidrográficas del país. Las áreas con la mayor concentración y extensión geográfica de regiones hidrológicas prioritarias se encuentran a lo largo de la Sierra Madre Occidental y en las cuencas aluviales del norte del país.

Para el estado de Nayarit se identificaron tres regiones hidrológicas de relevancia ecológica: Río Baluarte-Marismas Nacionales (RHP-22), San Blas-La Tovara (RHP-23) y Lagos-Cráter de Nayarit (RHP-55); la totalidad de la superficie del sistema ambiental presenta incidencia con la RHP-22 (lámina IV.19).

**Actividad económica principal**: minería, turismo, pesca, agricultura de humedad, de temporal y de riego, apicultura, acuicultura (camaronicultura principalmente, moluscos, crustáceos y peces) y ganadería

**Aspectos económicos**: recursos mineros (plata, cobre, zinc, estaño y manganeso); empacadora de mariscos y pesquerías de camarón blanco *Penaeus vannamei* principalmente (cerca de 15 mil tons). Otras especies comerciales de peces son la carpa común *Cyprinus carpio*, el pargo rojo *Lutjanus peru*, la lisa cabezona *Mugil cephalus*, la tilapia azul *Oreochromis aureus*, los moluscos *Crassostrea corteziensis* y *Megapitaria sp.*, los crustáceos *Macrobrachium americanum*, *M. occidentale*, *M. rosenbergii*, *M. tenellum* y *Cambarellus (Cambarellus) montezumae*. Nayar es una zona pesquera importante de peces como la mojarra *Cichlasoma beani*, la carpa común *Cyprinus carpio*, la tilapia azul *Oreochromis aureus* y los langostinos *Macrobrachium acanthochirus* y *M. rosenbergii*. Como recurso estratégico se tiene a la energía hidroeléctrica y productos agrícolas (beneficiadoras de tabaco e ingenios azucareros).

**Problemática:**

- **Modificación del entorno**: por la infraestructura minera, desforestación con fines agrícolas, construcción de presas y canales, desecación de cuerpos de agua para camaronicultura, desviación de corrientes superficiales y abastecimiento de agua. Deterioro del cauce de los ríos por la presa de Aguamilpa. Construcción de caminos.
- **Contaminación**: por aguas negras, agroquímicos, pesticidas y metales pesados.
- **Uso de recursos**: extracción de agua para agricultura y acuicultura. Especies introducidas: la tilapia azul Oreochromis aureus, la carpa dorada Carassius auratus, la carpa común Cyprinus carpio, el bagre de canal Ictalurus punctatus y el crustáceo Macrobrachium rosenbergii. Violación de vedas. Introducción de ganado caprino. Cacería ilegal e introducción de especies exóticas en los ranchos cinegéticos.

**Conservación**: se propone: conservación de humedales, no a la apertura de bocas, manejo de agua balanceado, control de agroquímicos, plantas de tratamiento de aguas residuales, control de granjas acuícolas, no a la desviación de lóticos y control del turismo. Existen áreas de reproducción de cocodrilos que deben protegerse, así como áreas de manglar en barras arenosas, las islas de Palmar y Puerto Palapares. Hacen falta estudios de endemismos y de biodiversidad en general. No se tiene información de las reservas de aguas subterráneas existentes. La presa de Aguamilpa ha propiciado el crecimiento de especies exóticas que pueden llegar a las partes no alteradas. La urbanización y contaminación por motores ya está afectando la parte baja. Se desconoce la hidrología básica de los ríos; asimismo, el inventario biótico está incompleto. Comprende parte de la Reserva de la Biosfera La Michilía. La Convención de

Ramsar considera a las Marismas Nacionales como el área de manglares más grande del Pacífico Mexicano y de importancia por el número de endemismos en cuanto a su flora y fauna, así como por sus aves migratorias.

En el siguiente enlace se encuentra información de la ficha técnica de la RTP-22:

- http://bit.ly/44DacVm

El estudio de la ficha técnica de la RTP-22 aportó información técnica para la caracterización biótica y abiótica de los ecosistemas, además de su interacción con el medio socioeconómico, favoreciendo el trabajo de diagnóstico del estado cero del sistema ambiental.

Si bien, la declaratoria de las regiones hidrológicas prioritarias como áreas de importancia ambiental de México es de carácter inductivo para particulares, nos permite conocer el estado del entorno y la posible incidencia del proyecto sobre este, aportando herramientas sostenidas al momento de realizar la evaluación de los impactos ambientales del proyecto.

### IV.2.2.3.6. Regiones marinas prioritarias de México.

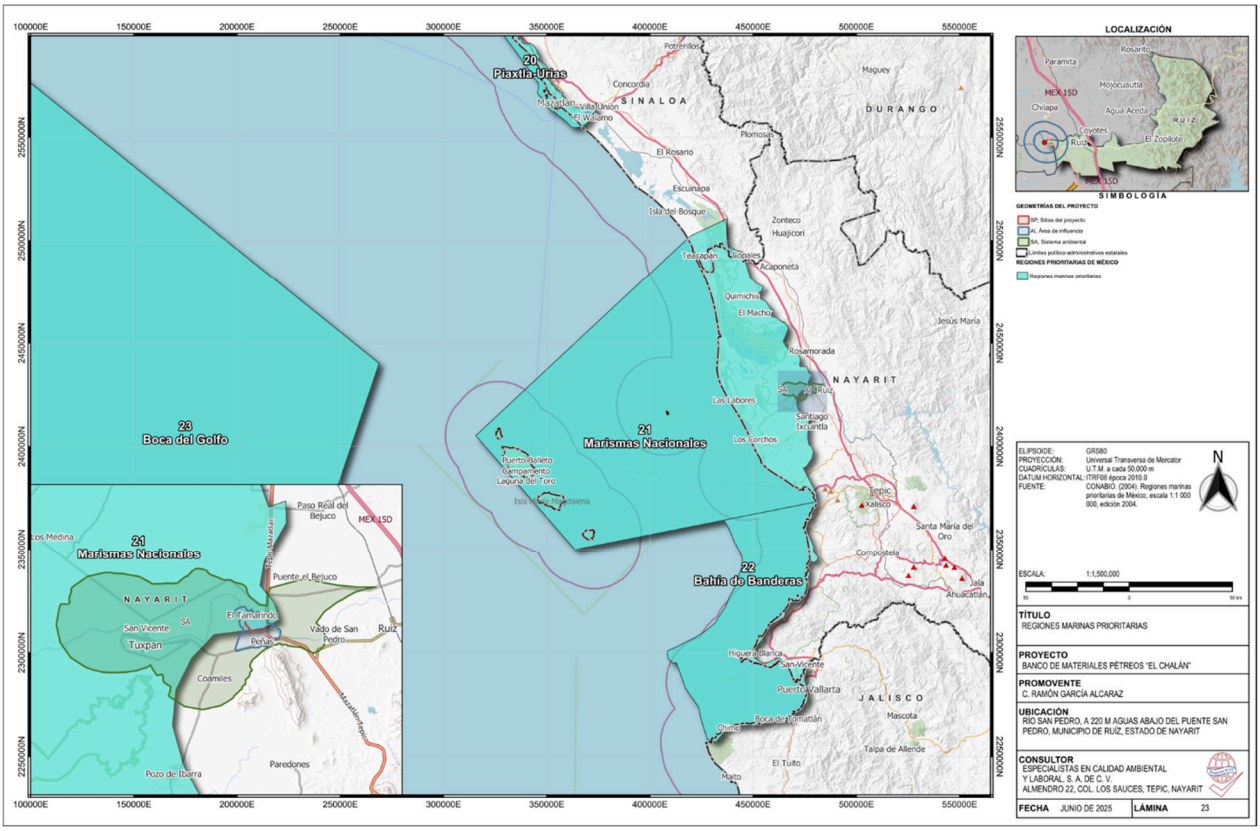



**Lámina IV.20.** Geolocalización de las áreas de estudio respecto a las Regiones Marinas Prioritarias de México.

Fuente: CONABIO (1998). Regiones Marinas Prioritarias de México. Escala 1:4000000. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Financiado por -USAID-Packard Foundation-CONABIO-WWF-FMCN.

Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

Esta regionalización se hizo con la participación de expertos del sector académico, gubernamental, privado, social y de organizaciones no gubernamentales dedicadas a la conservación. La delimitación de las regiones marinas prioritarias se obtuvo con base en dos talleres multidisciplinarios que se realizaron en 1998, en los que participaron 78 expertos pertenecientes a 42 instituciones nacionales y del extranjero.

Los criterios ambientales (medio biótico y abiótico) fueron prácticamente los mismos que en la regionalización terrestre, aunque incluyeron algunas variantes: 1] integridad ecológica funcional; 2] diversidad de hábitat; 3] endemismo; 4] riqueza de especies; 5] especies indicadoras; y dos criterios más específicos de los ambientes marinos: 6] zonas de migración, crecimiento, reproducción o refugio, y 7] procesos oceánicos relevantes (e.g., transporte de Ek-Ekman, turbulencia, concentración, retención y enriquecimiento, que se asocian a sitios de reproducción, alimentación, crecimiento, entre otros).

El resultado de esta regionalización fue 70 RHP que comprenden una superficie de 1'378,620 km$^2$ de las zonas costeras y oceánicas incluidas en la zona económica exclusiva. Estas regiones se encuentran repartidas en ambas costas del país de manera diferencial: 43 en el Pacífico y 27 en el Golfo de México-Mar Caribe.

Para el estado de Nayarit se identificaron dos regiones marinas de relevancia ecológica: Marismas Nacionales (RMP-21) y Bahía de Banderas (RMP-22). Al respecto, se determina que el 65.35% del sistema ambiental, incluido el 44.67% del sitio del proyecto y el 42.47% del área de influencia forman parte de la RMP-21 (lámina IV.20).

**Problemática.**

- **Modificación del entorno**: perturbación a distancia por alteración de cuencas (menor aporte de agua dulce), caminos (discontinuidad del patrón hidrológico), apertura de bocas (mortalidad del manglar). Desarrollo incontrolado de actividades agropecuarias y pesqueras, así como actividades acuícolas desordenadas.
- **Contaminación**: descarga de contaminantes (agroquímicos, pesticidas y metales pesados).
- **Uso de recursos**: presión del sector pesquero sobre tiburones. Cocodrilos en riesgo. Uso de venenos y trampas no selectivas. Introducción de especies exóticas a islas. Falta de alternativas productivas.
- **Desarrollos**: desarrollo urbano, agrícola, acuícola y minero inadecuadamente planeados.

**Conservación.**

- Existen áreas de reproducción de cocodrilos que deben protegerse, así como las áreas de manglar en barras arenosas, las islas de palmar y Puerto Palapares.

En el siguiente enlace se encuentra información de la ficha técnica de la RMP-21:

- https://bit.ly/3nKedDr.

El estudio de la ficha técnica de la RMP-21 aportó información técnica para la caracterización biótica y abiótica de los ecosistemas, además de su interacción con el medio socioeconómico, favoreciendo el trabajo de diagnóstico del estado cero del sistema ambiental.

Si bien, la declaratoria de las regiones marinas prioritarias como áreas de importancia ambiental de México es de carácter inductivo para particulares, nos permite conocer el estado del entorno y la posible incidencia del proyecto sobre este, aportando herramientas sostenidas al momento de realizar la evaluación de los impactos ambientales del proyecto.

### IV.2.2.3.7. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA)

Esta regionalización fue convocada por asociaciones científicas de ornitólogos, el Cipar-mex y BirdLife International, los cuales, por medio del Programa Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves establecido en 1996, han promovido la formación en todo el mundo de una red de sitios importantes para el mantenimiento a largo plazo de poblaciones de aves. La delimitación de las AICA se hizo con base en tres talleres participativos que se realizaron durante 1996, 1997 y 1998 con más de 200 especialistas, en su mayoría ornitólogos.

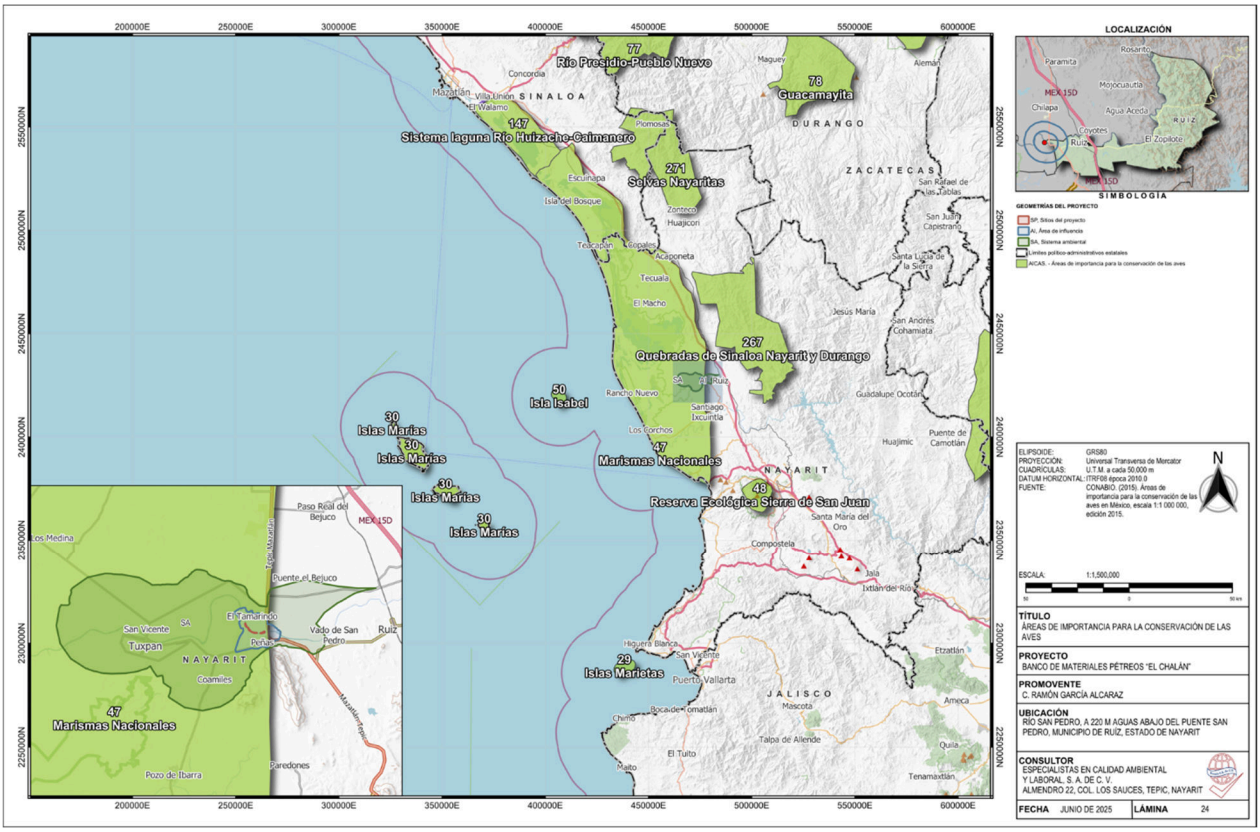



**Lámina IV.21.** Geolocalización de las áreas de estudio respecto a las AICAS.

Fuente: CIPAMEX (CONABIO). (2015). Áreas de importancia para la conservación de las aves, 2015, escala: 1:250000. Sección Mexicana del Consejo Internacional para la Preservación de las Aves. Financiado por CONABIO-FMCN-CCA. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F. México, D.F. Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

Los criterios utilizados que se utilizaron se agrupan en cinco categorías que incluyen: 1] sitios donde se presentan cantidades significativas de especies que se han catalogado como amenazadas, en peligro de extinción, vulnerables o declinando numéricamente; 2] lugares que

mantienen poblaciones locales con rangos de distribución restringido; 3] áreas que mantienen conjuntos de especies restringidos a un bioma o hábitat único o amenazado; 4] zonas que se caracterizan porque presentan congregaciones grandes de individuos; y 5] sitios importantes para la investigación ornitológica.

El resultado de este ejercicio es la asignación de 219 áreas de importancia para la conservación de aves con una cobertura de 309 655 km$^2$. En el Estado de Nayarit se identificaron cinco áreas de importancia para la conservación de las aves: Islas Marietas (AICA-29), Islas Marías (AICA-30), Marismas Nacionales (AICA-47), Reserva Ecológica Sierra del San Juan (AICA-48) e Isla Isabel (AICA-50). Al respecto, se determina que el 83.5% del sistema ambiental, incluido el del sitio del proyecto y el 86.51% del área de influencia, presentan incidencia con el área de aplicación del AICA – 47 (lámina IV.21).

Marismas Nacionales incluye desde San Blas hasta marismas Las Cabras. Se localiza en la costa sur del estado de Sinaloa y la costa norte de Nayarit, en el municipio de Santiago Ixcuintla. Red de lagunas costeras salobres, manglares, pantanos y marismas con siete ríos y corrientes alternas. Se encuentra alimentado por el río Acaponeta y arroyos tributarios, incluyendo el delta del río San Pedro. El clima típico de la llanura costera es el cálido subhúmedo con lluvias en verano o de sabana tropical. Las lluvias son abundantes y rara vez inferiores a los 800 mm anuales.

Es un humedal casi neutral con papel hidrológico, biológico y ecológico, alberga regularmente más de 70,000 aves acuáticas (garzas, patos), 104,000 aves playeras. Se registran 282 especies de aves.

En su ficha técnica respectiva se manifiestan las especificaciones y características ambientales del AICA, mismas que fueron clave para su declaratoria como un área de importancia para la conservación de las aves. El documento aporta información técnica para la caracterización biótica y abiótica de los ecosistemas, favoreciendo el trabajo de diagnóstico del estado cero del sistema ambiental (véase https://bit.ly/3l3FnDj).

La declaratoria de las AICAS es de naturaleza inductiva, sin embargo, esta herramienta contiene una descripción técnica que incluye descripción biótica y abiótica, un listado avifaunístico que incluye las especies registradas en la zona, su abundancia (en forma de categorías) y su estacionalidad en el área.

## IV.2.3. Medio perceptual

### *IV.2.3.1. Base paisajística*

***Distribución espacial de los paisajes físico-geográficos***

En las últimas décadas se ha retomado la idea de que la delimitación de los espacios naturales en unidades homogéneas debe realizarse de manera holística. De esta forma se podrían entender mejor las propiedades, funciones y condiciones que estos sistemas presentan. También se podrían evaluar e identificar muchos de los servicios ambientales que estos brindan al ser humano (Priego-Santander et al., 2003; Termorshuizen & Opdam, 2009). La ecología del paisaje, con sus diferentes escuelas, pretende ser ese instrumento integrador que permite, a partir de un enfoque interdisciplinario, la solución al enfrentarse a la heterogeneidad espacial

de los paisajes. Una de las escuelas más antiguas, que es la Geografía Física Compleja o Geografía del Paisaje, basada en contribuciones de V.V. Dokuchaev y A. Humbolt (Mateo, 2002), tiene como metas principales el conocimiento de la génesis y estructura para la comprensión de la evolución y dinámica de los paisajes (Bocco et al., 2010). A partir de este enfoque, el arreglo geográfico de los paisajes está constituido por una tipología que permite clasificarlos por niveles jerárquicos, relacionados entre sí por parámetros o variables descriptivas esenciales de los paisajes (Priego-Santander et al., 2010).

Esta tipificación del paisaje, que permite la delimitación de unidades espaciales homogéneas, es útil para realizar diferentes tipos de análisis en el territorio. Muchos estudios utilizan este tipo de caracterización territorial para la planificación y manejo del paisaje (Palacio, 2006), predicción y relación con la biodiversidad (Priego-Santander et al., 2013), evaluaciones de degradación de los ambientes naturales (Mathews, 2008), entre otros. Los paisajes costeros, al constituirse en zonas terminales de las cuencas hidrográficas y encontrarse en zonas de transición entre la parte terrestre y marina, presentan una dinámica muy particular en comparación con otros ambientes. Es importante mencionar que para la evaluación de muchos procesos costeros es necesario, no solamente la delimitación espacial de unidades terrestres o marinas, sino también la definición de fronteras y delineación de unidades donde interactúan los componentes del ambiente costero (Palacio, 2006). En estos paisajes, generalmente planos, la parte hidrológica expresada en la periodicidad de inundación, se vuelve un factor de diferenciación ecológica muy importante (Priego-Santander et al., 2010).

Este apartado retoma los trabajos de Priego Santander y colaboradores (2012), quienes elaboraron un mapa que ofrece la distribución espacial de los paisajes físico-geográficos de México a escala 1:500,000. La leyenda incluye la definición de los geocomplejos en cinco niveles taxonómicos tipológicos de nivel regional; clase, subclase, grupo, subgrupo y especies de paisajes. En las unidades inferiores, se identificaron 99 subgrupos y 819 especies de paisajes físico-geográficos, para todo el territorio nacional. El objetivo del trabajo fue realizar el levantamiento, clasificación y cartografía de los paisajes físico-geográficos de México a escala 1:500,000, como base para conocer las peculiaridades de la distribución espacial de los geosistemas del territorio nacional.

De la sobreposición de las geometrías del proyecto con el insumo referido se generó la lámina IV.22, misma que muestra la distribución espacial de las unidades de paisaje presentes en el sistema ambiental. Al respecto, se determina que para el área general de estudio existen tres unidades de paisaje, distribuidas en dos grupos, pertenecientes a una subclase y clase, según los niveles taxonómicos propuestos por Priego et al., 2012 (véase tabla IV.28).

La unidad de paisaje es la mínima unidad cartografiable que permite representar espacialmente los principales componentes de un ecosistema (estructural y espacialmente). El enfoque que permite su definición, estudio, análisis y predicción es la *geoecología o ecología* del paisaje (Naveh y Lieberman, 1993).

Estas premisas reconocen que el paisaje así considerado está compuesto por dos grandes componentes. Uno físico, que describe la secuencia sobre el territorio del conjunto *roca-relieve-suelo*, cuya tasa de cambio en el tiempo es baja o muy baja. El otro, que describe el *dominio bioclimático* y de *uso del suelo*, en cambio, se caracteriza por su gran dinamismo a varias escalas temporales.

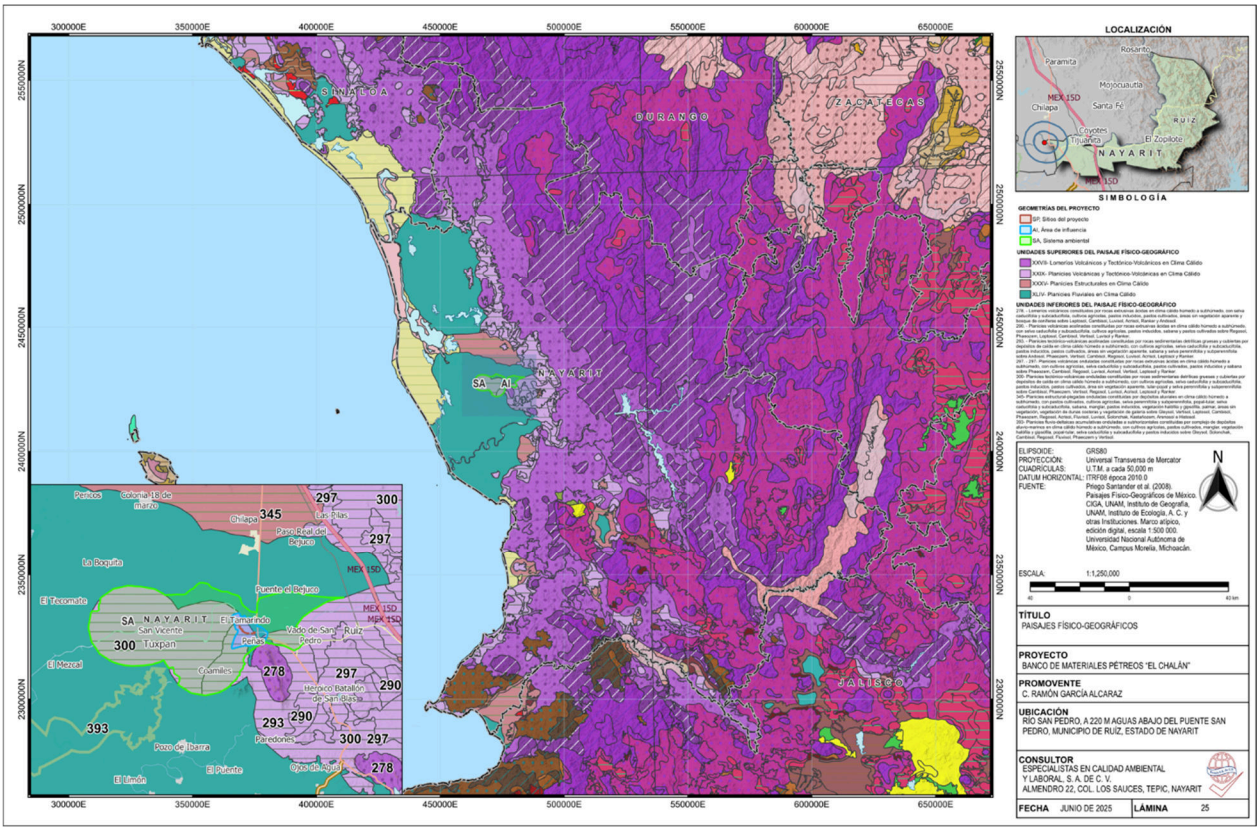



**Lámina IV.22.** Paisajes físico-geográficos de las áreas de estudio del proyecto.

Fuente: Priego Santander, A. G., Bocco Verdinelli, G., Palacio Prieto, J. L., Velázquez Montes, A., Ortiz Pérez, M. A., Hernández Santana, J. R., Geissert Kientz, D., Isunza Vera, E., Bollo Manent, M., Granados Oliva, A., Troche Souza, C., Bautista Zúñiga, F., Rojas Villalobos, H. L. y A. Gerardo Palacio (2008): Paisajes Físico-Geográficos de México. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM, Instituto de Geografía, UNAM, Instituto de Ecología, A.C., Consultora para el Desarrollo Rural y Ordenamiento Ambiental, S.A. de C.V, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Universidad Autónoma de San Luís Potosí. Marco atípico, edición digital, escala 1:500 000. Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia, Michoacán.

Nota: Vista previa, véase lámina en apartado anexos.

El sistema ambiental pertenece a la subclase "*Montañas, lomeríos, piedemontes y planicies en climas cálidos húmedos*", encontrándose integrada por planicies volcánicas, tectónico-volcánicas y fluviales en clima cálido. Las tres unidades de paisaje que integran la subclase se muestran en la tabla IV.28.

**Tabla IV.28.** Niveles taxonómicos de los geocomplejos presentes en las áreas de estudio del proyecto.

| Clase | *Subclase* | Grupo | Unidad de paisaje |
|---|---|---|---|
| **A- Montañas, lomeríos, piedemontes y planicies en climas húmedos.** | | | |
| | ***A.3- Montañas, lomeríos, piedemontes y planicies en climas cálidos húmedos.*** | | |
| | | *XXIX- Planicies volcánicas y tectónico-volcánicas en clima cálido.* | |
| | | | 293- Planicies tectónico-volcánicas acolinadas constituidas por rocas sedimentarias detríticas gruesas y cubiertas por depósitos de caída en clima cálido húmedo a subhúmedo, con cultivos agrícolas, selva caducifolia y subcaducifolia, pastos inducidos, pastos cultivados, áreas sin vegetación aparente, sabana y selva perennifolia y subperennifolia sobre Andosol, Phaeozem, Vertisol, Cambisol, Regosol, Luvisol, Acrisol, Leptosol y Ranker. |

| Clase | *Subclase* | Grupo | Unidad de paisaje |
|---|---|---|---|
| 300- Planicies tectónico-volcánicas onduladas constituidas por rocas sedimentarias detríticas gruesas y cubiertas por depósitos de caída en clima cálido húmedo a subhúmedo, con cultivos agrícolas, selva caducifolia y subcaducifolia, pastos inducidos, pastos cultivados, área sin vegetación aparente, tular-popal y selva perennifolia y subperennifolia sobre Cambisol, Phaeozem, Vertisol, Regosol, Luvisol, Acrisol, Leptosol y Ranker. | | | |
| *XLIV- Planicies Fluviales en Clima Cálido.* | | | |
| 393- Planicies fluvio-deltaicas acumulativas onduladas a subhorizontales constituidas por complejo de depósitos aluvio-marinos en clima cálido húmedo a subhúmedo, con cultivos agrícolas, pastos cultivados, manglar, vegetación halófila y gipsófila, popal-tular, selva caducifolia y subcaducifolia y pastos inducidos sobre Gleysol, Solonchak, Cambisol, Regosol, Fluvisol, Phaeozem y Vertisol. | | | |

Fuente: Priego Santander, A. G., Bocco Verdinelli, G., Palacio Prieto, J. L., Velázquez Montes, A., Ortiz Pérez, M. A., Hernández Santana, J. R., Geissert Kientz, D., Isunza Vera, E., Bollo Manent, M., Granados Oliva, A., Troche Souza, C., Bautista Zúñiga, F., Rojas Villalobos, H. L. y A. Gerardo Palacio (2008): Paisajes Físico-Geográficos de México. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM, Instituto de Geografía, UNAM, Instituto de Ecología, A.C., Consultora para el Desarrollo Rural y Ordenamiento Ambiental, S.A. de C.V, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Universidad Autónoma de San Luís Potosí. Marco atípico, edición digital, escala 1:500 000. Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia, Michoacán.

La Unidad de Paisaje (UP) predominante del Sistema Ambiental (SA) es la UP No. 300, que ocupa el 61.86% del SA; en segundo lugar, la UP No. 393 y, en tercer lugar, la UP No. 293. A razón de lo anterior se determina que el grupo XXIX, denominado "*Planicies volcánicas y tectónico-volcánicas en clima cálido*" dominan el paisaje regional del SA.

**Tabla IV.29.** Unidades de paisaje físico-geográfico del sistema ambiental.

| Clase | Subclase | Grupo | Unidad de paisaje | Superficie (km²) | Porcentaje |
|---|---|---|---|---|---|
| A | A.3 | XXIX | 293 | 16.86 | 16.46 |
| | | | 300 | 63.38 | 61.86 |
| | | XLIV | 393 | 22.21 | 21.68 |

Fuente: Priego Santander, A. G., Bocco Verdinelli, G., Palacio Prieto, J. L., Velázquez Montes, A., Ortiz Pérez, M. A., Hernández Santana, J. R., Geissert Kientz, D., Isunza Vera, E., Bollo Manent, M., Granados Oliva, A., Troche Souza, C., Bautista Zúñiga, F., Rojas Villalobos, H. L. y A. Gerardo Palacio (2008): Paisajes Físico-Geográficos de México. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM, Instituto de Geografía, UNAM, Instituto de Ecología, A.C., Consultora para el Desarrollo Rural y Ordenamiento Ambiental, S.A. de C.V, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Universidad Autónoma de San Luís Potosí. Marco atípico, edición digital, escala 1:500 000. Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia, Michoacán.

Con relación al área de influencia, la geometría definida para tal fin muestra incidencia con las mismas tres Unidades de Paisaje (UP) antes referidas. Siendo la más representativa por extensión en superficie la UP No. 293 (60.77%), en segundo lugar, la UP No. 393 (32.29%) y por último la UP No. 300 (6.95%), todas citadas en el párrafo anterior. A razón de lo anterior, se determina que la UP No. 293 sería la que experimentaría mayor nivel de afectación por las labores del proyecto propuesto, considerando únicamente la extensión en superficie del proyecto.

**Tabla IV.30.** Unidades de paisaje físico-geográfico del área de influencia.

| Clase | Subclase | Grupo | Unidad de paisaje | Superficie (ha) | Porcentaje |
|---|---|---|---|---|---|
| A | A.3 | XXIX | 293 | 314.68 | 60.77 |
| | | | 300 | 35.97 | 6.95 |
| | | XLIV | 393 | 167.19 | 32.29 |

Fuente: Priego Santander, A. G., Bocco Verdinelli, G., Palacio Prieto, J. L., Velázquez Montes, A., Ortiz Pérez, M. A., Hernández Santana, J. R., Geissert Kientz, D., Isunza Vera, E., Bollo Manent, M., Granados Oliva, A., Troche Souza, C., Bautista Zúñiga, F., Rojas Villalobos, H. L. y A. Gerardo Palacio (2008): Paisajes Físico-Geográficos de México. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM, Instituto de Geografía, UNAM, Instituto de Ecología, A.C., Consultora para el Desarrollo Rural y Ordenamiento Ambiental, S.A. de C.V, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Universidad Autónoma de San Luís Potosí. Marco atípico, edición digital, escala 1:500 000. Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia, Michoacán.

### *IV.2.3.2. Intervisibilidad*

#### IV.2.3.2.1. Análisis y descripción de las cuencas visuales.

Las cuencas visuales se analizaron en función de cómo el observador percibe los componentes biofísicos (relieve, suelos y roca, vegetación, clima) y arquitectónicos del paisaje (forma, color, textura, ejes de línea), antes de que se lleven a cabo actividades del proyecto. La descripción de estas cuencas se enfocó a sitios dentro del área de influencia y zonas relevantes como se muestra a continuación.

**Tabla IV.31**. Análisis y descripción de las cuencas visuales.

| Cuenca visual | Descripción |
|---|---|
| A<br>(UP 293) | – **Escenario fisiográfico**. - Superficie suavemente ondulada (relieves de 3-8 m), resultado de la colmatación de antiguas depresiones tectónicas con derrames piroclásticos y gravas detríticas gruesas. El modelado genera lomas redondeadas y ejes visuales amplios que se abren hacia el SW.<br>– **Suelos, color y textura**. - Predominan Andosoles de matriz vítrea muy oscura (marrón a negro) y alta porosidad, que afloran en terrazas labradas recién aradas. En lomeríos intercalados se observan Vertisoles gris-negros con grietas poligonales en la estación seca y Regosoles claros en taludes descubiertos. Estas tonalidades generan un mosaico cromático que contrasta fuertemente con el verde estacional de la cubierta vegetal.<br>– **Vegetación y estacionalidad**. - La matriz agrícola (maíz, sorgo) se intercala con selva baja caducifolia/subcaducifolia, cuyo follaje verde claro se vuelve ocre entre noviembre-abril. Pastizales inducidos y sabanas aportan texturas finas y tonos pajizos; manchas de selva perennifolia resaltan como manchas verdes oscuro en hondonadas húmedas.<br>– **Componentes arquitectónicos**. - *Formas*: Lomas convexas de crestas suaves; texturas: surcos paralelos de labranza y bicicletas de rastrojo; colores: paleta dominada por tierras oscuras, verdes medios y ocres. *Líneas visuales*: Carreteras rectas y canales de riego marcan ejes N-S y E-W que guían la mirada hacia el horizonte volcánico. Dispersos caseríos de techo rojo aportan puntos focales.<br>– **Valor escénico**. - Alta diversidad cromática y de texturas; sensibilidad visual media, pues la actividad agropecuaria ya introdujo elementos antrópicos, pero sin romper la lectura topográfica dominante. |
| B<br>(UP 300) | – **Escenario fisiográfico**. - Ondulaciones más marcadas (relieves 8-20 m) sobre idéntica litología volcanosedimentaria, donde flujos piroclásticos cubren conglomerados detríticos. Las suaves dorsales generan sombras oblicuas al amanecer y atardecer, destacando la textura del terreno.<br>– **Suelos, color y textura**. - Cambisoles pardo-rojizos en laderas cultivadas, Phaeozems muy oscuros en fondos coluviales y Leptosoles claros en crestones erosionados producen fuertes contrastes tonales. Los suelos jóvenes dejan entrever gravas pardas que añaden textura rugosa.<br>– **Vegetación y estacionalidad**. - La misma matriz agrícola convive con parches discontinuos de selva caducifolia; sin embargo, la topografía provoca mayor retención de humedad en hondonadas, favoreciendo tular-popal perenne en depresiones mal drenadas.<br>– **Componentes arquitectónicos**. - *Formas*: Ondas suaves que se repiten; colores: verdes intensos de cultivos irrigados versus marrones claros de barbechos; texturas: alternancia de surcos regulares y hojas anchas de popal. *Líneas visuales*: Caminos trazados en curva siguiendo curvaturas de contorno, reforzando la sensación de ondulación continua.<br>– **Valor escénico**. - Notable plasticidad visual por la interacción de lomas y valles; sensibilidad visual media-alta, ya que la vegetación húmeda de los tulares añade singularidad y refleja luz, atrayendo la atención. |
| C<br>(UP 393) | – **Escenario fisiográfico**. - Superficie casi plana (pendientes < 0.5 %) construida por complejos aluvio-marinos recientes que forman la desembocadura del río San Pedro. Canales meándricos abandonados y albardones generan micro-relieves de 1-2 m. |

| Cuenca visual | Descripción |
|---|---|
| | – **Suelos, color y textura**. - Predominan Fluvisoles grisáceos en levees, Gleysoles oliváceos en depresiones encharcables y Solonchaks blanquecinos con eflorescencias salinas cerca de manglares. Las diferencias de humedad realzan variaciones tonales: brillos plateados en zonas saturadas, marrones mates en albardones.**Vegetación y estacionalidad**. - Dominio agrícola de arroz y pasturas; hacia los esteros aparece manglar (*R. mangle, A. germinans*) de cubierta verde oscura y raíces zancudas visibles. Se intercalan vegetación halófila/gipsófila de matices gris-azulados y popal-tular de cañas verticales verde claro.<br>– **Componentes arquitectónicos**. - *Formas*: Llanura abierta con línea de horizonte baja; texturas: espejos de agua y reflejos en arrozales contrastan con masas densas de manglar; colores: verdes esmeralda, grises y blancos salinos. *Líneas visuales:* Ejes rectilíneos de drenes y bordos agrícolas; sinuosas márgenes del río introducen líneas orgánicas que rompen la geometría.<br>– **Valor escénico**. - Paisaje de gran amplitud visual con alta reflectancia; sensibilidad visual alta-crítica debido a la presencia de humedales Ramsar y a la uniformidad del relieve, donde cualquier estructura vertical se vuelve dominante. |

### IV.2.3.2.2. Calidad escénica o calidad visual.

Para el análisis de la calidad visual del paisaje se utilizó una adaptación del método indirecto propuesto por **Bureau of Land Management (1980)** (Citado por BiiA, 2017), denominado **Matriz para la Evaluación de la Calidad Visual del Paisaje**. Este método se basa en la evaluación de las características visuales básicas (forma, línea, color, textura) de los componentes del paisaje (morfología, vegetación, agua, color, fondo escénico, rareza, actuación humana). Con dicha información se ejecuta una evaluación independiente de los principales componentes del paisaje y en las cualidades intrínsecas del espacio visual, se asigna un valor según los criterios de ordenación y la suma total de estos determina la clase de calidad visual del área en estudio.

Los criterios de valoración y la escala de referencia utilizada se muestran en las tablas siguientes.

**Tabla IV.32.** Criterios de valoración y puntuación para evaluar la calidad visual del paisaje.

| Factores | Calidad del paisaje | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Muy alta | Alta | Media | Baja | Muy baja |
| Geomorfología | Relieve muy montañoso marcado y prominente, con riscos, cañadas, cañones, o bien, relieve de gran variedad superficial o sistema de dunas o presencia de algún rasgo muy singular. Valor= 5 | Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes, pero no dominantes o excepcionales. Valor= 4 | Colinas suaves, fondos de valle planos, poco o ningún detalle singular. Valor= 3 | Relieve suave, pero sin formar un valle en toda su extensión. Se muestran algunas depresiones o formaciones rocosas esporádicamente. Valor= 2 | Relieve muy bajo formando extensas planicies, pero sin depresiones, cañones o cañadas que le agreguen un mayor atractivo visual. Valor= 1 |
| Vegetación | Gran variedad de ecosistemas con especies altamente llamativas, formas, textura y coloración interesantes. Cubierta vegetal sin alteración antrópica. | Uno o más ecosistemas, pero con especies vegetales interesantes visualmente. La cubierta vegetal se muestra aparentemente inalterada. | Solo un tipo de comunidad vegetal, pero con formaciones y crecimiento de las especies vegetales que resultan interesantes visualmente. La cubierta vegetal se muestra | Presencia de uno o varios tipos de ecosistemas con o sin formaciones interesantes en sus especies vegetales, pero con su cubierta vegetal considerablemente alterado. | Ausencia de vegetación autóctona o una gran parte de la superficie visual se encuentra desprovista de vegetación restándole casi en su totalidad la calidad del paisaje. |

| Factores | Calidad del paisaje | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Muy alta | Alta | Media | Baja | Muy baja |
| | | | ligeramente alterada. | | |
| | Valor= 5 | Valor= 4 | Valor= 3 | Valor= 2 | Valor= 1 |
| Fauna | Presencia visual o auditiva de fauna de forma permanente en el lugar. Especies altamente llamativas. Alta riqueza de especies. Valor= 5 | Mediana presencia de fauna con valor visual y auditivo que aumenta la calidad del paisaje. Valor= 4 | Baja abundancia (aunque constante) de fauna llamativa visual o auditivamente. Valor= 3 | Presencia esporádica de fauna en el lugar. Especies poco vistosas, o baja riqueza de especies. Valor= 2 | Ausencia visual o auditiva de fauna de importancia paisajística. Valor= 1 |
| Agua | Elemento que realza considerablemente la calidad visual del paisaje. Puede presentarse como lagunas, lagos, ríos, arroyos, cascadas, etc. El agua se muestra limpia y libre de contaminantes de origen antrópico. Valor= 5 | Elemento que realza medianamente la calidad visual del paisaje. Los cursos o cuerpos de agua no resultan tan espectaculares ni contrastan fuertemente con el resto de los elementos paisajísticos. El agua se muestra limpia y libre de contaminantes de origen antrópico. Valor= 4 | Corrientes o cuerpos de agua de bajo orden (pequeños) que contrastan ligeramente con el paisaje. El agua se muestra limpia. Valor= 3 | Corrientes y/o cuerpos de agua poco contrastantes. Sus aguas se muestran con elementos contaminantes que deterioran la calidad visual y olfativa del paisaje. Valor= 2 | Corrientes o cuerpos de agua ausentes o poco perceptibles. Las aguas se encuentran altamente contaminadas restándole significativamente la calidad visual y olfativa del paisaje. Valor= 1 |
| Color | Combinaciones de color intensas y variadas, o contrastes agradables entre suelo, cielo, vegetación, roca, agua y nieve. Este factor se ve altamente dominante en el paisaje. Valor= 5 | Combinación interesante de colores que agregan un importante valor a la calidad visual del paisaje, pero no se muestra como factor dominante. Valor= 4 | Mediana variedad de colores que contrastan armoniosamente en el paisaje. Valor= 3 | Colores medianamente contrastantes que con poca variedad. Valor= 2 | Pocos colores presentes y de tonalidades apagadas. Muy bajo contraste entre colores. Valor= 1 |
| Fondo escénico | El paisaje circundante ejerce una muy alta influencia positiva a la calidad visual. Valor= 5 | El paisaje circundante ejerce una alta influencia positiva a la calidad visual. Valor= 4 | El paisaje circundante ejerce una mediana influencia positiva a la calidad visual. Valor= 3 | El paisaje circundante ejerce una baja influencia positiva a la calidad visual. Valor= 2 | El paisaje circundante ejerce muy baja influencia positiva a la calidad visual. Valor= 1 |
| Singularidad o rareza | Alta singularidad y rareza a nivel regional. Hay una alta armonía y contraste entre los distintos elementos distintivos del paisaje. Valor= 5 | Algo común en la región. Los elementos característicos del paisaje se tornan medianamente armoniosos. Valor= 4 | Bastante común en la región, aunque a nivel local suele tornarse ligeramente heterogéneo. Valor= 3 | Presenta singularidad solamente a nivel de algunos elementos que componen el paisaje inmediato, pero a nivel regional resulta casi como un paisaje homogéneo. Valor= 2 | No presenta rareza o singularidad a nivel regional. Valor= 1 |
| Acciones humanas | Libre de intervención o modificación humana. | La calidad escénica natural se encuentra modificada | La intervención humana es evidente a simple vista. Los | Los elementos antrópicos resultan abundantes | La calidad del paisaje se ve completamente |

| Factores | Calidad del paisaje | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Muy alta | Alta | Media | Baja | Muy baja |
| | | ligeramente llegando a ser poco perceptible a simple vista. | elementos antrópicos resultan medianamente negativos a la calidad visual. | restándole fuertemente la calidad del paisaje. | dominando por elementos de origen humano que afectan negativamente su valor visual. |
| | Valor= 5 | Valor= 4 | Valor= 3 | Valor= 2 | Valor= 1 |

Para categorizar estos valores se generó una escala de calidad paisajística para calificar las condiciones del área:

**Tabla IV.33.** Clases utilizadas para evaluar la calidad visual.

| Escala de calidad paisajística | |
|---|---|
| Muy alta | 33.6 – 40.0 |
| Alta | 27.2 – 33.5 |
| Media | 20.8 – 27.1 |
| Baja | 14.4 – 20.7 |
| Muy baja | 8.0 – 14.3 |

***Resultados.***

A continuación, se presenta la **Matriz para la Evaluación de la Calidad Visual del Paisaje** (adaptación del método BLM, 1980) aplicada a las tres cuencas visuales delimitadas para el proyecto.

El procedimiento pondera ocho factores de calidad escénica –-los mismos que define el *Visual Resource Inventory* del BLM: geomorfología (land form), vegetación, fauna (wildlife), agua, color, fondo escénico (adjacent scenery), singularidad/rareza (scarcity) y acciones humanas (cultural modifications).

Cada factor se califica de **5 (muy alto)** a **1 (muy bajo)**, siguiendo los lineamientos de la "key form" del Manual 8400, donde un valor elevado indica alta aportación positiva a la calidad visual, salvo en acciones humanas, donde la escala se invierte: 5 = paisaje prácticamente sin alteraciones y 1 = gran presencia antrópica.

**Tabla IV.34.** Matriz para la Evaluación de la Calidad Visual del Paisaje del sistema ambiental.

| **Factor \ Cuenca** | **293Planicies tectónico-volcánicas acolinadas** | **300Planicies tectónico-volcánicas onduladas** | **393Planicies fluvio-deltaicas** |
|---|---|---|---|
| **Geomorfología** | **4** – Lomas convexas y relieve estructural volcánico-sedimentario moderado | **4** – Ondulación marcada con dorsales y depresiones húmedas | **3** – Llanura casi plana con micro-albardones deltaicos |
| **Vegetación** | **3** – Mosaico agrícola ↔ selva caducifolia y sabana | **4** – Mayor diversidad: caducifolia, popal-tular y parches perennifolios | **5** – Manglar, vegetación halófila, popal-tular y pastizales húmedos |
| **Fauna** | **3** – Fauna típica de selva seca y áreas agropecuarias; riqueza media | **4** – Humedales intermitentes atraen aves acuáticas y anfibios estacionales | **5** – Sitio RAMSAR Marismas Nacionales: >200 000 aves playeras y 60 especies amenazadas |

| Factor \ Cuenca | 293Planicies tectónico-volcánicas acolinadas | 300Planicies tectónico-volcánicas onduladas | 393Planicies fluvio-deltaicas |
|---|---|---|---|
| **Agua** | **2** – Pocas corrientes superficiales; escurrimiento efímero | **4** – Depresiones con tular-popal y canales de riego permanentes | **5** – Red de esteros, río San Pedro y lagunas costeras de marea |
| **Color** | **3** – Contraste suelo oscuro (Andosol-Vertisol) vs. cultivos verdes/ocres | **4** – Alto contraste estacional entre verdes intensos de humedal y barbechos rojizos-pardo | **4** – Tonos verde-esmeralda (manglar) y grises plateados en esteros salinos |
| **Fondo escénico** | **3** – Horizonte recortado por cerros volcánicos lejanos; moderado atractivo | **4** – Sucesión de lomadas que generan juegos de luces y sombras | **3** – Horizonte bajo y abierto; la amplitud refuerza sensación de vastedad |
| **Singularidad / rareza** | **3** – Paisaje representativo de la llanura volcánica costera | **4** – Combinación poco común de tular-popal y lomeríos agrícolas | **5** – Complejo deltaico-manglar más extenso del Pacífico mexicano |
| **Acciones humanas*** | **2** – Agricultura mecanizada, caminos rectos, caseríos dispersos | **3** – Agricultura + humedales; alteración moderada | **3** – Agricultura, drenes y pesquerías; núcleo natural aún dominante |
| **Valores de calidad visual por sitio** | **23 (media)** | **31 (alta)** | **33 (alta)** |
| | | **Calidad visual media** | **29 (Alta)** |

*Escala invertida: 5 = mínima intervención; 1 = intervención muy alta.

El análisis comparativo evidencia que las **cuencas visuales 300 y 393 presentan una calidad escénica alta (31 y 33 puntos, respectivamente), mientras que la cuenca 293 alcanza un valor medio (23 puntos)**. Al promediarse los tres escenarios, el **Sistema Ambiental se ubica en una categoría global alta (29 puntos)**, lo que confirma que el entorno ofrece atributos paisajísticos sobresalientes —diversidad de formas, elevada heterogeneidad cromática y presencia de humedales de importancia internacional— aun en presencia de usos agropecuarios consolidados.

- **Cuenca 293 (media, 23 pts)**: su relieve suavemente acolinado y el mosaico agrícola-forestal generan un paisaje funcional, pero con menor singularidad; admite intervenciones moderadas si reproducen patrones y colores existentes y evitan nuevas estructuras dominantes.
- **Cuenca 300 (alta, 31 pts)**: la alternancia de lomas, depresiones húmedas y vegetación tular-popal confiere alta plasticidad escénica; las acciones del proyecto deberán atenuar contrastes de forma, color y textura para preservar la continuidad visual de las ondulaciones.
- **Cuenca 393 (alta, 33 pts)**: la llanura deltaica con manglares y esteros constituye el horizonte visual más sensible; cualquier infraestructura nueva será inmediatamente perceptible, por lo que se requieren criterios estrictos de altura, paleta cromática y revegetación para integrarla al tejido natural.

En conjunto, la **predominancia de valores altos obliga a considerar medidas de diseño paisajístico** —pantallas vegetales con especies nativas, modelado de taludes que respeten pendientes naturales y acabados de color terroso— orientadas a **minimizar el contraste visual y mantener la integridad escénica del área**. Estas conclusiones sustentaron la necesidad de un plan de manejo visual específico dentro de la Manifestación de Impacto Ambiental, particularmente para las fases de explotación y cierre, donde se definió la restitución topográfica y la restauración de cobertura vegetal acorde con las unidades paisajísticas más relevantes.

## IV.2.4. Población y actividades

Referente a la población y sus actividades de producción, consumo y relación social. Es decir, en cuanto a la fuerza de trabajo, en cuanto demandante de bienes y servicios y en cuanto sujeto a relaciones sociales, así como la base, estructura y especialización de la economía. Si el medio físico es el soporte del sistema territorial, con un papel más bien pasivo, la población es su centro, con un comportamiento activo. La población es el agente fundamental: adapta el medio físico para ubicar sus actividades, toma recursos de él para transformarlos en su propio beneficio y le incorpora los derechos o productos no deseados (Gómez Orea, 2013).

A escala regional el sistema ambiental —ubicado principalmente en los municipios de Ruíz y Tuxpan, Nayarit— combina una base agro-ribereña tradicional con un corredor turístico en expansión. El Censo 2020 registra 54 160 habitantes dentro de la zona de estudio; la mitad reside en pequeñas localidades rurales y la otra mitad en cabeceras municipales. El balance migratorio es negativo (−2.4%) en Ruíz y apenas positivo en Tuxpan; la pirámide demográfica mantiene una base amplia (34 % < 15 años) y un índice de masculinidad cercano a la paridad (99.4 hombres/100 mujeres). El empleo sigue anclado al sector primario (35 %), pero la diversificación hacia servicios (47 %) y turismo genera una población flotante estacional de ~320 000 visitantes-día/año. El ingreso corriente medio trimestral del hogar ronda 65 300 MXN, aunque seis de cada diez personas viven en pobreza moderada o extrema. Más del 80 % del suelo es propiedad ejidal; los valores de la tierra agrícola oscilan entre 150 000-300 000 MXN/ha según acceso a riego. La aceptación social preliminar del banco de extracción es alta cuando se vincula a empleo local, siempre que se garantice control de polvo, ruido y riesgos hídricos.

### *IV.2.4.1. Perfil sociodemográfico.*

#### IV.2.4.1.1. Movimientos migratorios.

- **Saldo migratorio 2020-2024**: −634 hab. (Ruíz) y +120 hab. (Tuxpan) según CONAPO; la pérdida neta responde a la emigración de jóvenes hacia la Riviera Nayarit y los E.U.A.
- **Migración de retorno temporal** (fiestas patronales y ciclos agrícolas) aporta hasta 4 % de la población en temporada de cosecha.

#### IV.2.4.1.2. Equilibrio entre sexos y grupos de edad.

- Población 2020: Ruíz 24 096 hab. (50.3 % hombres); Tuxpan 30 064 hab. (49.6 % hombres).
- Índice de dependencia (0-14 y ≥ 65 años): 58 % en Ruíz y 55 % en Tuxpan, lo que refleja alta carga juvenil.

#### IV.2.4.1.3. Distribución espacial y densidades.

- Densidad fija: 65 hab/km² en Tuxpan (474 km²); 26 hab/km² en Ruíz (371 km²).
- Densidad flotante: los registros DATATUR reportan 1.21 millones de turistas-noche en 2023 (sobre todo en Bahía de Banderas); ~28 % realizan excursiones de

un día al corredor San Pedro-Marismas, equivalentes a 320 000 visitas-día anuales dentro del SA.

**IV.2.4.1.4. Empleo y población ocupada.**

- Tasa de ocupación estatal 2024: 97.3 %; desocupación 2.7 %.
- Distribución sectorial (Ruíz 2020): primario 35 %, secundario 18 %, terciario 47 %.
- Situación profesional: 45 % asalariados privados, 34 % trabajadores por cuenta propia, 14 % jornaleros agrícolas y 7 % empleados públicos.

**IV.2.4.1.5. Estilos de vida e interacciones sociales.**

- Comunidades ejidales fuertes; participación en asambleas > 70 %.
- Tradiciones: fiestas de la Purísima (Tuxpan) y Feria del Elote (Ruíz) atraen turismo regional.
- Interacciones centradas en mercados locales semanales y cooperativas pesqueras.

**IV.2.4.1.6. Salud y seguridad.**

- Cobertura IMSS-Bienestar: 1 UMF en Ruíz; 8.3 médicos/10 000 hab.
- Índice de marginación 2020: grado medio en Ruíz (−0.070) y bajo-medio en Tuxpan (−0.480).
- Tasa de delitos patrimoniales: 521 por 100 000 hab, por debajo del promedio estatal (640) —fuente Secretariado Ejecutivo 2024.

**IV.2.4.1.7. Estructura de la propiedad.**

- 82 % de la superficie municipal es ejidal o comunal; existen 11 núcleos agrarios con certificados parcelarios vigentes (RAN 2024).

**IV.2.4.1.8. Aceptabilidad social preliminar.**

El Plan Municipal de Desarrollo Ruíz 2021-24 refiere aceptación de bancos de materiales si garantizan empleo local, acceso preferente a material pétreo para obras comunitarias y control de impactos hídricos.

***IV.2.4.2. Caracterización económica.***

**IV.2.4.2.1. Renta per cápita y distribución.**

- Ingreso corriente trimestral por hogar 2022: 65 326 MXN (promedio estatal); aplicado a 3.8 hab/ hogar resulta en ~17 145 MXN per cápita-trimestre.
- Gini municipal 2020: 0.425 en Ruíz, 0.402 en Tuxpan (CONEVAL Small-Area Estimation).

**IV.2.4.2.2. Valor del suelo rústico e indemnizaciones.**

- Precio de mercado para parcelas agrícolas con riego: 150 000-300 000 MXN/ha según anuncios de mercado (2025).
- Indemnizaciones por expropiación federal 2023 promedian 12 % sobre valor de avalúo (DOF).

**IV.2.4.2.3. Presión fiscal.**

- Predial rural 2024: 0.24 % del valor catastral; aportaciones federales representan 78 % del ingreso municipal —Ley de Hacienda de Nayarit.

**IV.2.4.2.4. Actividades económicas afectadas.**

- Extracción propuesta podría interferir con pesca ribereña de autoconsumo y riesgo de cultivos aledaños por dispersión de polvos; riesgo de turbidez y menor disponibilidad temporal de agua.

**IV.2.4.2.5. Actividades inducidas y áreas de mercado.**

- Demanda de balasto y grava para obras de infraestructura carreteras a 50 km a la redonda.
- Servicios inducidos: transporte de carga, mantenimiento de maquinaria y abarrotes.

**IV.2.4.2.6. Nivel de control por población autóctona.**

- Ejidos poseen la piedra en rama y definen contratos de cesión de derechos; más del 70 % de las microempresas de acarreo son locales.

***IV.2.4.3. Síntesis.***

- **Contexto demográfico**: población joven, con ligera expulsión migratoria; alta dependencia de empleo agrícola y terciario informal.
- **Contexto económico**: ingresos bajos-medios y estructura de propiedad social favorecen acuerdos de beneficio mutuo, pero también elevan expectativas de compensación directa.
- **Riesgos sociales clave**: posible competencia por el agua, incremento de tránsito pesado y percepción de inequidad en la distribución de beneficios.
- **Oportunidades**: creación de empleos directos temporales, reactivación de transporte local y aportación de material subsidiado a caminos ejidales.

## IV.2.5. Poblamiento

Referente al modelo organizativo de la población en el tiempo y en el espacio; está constituido por los asentamientos: ciudades, pueblos, aldeas, pedanías, caseríos, etc., y los canales a través de los cuales se relacionan intercambiando personas, mercancías, energía e información: infraestructuras de transporte, energéticas y de comunicación. El subsistema determina la capacidad de acceso de la población a la explotación de los recursos naturales del territorio, la medida en que puede ser abastecida, de una forma económica, en bienes y servicios sociales y las posibilidades de interrelación social determinantes, a su vez, de la estructura y vertebración de la sociedad (Gómez Orea, 2013).

El sistema ambiental —que abarca en mayor medida los municipios de Ruíz y Tuxpan, Nayarit— dispone de una red primaria que lo conecta en menos de dos horas con la capital Tepic y con el corredor turístico de la Riviera Nayarit; sin embargo, su poblamiento sigue un patrón rural-agrícola dominado por ejidos y localidades menores (< 2 500 hab.) que dependen de caminos vecinales de baja especificación y de un abastecimiento de agua y saneamiento aún incompleto. El aeropuerto de Tepic en expansión, la cobertura eléctrica superior al 98 % y la oferta turística emergente apuntalan oportunidades de diversificación económica, pero la dispersión de la trama y el rezago en infraestructuras de salud, depuración y transporte público limitan la calidad de vida y elevan el riesgo de accidentes. La jerarquía de núcleos la encabezan las cabeceras municipales, seguidas de polos agrícolas y comunidades ribereñas que se articulan a lo largo de la carretera federal 15 y el río San Pedro, con fuertes interacciones diarias de trabajo, comercio y servicios.

### *IV.2.5.1. Red viaria y accesibilidad.*

**Tabla IV.35.** Red viaria y accesibilidad.

| Indicador | Valor clave |
|---|---|
| Densidad carretera troncal | 0.79 km / km² en Tuxpan; 0.42 km / km² en Ruíz. |
| Camino rural (brechas y terracerías) | 1 206 km (Ruíz) y 1 484 km (Tuxpan) de red inventariada INEGI 2023. |
| Accesibilidad | 85 % de la población vive a ≤ 15 min de la federal 15 o de la estatal 74 (cálculo SIG sobre red INEGI). |
| Riesgo de accidentes | 14.3 siniestros con víctima por 10 000 vehículos en Nayarit; el tramo Tepic–Tuxpan concentra 11 % de los siniestros estatales 2023. |

### *IV.2.5.2. Otros medios de transporte.*

- **Ferrocarril**. - El antiguo ramal Ferromex Guadalajara–Mazatlán sólo mantiene patio de maniobras en Tepic; la vía pasa 14 km al E del SA y carece de estaciones activas en Ruíz o Tuxpan.
- **Aeropuerto**. - El aeropuerto internacional Amado Nervo (TPQ), a 65 km, amplía pista a 3 100 m y podrá mover hasta 4 millones de pasajeros/año en 2026, reforzando la accesibilidad aérea regional.
- **Transporte público**. - Autobuses interurbanos Tuxpan-Tepic cada hora (1 h 50 min, $129 MXN) y servicios regionales a Ruíz y Santiago Ixcuintla cubren la demanda diaria de trabajadores y estudiantes

### *IV.2.5.3. Infraestructura básica.*

**Tabla IV.36.** Infraestructura básica.

| Servicio | Cobertura |
|---|---|
| Agua potable | 87 % de viviendas conectadas; proyectos de ampliación en 12 localidades de Tuxpan 2024-2026. |
| Saneamiento | 69 % casas con drenaje; sólo la planta de Tuxpan (40 L/s) opera con tratamiento secundario. |
| Electricidad | 98.8 % de cobertura; rezagos en rancherías serranas de Ruíz. |
| Telecomunicaciones | Señal 4G de Telcel y AT&T en cabeceras; 3G en 78 % del territorio; zonas de sombra al pie del cerro Peñas. |

### *IV.2.5.4. Equipamientos y servicios.*

- **Salud**: 1 Hospital IMSS-Bienestar rural en Ruíz (24 camas) y 7 UMR; ampliación a hospital de alta especialidad en Tepic (2025) mejorará referencia regional.
- **Educación**: 186 escuelas básicas, 9 bachilleratos y un campus U. Tecnológica en Tuxpan; cobertura bruta nivel medio 77 %.
- **Equipamientos turísticos**: 46 hoteles (1-3 estrellas) con 701 habitaciones; ocupación media anual 44 % (DATATUR 2024).
- **Deporte y recreo**: 3 estadios de béisbol, 12 canchas techadas, 2 malecones ribereños (Tuxpan y Ruíz).
- **Comercio**: 2 987 unidades económicas; 64 % misceláneas y abarrotes, 9 % servicios de alojamiento y alimentos (DENUE 2019).
- **Religioso**: templos católicos de San Miguel Arcángel (Tuxpan, 1899) y de la Purísima (Ruíz) como hitos paisajísticos.

### *IV.2.5.5. Vivienda y alojamiento.*

El Censo 2020 registra 14 281 viviendas en Ruíz y 18 769 en Tuxpan; 68 % son de autoconstrucción con techo de losa ligera y muro de block, 24 % de lámina y madera (tipología rural. El parque de alojamiento turístico concentra 64 % de cuartos en la cabecera Tuxpan y 22 % en la franja costera.

### *IV.2.5.6. Modelo y jerarquía de poblamiento.*

**Tabla IV.37.** Modelo y jerarquía de poblamiento.

| Nivel | Núcleos principales | Funciones dominantes |
|---|---|---|
| I. Cabecera municipal | Tuxpan (30 064 hab.); Ruíz (24 096 hab.) | Servicios intermedios, comercio mayorista, educación media-superior |
| II. Centros rurales | Coamiles, El Tamarindo, Peñas (1 500-2 900 hab.) | Agroindustria de maíz-sorgo, logística fluvial |
| III. Rancherías dispersas | < 500 hab., pendiente del cerro Peñas | Ganadería de traspatio, empleo estacional |

**Índice de uniformidad poblacional** (varianza de log-población entre localidades) = **0.48**: poblamiento polinuclear con peso fuerte de dos cabeceras y alta dispersión de aldeas, típico de la llanura deltaica.

Las interacciones diarias describen flujos pendulares a Tuxpan y Ruíz para mercados, secundaria y trámites; la federal 15 funciona como eje longitudinal y el río San Pedro como eje transversal de mercancías agrícolas.

#### *IV.2.5.7. Trama urbana, tipología y patrimonio.*

- **Tipología**: damero colonial en cabeceras; calles de 12 m y crujías de adobe originales; suburbanización lineal informal a lo largo de carreteras secundarias.
- **Escena urbana**: fachadas de una planta, zócalo alto, techumbre de teja en centro histórico; publicidad comercial altera cromática en periferia.
- **Patrimonio**: templo de San Miguel (Tuxpan, neoclásico), estación del FFCC (Ruíz, 1909), presidencia municipal art-déco.

#### *IV.2.5.8. Infraestructura energética y de servicios oficiales.*

La subestación **CFE-Tuxpan II** (115 kV) garantiza reserva de 27 MVA; gas natural aún no disponible. Los servicios oficiales incluyen 2 receptorías de rentas, 4 módulos del Registro Civil y 3 cuarteles de Guardia Nacional.

### IV.2.6. Diagnóstico del sistema ambiental previo a la realización del proyecto

#### *IV.2.6.1. Estado actual del sistema ambiental.*

La región de estudio es la llanura aluvial del río San Pedro (municipios de Ruiz, Tuxpan y Rosamorada, Nayarit) con clima **cálido subhúmedo Aw2(w)** (verano lluvioso). Las precipitaciones son altas (>1200–2000 mm anuales, concentradas de junio a octubre) y la temperatura media anual >22 °C, con extremos de ~35 °C en verano y ~14 °C en invierno. El sistema hidrológico pertenece a la Región Hidrológica 11 “Presidio–San Pedro” (≈51 700 km², Durango–Sinaloa–Nayarit). La cuenca San Pedro (≈3 845 km²) es libre de presas mayores, recibe ~818 mm/año (85% en junio-octubre) y drena hacia los humedales costeros (Marismas Nacionales). El paisaje es predominantemente llano (<3% pendiente) con suelos **finos aluviales** (cambisoles y fluvisoles >90%), con alto nivel freático somero (1–2 m) en estiaje. Estas condiciones (textura limosa, aguas someras) lo hacen muy susceptible a inundaciones y expansión capilar de aguas. La geomorfología es dinámica: los depósitos aluviales forman barras y bancos meandriformes, mientras que leves paleosuelos hidromorfos (0.6%) señalan áreas encharcadas.

En cuanto al **medio biótico**, la cobertura vegetal original (selva mediana subcaducifolia y bosque de galería) ha sido muy reducida. Sólo un ~0.9% del área conserva bosque primario, mientras que parches de vegetación secundaria (sabana y matorral ribereño) ocupan ~7.5%, principalmente en márgenes del río. El sistema está dominado por usos agropecuarios: 53.1% agricultura irrigada y 27.1% pastizales/parcelas. El río San Pedro (7.7%) y cuerpos de agua naturales constituyen los refugios más importantes de biodiversidad remanente. Por ejemplo, estos remanentes ribereños (Mimosa, Salix, Acacia en márgenes) siguen filtrando materia orgánica y actuando como corredores biológicos para fauna.

En el mundo animal, en el sitio y su entorno inmediato se han registrado especies generales adaptadas a condiciones perturbadas, como aves acuáticas comunes (p.ej. pato

cuchara *Dendrocygna autumnalis*, tordo habado *Quiscalus mexicanus*). Sin embargo, también hay registros de especies sensibles bajo protección (según NOM-059-SEMARNAT-2010): la lagartija *Aspidoscelis costa*ta y el zambullidor menor *Tachybaptus dominicus*. En conjunto, 32 especies registradas en la zona aparecen en dicha norma. Además, la proximidad (<6.5 km) a la Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales (Ramsar 732) incrementa la relevancia ecológica: esa ANP alberga ~60 vertebrados amenazados y 51 endemismos (36 aves). Dichos humedales costeros, alimentados por el San Pedro, proveen funciones críticas (control de inundaciones, pesca, recarga de acuíferos).

En el **ámbito socioeconómico**, la población local es dispersa y rural (densidad ≈65 hab/km²). Las principales actividades son agricultura de riego (arroz, maíz, cítricos) y ganadería extensiva. Los asentamientos más cercanos (p.ej. El Tamarino, Las Peñitas) son pequeñas localidades sin drenaje completo, que vierten aguas residuales sin tratamiento. Esta presión antrópica ha fragmentado fuertemente el paisaje: las brechas rurales y caminos (2.5% del área) compactan suelos e incrementan escorrentía, al tiempo que parcelas agrícolas y poblados impiden la conectividad ecológica. En síntesis, el entorno presenta una marcada dualidad: sólo ≈15% de la superficie tiene características de ecosistema relativamente intacto (el río y parches ribereños), mientras que el 84.9% restante está transformado por el hombre.

### *IV.2.6.2. Grado de conservación y deterioro del sistema; indicadores de salud.*

El **grado de conservación** regional es bajo. Los paisajes naturales originales han sido sustituidos en gran parte por agroecosistemas intensivos y asentamientos. Estudios recientes confirman que las coberturas secundarias y acuáticas constituyen los últimos refugios para la biodiversidad local. La pérdida de vegetación nativa (corte de bosque y galería) ha mermado servicios clave (captura de carbono, infiltración). La presión de riego y canales ha alterado los ciclos de escurrimiento naturales. En consecuencia, se observa un **deterioro acumulativo**: la minería informal (~1.6% del área) ha provocado erosiones aceleradas y colmatación del cauce, obstruyendo hábitats acuáticos; los asentamientos carecen de drenaje, contaminando con nutrientes y sedimentos el río; y el suelo natural ha cedido espacio a suelo compactado (tecnosoles) asociado a vialidades y rellenos. El dominio de suelos cambisoles y fluvisoles (68–94% del área) subraya un territorio fértil pero muy dinámico, apto para agricultura, pero también sensible a cambios hidrológicos rápidos.

En un sistema sano se esperaría una abundancia relativa de insectos de ciclo largo (*Ephemeroptera*, *Plecoptera*) y bajo de quironómidos tolerantes. De igual modo, la diversidad de aves acuáticas migratorias o residentes (patos, garzas, espátulas) y la presencia de depredadores superiores (p. ej. cocodrilos o aves rapaces pescadoras) indicarían hábitats funcionales. En contraste, la dominancia de especies generalistas (ratas, tordos, garzas comunes) y la ausencia de sensibilidad (por ejemplo, ausencia de anfibios endémicos) alertan sobre alteración ambiental.

En síntesis, los **indicadores ambientales** señalan un sistema con altos niveles de perturbación: la menor presencia de bioindicadores sensibles y la sustitución de tramas naturales por cultivos y suelos modificados confirman un estado ecológico degradado. Este diagnóstico concuerda con estudios previos que documentan servicios ecosistémicos mermados (carbono, filtración) y mayor vulnerabilidad frente a eventos extremos.

### *IV.2.6.3. Capacidad de respuesta ambiental (resiliencia y homeostasis).*

La **resiliencia del sistema** –su capacidad para absorber perturbaciones– está condicionada por su fragmentación y la intensidad de las presiones actuales. En la ribera del San Pedro sobreviven especies pioneras tolerantes (*Mimosa, Salix, Acacia*) cuyo rebrote es rápido; se ha documentado que estos estratos pueden recuperar hasta el 80% de su cobertura original en ~18 meses si no hay remoción continua. No obstante, la continuidad de la franja ribereña es fragmentada y vulnerable: estudios locales han mostrado que la remoción de vegetación ribereña reduce la diversidad bentónica en ~25% y facilita la erosión regresiva de taludes. Así, aunque existe cierta capacidad natural de regeneración (especialmente en flujo de inundaciones normales), el sistema se acerca a umbrales críticos. La extracción ilegal de arena y grava, por ejemplo, está sobrepasando dicha capacidad: modelos hidrosedimentológicos indican que remover más del 20% del transporte sedimental anual induciría cambios geomorfológicos irreversibles en el cauce.

Adicionalmente, las **tendencias climáticas** recientes acentúan la presión. Con base en escenarios del SMN–CONAGUA (SSP2-4.5), se proyecta hacia 2050 un aumento de **+8% en lluvias extremas diarias** y un incremento de temperatura media ~+1.8 °C en la región costera de Nayarit. Esto implica más lluvias torrenciales nocturnas e intensas y mayor demanda hídrica estival. Tales cambios pueden exceder el rango natural de variabilidad (históricamente la estación Ruiz registra olas de calor y sequías moderadas recientes). Por tanto, la homeostasis (retorno a condiciones previas tras un disturbio) se ve comprometida: si las perturbaciones (cambios de uso de suelo, hidroextracciones, contaminación) continúan al ritmo actual, el ecosistema podría perder funciones críticas a mediano plazo.

En resumen, el sistema ambiental regional conserva cierta resiliencia innata (dinámica fluvial anual, presencia de vegetación pionera), pero ésta es debilitada por la alta fragmentación y presiones acumulativas. La capacidad de recuperación es limitada ante crecientes eventos extremos (ciclones, avenidas pluviales) y los umbrales críticos de cambio (erosión acelerada, colmatación de cauces) pueden ser superados si no se controlan las actividades extractivas.

### *IV.2.6.4. Áreas vulnerables georreferenciadas.*

Con base en la caracterización geomorfológica y ecológica, se identifican las siguientes zonas de especial vulnerabilidad en el área de influencia:

- **Ecosistemas frágiles**: Los humedales fluviales y ribereños asociados al río San Pedro son altamente sensibles. Se ha georreferenciado un humedal fluvial cerca del proyecto (≈805 m al noreste). Las márgenes expuestas del cauce, formadas por taludes de arena y limo, muestran erosión laminar y regresiva cuando el flujo excede ~1 m/s. Asimismo, suelos con nivel freático somero (andosoles y fluvisoles de textura fina) permanecen saturados largos periodos, favoreciendo procesos de gleyificación y erosión cada temporada de lluvias.
- **Vegetación amenazada**: Las franjas de bosque de galería (galería ribereña) remanentes, dominadas por especies pioneras (*Mimosa, Salix, Prosopis*, entre otras), son ecosistemas clave que requieren protección. Su remoción incrementa drásticamente la vulnerabilidad a avenidas pluviales. Del mismo modo, parches aislados de selva mediana subcaducifolia residual (con hasta 50–75% de

pérdida de follaje en estiaje) permanecen en laderas marginales, pero pueden colapsar ante fuego o conversión.

- **Especies endémicas y en peligro**: En el entorno inmediato se localizan especies protegidas por NOM-059-SEMARNAT (p.ej. *A. costata*, *T. dominicus*). Más allá, la proximidad a la Reserva Marismas Nacionales implica que **especies endémicas de ese enclave** (garza tigre, aves playeras, etc.) podrían usar ocasionalmente estos corredores fluviales. Se debe proteger especialmente peces nativos y anfibios endémicos del ecosistema fluvial, que son indicadores directos de la integridad de los ecosistemas acuáticos.
- **Áreas de fragmentación y erosión**: Las zonas agrícolas y vías terciarias, especialmente donde atraviesan cauces intermitentes, actúan como focos de erosión y colmatación. Las brechas de acceso compactan el suelo y concentran la escorrentía. En ellas, la ausencia de vegetación ribereña favorece flujos rápidos y erosión de márgenes. También se identifican zonas de creciente salinización superficial (solonchaks) en depresiones mal drenadas, las cuales incrementan la vulnerabilidad agrícola.
- **Asentamientos vulnerables**: Las localidades rurales del área de influencia (El Tamarino, Las Peñitas, ejidos aledaños) se asientan en la planicie inundable. Dado que no tienen sistemas de bombeo o diques de protección, sufren directamente el impacto de las crecientes históricas (por ejemplo, anegamientos de hasta 0.4–1.8 m en episodios de 2004–2011). Estas comunidades carecen de margen de seguridad, lo que las hace particularmente vulnerables a eventos climáticos extremos.

En conjunto, el análisis espacial sugiere que las **zonas más críticas** (alta vulnerabilidad) son las franjas inmediatas al cauce, planicies bajas y áreas de suelos finos en contacto con el río. Le siguen (vulnerabilidad media) las áreas peri-riveras inundables adyacentes y áreas agrícolas de profundidad media. La vulnerabilidad baja corresponde a elevaciones relativas menores o parcelas consolidadas de Luvisol (terrazas antiguas) que ofrecen mayor drenaje natural.

### *IV.2.6.5. Índice de vulnerabilidad ambiental del sitio.*

La valoración global de vulnerabilidad combina **exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa** del sistema. Según Atlas de Riesgos y modelos nacionales, el banco El Chalán presenta:

- **Exposición alta** a amenazas hidrometeorológicas. La zona sufre ciclones tropicales frecuentes (ej. huracanes Kenna 2002, Willa 2018) con lluvias extremas; datos locales reportan hasta 26 eventos >150 mm/24 h (máx. 287 mm) en 1980–2014. Estos eventos provocan inundaciones que alcanzaron ~20 m s.n.m. (cota 100 años) incluyendo parte del área de estudio. Además, el área coincide con regiones de alta amenaza sísmica (subducción local, aceleración hasta 0.4 g) y licuefacción en sedimentos aluviales. Las amenazas volcánicas (ceniza de Ceboruco) y tsunamis (≥40% probabilidad en 50 años en el litoral) son moderadas.
- **Sensibilidad ecológica y de población**. El área combina ecosistemas frágiles (humedales y riberas) con comunidades humanas dispersas y de recursos limitados. La densidad poblacional (~65 hab/km²) es baja–moderada, pero con alta dispersión; la mayoría son productores agrícolas con niveles medios de marginación social. En términos de infraestructuras, predominan construcciones no

reforzadas y caminos rústicos. Biológicamente, existen especies sensibles (listas en NOM-059) y los humedales cercanos hospedan fauna amenazada.

- **Capacidad de respuesta limitada**. Los suelos finos y el relieve plano aumentan la magnitud del impacto ante eventos intensos (inundaciones de larga duración, erosión regresiva). Las prácticas actuales (cultivo intensivo, extracción de sedimentos) reducen la resiliencia natural y la capacidad de recuperación. Por ejemplo, la sobreexplotación del acuífero costero (histórica en Nayarit) sugiere ya hundimientos leves (2–4 cm/año en zonas agrícolas), aunque el proyecto queda fuera de las áreas de mayor subsidencia. Sin embargo, cualquier alteración adicional (p. ej. drenar humedales ribereños) podría desestabilizar rápidamente el equilibrio del sistema fluvial.

Como resultado de esta ponderación, el **índice de vulnerabilidad ambiental** para el área de influencia es **medio-alto a alto**. En la práctica se traduce en que las planicies inundables (bancos del San Pedro) deben clasificarse como zona de vulnerabilidad *alta*, mientras que las áreas interiores más elevadas (parcelas consolidadas) son de vulnerabilidad *media*. No se identifican zonas bajas estrictamente (todo el sistema es susceptible), salvo altitudes puntuales de terrazas (luvisoles) donde el riesgo es relativo (aunque se advierte vigilancia por salinización). En la tabla siguiente se resume la síntesis de riesgo según agentes perturbadores relevantes, basada en Atlas y normativa:

**Tabla IV.38.** Síntesis de riesgo según agentes perturbadores relevantes.

| Fenómeno perturbador | Peligro (Atlas/Norma) | Exposición (áreas/recursos afectados) | Nivel vulnerabilidad | Nivel de riesgo |
|---|---|---|---|---|
| Sismo | Alto | Infraestructura, vías y población ribereña | Media-Alta | Alta |
| Inundación pluvio-fluvial | Alto | Planicie e bancos ribereños (llenado de cauces) | Alta | Alta |
| Tsunami (oleaje) | Moderado | Llanura deltaica costera (ramal del SP) | Media-Baja | Media |
| Caída de ceniza (Volcán) | Moderado | Infraestructura expuesta al aire libre | Media | Media |
| Deslizamientos / Derrumbes | Bajo–Medio | Taludes secundarias (cerro Peñas) | Baja-Media | Baja (local) |
| Subsidencia / Agrietamiento | Bajo | Parcelas agrícolas de inundación | Baja | Baja (local) |

Fuente: Atlas de Riesgos (municipal, estatal y nacional) y LGPC (Art.2).

COPIA PARA SU CONSULTA PÚBLICA

# Capítulo V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales

## i. Tabla de contenido

**V.1. INTRODUCCIÓN ..... 3**

**V.2. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES ..... 4**

V.2.1. ETAPA DE PREPARACIÓN DEL TERRENO ..... 5
*V.2.1.1 Instalación de infraestructura temporal (delimitación física de áreas) ..... 5*
*V.2.1.2 Adecuación de bancos de extracción (limpieza superficial selectiva e instalación de cortinas de sedimentos) ..... 9*
*V.2.1.3 Preparación de controles ambientales (sistema integrado de control de contaminantes) ..... 17*
V.2.2. ETAPA DE OPERACIÓN DEL PROYECTO ..... 23
*V.2.2.1. Extracción de materiales (excavación en seco en bancos expuestos y dragado superficial en áreas inundadas) ..... 23*
*V.2.2.2. Manejo y transporte de materiales (carga directa a camiones de volteo) ..... 39*
*V.2.2.3. Monitoreo y mitigación operativa (riego continuo en vías y frentes, inspección diaria de cortinas de sedimento) ..... 46*
*V.2.2.4. Mantenimiento preventivo (revisión sistemática de maquinaria y reemplazo de geomallas dañadas). 50*
V.2.3. ETAPA DE ABANDONO DEL TERRENO ..... 55
*V.2.3.1. Desmantelamiento de infraestructura (retiro de instalaciones temporales, eliminación de señalización/cercos, recuperación de suelos impactados) ..... 55*
*V.2.3.2. Restauración morfológica (perfilado selectivo de taludes, reconformación naturalista de márgenes, simulación de microhábitats fluviales) ..... 63*
*V.2.3.3. Restauración ecológica (revegetación con especies nativas, establecimiento de cobertura con hidrosiembra) ..... 69*
*V.2.3.4. Monitoreo post-cierre (evaluación de cobertura vegetal y auditoría de estabilidad de taludes) ..... 75*

**V.3. SÍNTESIS GENERAL DE LA EVALUACIÓN ..... 80**

**V.4. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN ..... 81**

# ii. Tabla de ilustraciones

## ii.1. Tabla de gráficos

**GRÁFICO V.1**. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO METODOLÓGICO DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO. ....4
**GRÁFICO V.2**. ***RED CAUSAL DE IMPACTOS AMBIENTALES*** *DEL PROYECTO Y SUS MEDIDAS DE MANEJO. EN COLOR* ***GRIS*** *SE MUESTRAN ACCIONES O FACTORES DEL PROYECTO, EN* ***ROJO*** *LOS IMPACTOS AMBIENTALES POTENCIALES IDENTIFICADOS, Y EN* ***VERDE*** *LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN O COMPENSACIÓN INCORPORADAS PARA CADA CASO.* ....81

## ii.2. Tabla de tablas

**TABLA V.1**. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LA ACTIVIDAD "INSTALACIÓN DE INFRAESTRUCTURA TEMPORAL (DELIMITACIÓN FÍSICA DE ÁREAS)". ....8
**TABLA V.2**. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LA ACTIVIDAD "ADECUACIÓN DE BANCOS DE EXTRACCIÓN (LIMPIEZA SUPERFICIAL SELECTIVA E INSTALACIÓN DE CORTINAS DE SEDIMENTOS)". ....15
**TABLA V.3**. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LA ACTIVIDAD "PREPARACIÓN DE CONTROLES AMBIENTALES (SISTEMA INTEGRADO DE CONTROL DE CONTAMINANTES)". ....21
**TABLA V.4**. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LA ACTIVIDAD "OPERACIÓN: EXTRACCIÓN DE MATERIALES (EXCAVACIÓN EN SECO Y DRAGADO SUPERFICIAL)". ....37
**TABLA V.5**. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LA ACTIVIDAD "MANEJO Y TRANSPORTE DE MATERIALES (CARGA Y CAMIONES)". ....44
**TABLA V.6**. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LA ACTIVIDAD "MONITOREO Y MITIGACIÓN OPERATIVA (RIEGO CONTINUO Y REVISIÓN DE CORTINAS)". ....48
**TABLA V.7**. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LA ACTIVIDAD "MANTENIMIENTO PREVENTIVO (MAQUINARIA Y GEOMALLAS)". ....53
**TABLA V.8**. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LA ACTIVIDAD "ABANDONO: DESMANTELAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA Y RECUPERACIÓN DE SUELOS". ....60
**TABLA V.9**. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LA ACTIVIDAD "RESTAURACIÓN MORFOLÓGICA (TALUDES, MÁRGENES, MICROHÁBITATS)". ....66
**TABLA V.10**. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LA ACTIVIDAD "RESTAURACIÓN ECOLÓGICA (REVEGETACIÓN NATIVA E HIDROSIEMBRA)". ....73
**TABLA V.11**. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LA ACTIVIDAD "MONITOREO POST-CIERRE (COBERTURA VEGETAL Y ESTABILIDAD DE TALUDES)". ....78

## V.1. Introducción

Con base en el análisis que se realizó en los apartados anteriores, en particular la delimitación del Sistema Ambiental (SA), eventos de cambio en el mismo, así como su caracterización, análisis y diagnóstico, en este capítulo se identifican, se describen y se evalúan los impactos ambientales perjudiciales y beneficiosos que generará la interacción entre el desarrollo del proyecto y su área de influencia y efecto en el SA.

Existen numerosas técnicas para la identificación y evaluación de las interacciones *proyecto - entorno*, sin embargo, cualquier evaluación de impacto ambiental debe describir la acción generadora del impacto, predecir la naturaleza y magnitud de los efectos ambientales en función a la caracterización del sistema ambiental, interpretar los resultados y prevenir los efectos negativos en el mismo. Por lo anterior, se desarrolló una metodología que garantice la estimación de los efectos provocados por la ejecución del proyecto y que permita reducir en gran medida la subjetividad en la detección y valoración de los impactos ambientales generados por el proyecto. Derivado de ello, el análisis permitió determinar las afectaciones y modificaciones que se presentarán sobre los factores ambientales del SA delimitado para el proyecto, así como su relevancia en términos de la definición de impacto ambiental relevante conforme a la fracción IX del Artículo 3 del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (REIA)[1].

Se presenta a continuación, de manera esquemática, un diagrama de flujo del proceso metodológico diseñado para el proyecto y que se llevó a cabo para la evaluación del impacto ambiental del mismo, considerando dentro de este proceso metodológico las funciones analíticas principales:

i. Describir el medio ambiente como un conjunto de factores ambientales.
ii. Describir el proyecto que se evalúa como un conjunto de obras y/o actividades.
iii. Identificación de los factores ambientales susceptibles de recibir impactos.
iv. Identificar los impactos que cada actividad tiene sobre cada factor ambiental.
v. Caracterizar cada impacto mediante la estimación de su importancia.
vi. Analizar la importancia global del proyecto sobre el medio ambiente, utilizando para ello las importancias de cada impacto.

En este mismo orden de ideas, se consideró la información derivada del análisis del proyecto, identificando sus etapas y en particular las acciones que pueden desencadenar impactos en los subfactores del entorno, considerando para ello, la información señalada en el capítulo II sobre las actividades a desarrollar y los usos de suelo que se pretenden dar al sitio, así como la información del capítulo IV sobre la delimitación del sistema ambiental y la descripción de sus factores ambientales. Posteriormente, las relaciones “causa – efecto”, que en sí mismas son los impactos potenciales cuya significancia se estimó más adelante, se identificaron con la ayuda de matrices realizadas para el proyecto, dicha metodología se describe más adelante. Una vez identificadas las relaciones causa–efecto, se elaboró un cribado para posteriormente caracterizar cada impacto mediante la estimación de su importancia, para poder así analizar la importancia global del proyecto sobre el medio ambiente, utilizando para ello las importancias

[1] IX. *Impacto ambiental significativo o relevante*. Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales, Artículo 3 del REIA.

de cada impacto, para lo cual se utilizaron los atributos y el algoritmo propuesto por *Vicente Conesa*, y jerarquizando así los impactos con el índice de importancia. A partir del índice de importancia y la magnitud de cada impacto, se hace un análisis de la relevancia o significancia de los impactos, misma que se evalúa a través de una serie de criterios jurídico, ecosistémico y de la calidad ambiental de los factores, siempre relacionado a su efecto ecosistémico, para poder así, valorar y posteriormente describir los impactos de todo el proyecto sobre el sistema ambiental, finalizando el capítulo con las conclusiones de este.

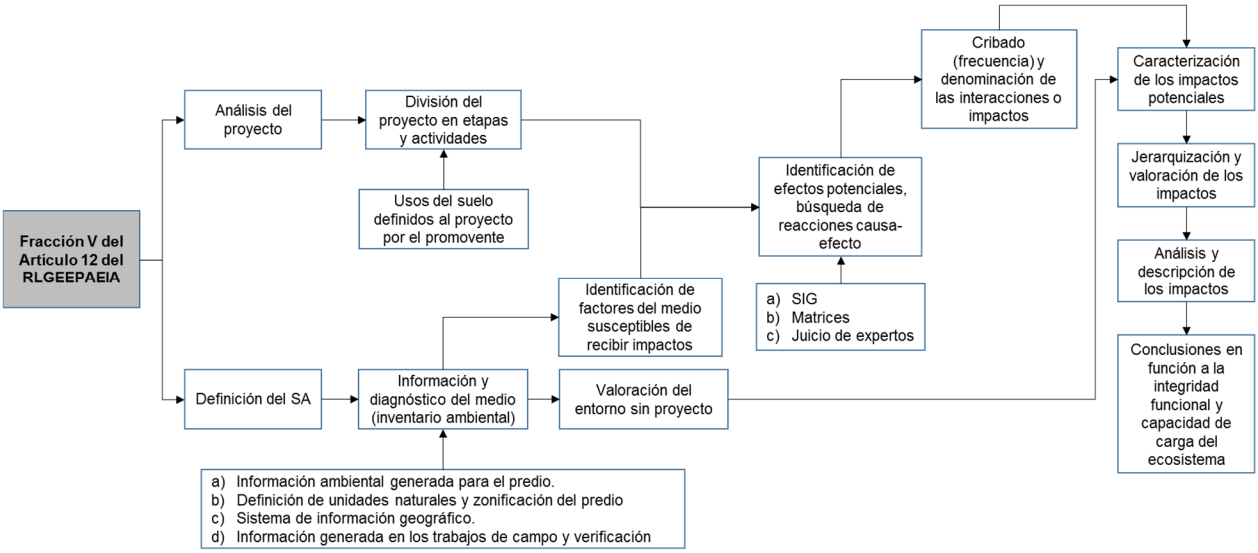



**Gráfico V.1**. Diagrama de flujo del proceso metodológico de evaluación del impacto ambiental del proyecto.

## V.2. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales

En este capítulo se identifican, describen y evalúan los impactos ambientales potenciales del **proyecto**, utilizando una matriz causa-efecto basada en la metodología propuesta por Vicente Conesa. Dicha metodología considera diversos criterios (magnitud, duración, extensión, reversibilidad, recuperabilidad, periodicidad, sinergia, acumulación y tipo del impacto) para caracterizar la importancia de cada impacto. A continuación, el análisis se organiza por **etapas del proyecto** –preparación, operación y abandono– desglosando cada etapa en sus principales **actividades y acciones**. Para cada acción, se indican los impactos generados sobre los distintos **componentes ambientales** (clima, suelo, agua, procesos abióticos, vegetación, fauna, procesos bióticos, medio perceptual, usos del suelo, población, economía, infraestructura y núcleos poblacionales), acompañados de su evaluación de acuerdo con los criterios mencionados. Finalmente, se presenta una matriz de evaluación por actividad y componente ambiental (Tabla V.1, V.2, etc.), seguida de un análisis que justifica las calificaciones asignadas.

## V.2.1. Etapa de preparación del terreno

La etapa de preparación del terreno abarca las actividades iniciales previas a la extracción, incluyendo la instalación de infraestructura temporal, la adecuación de los bancos de extracción y la preparación de controles ambientales. Estas acciones se llevan a cabo una sola vez al inicio del **proyecto**, con el objetivo de delimitar el área de trabajo, acondicionar el sitio para las operaciones y establecer medidas preventivas. A continuación, se evalúan los impactos de cada acción de esta etapa.

### *V.2.1.1 Instalación de infraestructura temporal (delimitación física de áreas)*

**Descripción**: Esta acción consiste en demarcar físicamente los límites de los bancos de extracción mediante **geocercas modulares** (cercos perimetrales de malla) y **señalización preventiva** alrededor del sitio. El fin es confinar las actividades dentro de los polígonos autorizados, evitando incursiones a zonas aledañas no intervenidas. La instalación implica colocación de postes, malla geosintética y letreros informativos, utilizando herramientas manuales y equipo ligero. Se trata de una actividad de **corta duración** (durante las primeras semanas de preparación) y **alcance local** (solo en las inmediaciones de cada banco).

**Impactos identificados**: La delimitación física de áreas tiene impactos ambientales muy limitados, dada su naturaleza puntual y preventiva. Los principales efectos se relacionan con alteraciones menores del suelo y la estética del sitio, así como con perturbaciones mínimas a la biota local. A continuación, se describen los impactos por componente ambiental:

- **Clima (atmósfera)**: No se generan emisiones significativas ni variaciones climáticas por la instalación de cercos y señalamientos. La actividad no involucra maquinaria pesada ni procesos que emitan contaminantes atmosféricos; por tanto, **no se prevé impacto** apreciable sobre la calidad del aire local (magnitud nula). Tampoco se altera el microclima de la zona. En consecuencia, la magnitud del impacto es **nula**, con **ausencia de sinergia o acumulación** en este componente (impacto **neutral**).

- **Tierra – Suelo**: La colocación de postes y anclajes puede causar **perturbación superficial del suelo** en puntos localizados. Se estima una **magnitud baja**, ya que solo se remueven pequeñas porciones de suelo para hincar estacas o bases de señalización. La **extensión** del impacto es **local**, limitada al perímetro inmediato de las instalaciones. La **duración** es **corta**, dado que el suelo removido se estabiliza rápidamente y, al finalizar el proyecto, los agujeros serán rellenados (haciendo el impacto **reversible** en el corto plazo). La **recuperabilidad** mediante acciones humanas es **alta** –los suelos pueden ser fácilmente restituidos al retirar la infraestructura. No se generan efectos acumulativos ni sinérgicos relevantes (impacto **negativo** leve).

- **Agua continental**: No se contempla interacción directa con el agua superficial ni subterránea durante esta acción. Las geocercas se ubican fuera del cauce activo, por lo que **no hay impacto** en la calidad ni dinámica del agua. No ocurren vertidos, ni alteraciones en escurrimientos. Se descarta impacto en este componente (magnitud nula).

- **Procesos del medio abiótico**: Dado que la delimitación no modifica significativamente la topografía ni los procesos físicos del entorno, **no se presentan impactos** notables en la geomorfología ni en la dinámica hídrica. La presencia de cercos no interfiere con la infiltración, el flujo natural del río ni genera erosión apreciable. Por lo tanto, se considera un impacto **nulo** en los procesos abióticos locales.

- **Vegetación**: La instalación de infraestructura temporal **evita afectar la vegetación en pie**, limitándose a áreas ya despejadas o de muy baja cobertura. Sin embargo, podría requerirse **remoción selectiva de matorrales o hierba** justo en la línea de colocación de la malla o en accesos, implicando una pérdida **muy menor** de cobertura vegetal. La **magnitud** del impacto es **baja** (solo vegetación ruderal de rápido crecimiento). La **extensión** es **localizada** a la línea perimetral; la **duración** es **corta** y **temporal**, dado que al removerse la cerca al final, la vegetación puede regenerarse (impacto reversible naturalmente en mediano plazo). La **recuperabilidad** es **alta** mediante revegetación natural asistida. Este impacto **negativo** es aislado, **no sinérgico** con otras acciones y sin acumulación significativa (efecto negativo menor).

- **Fauna:** La presencia de personal y la colocación de cercas pueden **ahuyentar temporalmente la fauna local** (ej. aves, reptiles) debido al **ruido y actividad humana** durante la instalación. No obstante, al ser una acción breve y acotada espacialmente, la fauna se desplazará a zonas contiguas sin afectación duradera. La **magnitud** del impacto es **baja** (perturbación leve, sin mortalidad de fauna). Es de **alcance local** (solo fauna presente en el sitio) y **duración corta**; una vez terminada la instalación, la fauna podrá reocupar áreas cercanas. El impacto es **reversible** en el corto plazo de forma natural (los animales retornan cuando cesa la molestia). La **recuperación** no requiere intervención (simplemente cese de la actividad). No hay efectos sinérgicos notables con otras acciones y no se acumula en el tiempo. Se clasifica como impacto **negativo** menor.

- **Procesos del medio biótico:** No se prevén alteraciones en las interacciones ecológicas o ciclos biogeoquímicos por esta actividad. La escala reducida de la perturbación (pequeñas franjas perimetrales) implica que **no hay un impacto significativo** en procesos como polinización, dispersión de semillas o cadenas tróficas. Por tanto, se considera **nulo** o despreciable el efecto sobre los procesos bióticos del ecosistema.

- **Medio perceptual (paisaje):** La instalación de señalamientos y mallas perimetrales introduce **elementos visuales artificiales** en el paisaje ribereño, generando un **impacto negativo leve** en la estética. La **magnitud** es **baja**, ya que los cercos de geomalla son discretos (color neutro, altura ~1.2 m) y temporales. La **extensión** del impacto visual es **local** (perceptible solo en las inmediaciones del sitio, no desde núcleos alejados). Su **duración** es **mediana**, pues persistirá durante toda la vida del proyecto (10 años), aunque al ser removidos al final, el paisaje retornará a su estado original (impacto **reversible** a largo plazo). La **recuperabilidad** es **alta** una vez retirada la infraestructura (no deja cicatrices permanentes). No hay sinergia significativa con otros impactos visuales, pues no existen otras estructuras mayores; tampoco una acumulación, dado que el cambio

paisajístico desaparece al desmontar todo. Se considera un impacto **negativo** pero de **baja magnitud** y **carácter temporal**.

- **Usos del suelo rústico:** La delimitación del área podría **restringir el acceso** a la zona de extracción para la población local (ej. limitando el paso de ganado o personas a través del río en ese punto). Sin embargo, al tratarse de terrenos federales de cauce y sus riberas inmediatas (normalmente no destinados a actividades productivas permanentes), el efecto sobre usos rústicos (agricultura, ganadería) es **mínimo** o nulo. En caso de que existiera tránsito ocasional por el sitio, la señalización redirigirá dichos usos sin mayor conflicto. Por tanto, **no se considera un impacto significativo**: magnitud **nula a muy baja**, extensión local, sin efecto acumulativo.

- **Población (salud, seguridad y bienestar):** La instalación de señalamientos de **advertencia y delimitación** tiene un **efecto positivo en la seguridad** de la población y trabajadores, al prevenir el ingreso inadvertido a una zona de obra. Este **impacto positivo** mejora la protección del público, aunque de **magnitud baja** (beneficio preventivo difícil de cuantificar). Su extensión es local (comunidad inmediata y usuarios del área), duración larga (vigente todo el periodo operativo), y actúa sinérgicamente con las medidas de seguridad industrial. No obstante, desde la perspectiva de impacto ambiental tradicional, no hay cambios adversos en salud o bienestar general de la población por esta actividad (no genera ruido significativo, ni polvo, ni riesgos ambientales). En síntesis, se registra un impacto **positivo menor** en este componente, ligado a la **prevención de accidentes**.

- **Economía:** La acción es de pequeña escala y **no incide de manera tangible en la economía local**. Puede implicar la **contratación de mano de obra** local por única vez para instalar cercos, generando un **beneficio económico puntual** (empleo temporal de muy corta duración). La magnitud de este efecto positivo es **muy baja**, dada la inversión y empleo reducidos. Se limita al ámbito local inmediato, sin relevancia regional. No hay efectos sinérgicos ni acumulativos en la economía, pues se trata de un evento único. Se clasifica como impacto **positivo** marginal por la **derrama económica** mínima asociada.

- **Infraestructura y servicios:** La movilización de materiales (postes, rollos de malla) hacia el sitio podría **usar caminos locales existentes**, pero el volumen de tránsito es muy bajo (uno o dos vehículos ligeros), por lo que **no se afectan las vialidades ni los servicios**. No se requiere nueva infraestructura de apoyo para esta actividad. Consecuentemente, **no hay impacto** significativo sobre caminos, puentes, redes eléctricas, agua u otros servicios públicos.

- **Núcleos poblacionales:** Los pueblos o asentamientos cercanos no experimentan efectos por la simple delimitación física del sitio. La **distancia (≥200 m)** y la naturaleza inofensiva de la actividad hacen que **no haya impacto perceptible** en la tranquilidad, calidad de vida o dinámica de los núcleos poblacionales aledaños. No se generan ruidos ni tráfico apreciables que lleguen a las localidades; visualmente, los cercos difícilmente serán notados fuera del área inmediata. Por tanto, se considera **nula** la alteración sobre las poblaciones vecinas.

Se presentan los criterios de evaluación de acuerdo con la metodología de Conesa para cada componente ambiental afectado.

**Tabla V.1**. Evaluación de impactos ambientales de la actividad "Instalación de infraestructura temporal (delimitación física de áreas)".

| Componente | Magnitud | Duración | Extensión | Reversibilidad | Recuperabilidad | Periodicidad | Sinergia | Acumulación | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Clima (atmósfera)** | Nula | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | No | No | Neutral |
| **Tierra – Suelo** | Baja | Corta | Local | Reversible | Alta | Única | No | No | Negativo |
| **Agua continental** | Nula | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | No | No | Neutral |
| **Proc. abióticos** | Nula | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | No | No | Neutral |
| **Vegetación** | Baja | Corta | Local | Reversible | Alta | Única | No | No | Negativo |
| **Fauna** | Baja | Corta | Local | Reversible | Alta | Única | No | No | Negativo |
| **Proc. bióticos** | Nula | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | No | No | Neutral |
| **Medio perceptual** | Baja | Larga | Local | Reversible | Alta | Continua | No | No | Negativo |
| **Usos del suelo** | Nula | N/A | Local | N/A | N/A | Única | No | No | Neutral |
| **Población** | Baja | Larga | Local | N/A (positivo) | N/A | Continua | No | No | Positivo |
| **Economía** | Muy baja | Corta | Local | N/A (positivo) | N/A | Única | No | No | Positivo |
| **Infraes. y servicios** | Nula | N/A | Local | N/A | N/A | Única | No | No | Neutral |
| **Núcleos poblacionales** | Nula | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | No | No | Neutral |

**Análisis y justificación:** La **gran mayoría de los impactos** por la delimitación física resultan **no significativos** o de **magnitud baja**, debido a la escala limitada de la actividad. Componentes como clima, agua, procesos abióticos, infraestructura y núcleos poblacionales no se ven afectados en forma apreciable (calificación de magnitud nula o neutra). Los **impactos negativos identificados** (suelo, vegetación, fauna, paisaje) tienen **alcance estrictamente local** y son **de corta duración**, pues se restringen al momento de la instalación y pueden revertirse o mitigarse con facilidad. Por ejemplo, la leve perturbación del suelo al hincar postes es **reversible** al retirar la infraestructura y rellenar los huecos; de igual modo, la vegetación circundante recolonizará rápidamente las franjas despejadas (reversibilidad natural **alta**). Todos estos impactos se consideran **aislados**, sin efectos sinérgicos con otras acciones ni acumulativos en el tiempo, ya que ocurren una sola vez al inicio. En cuanto al **medio perceptual**, aunque la presencia de cercas supone un elemento extraño en el paisaje, su **magnitud baja** y carácter temporal justifican su calificación como impacto menor. Cabe destacar el **aspecto positivo en seguridad**: la señalización reduce el riesgo de accidentes, lo cual se valoró como un impacto benéfico (aunque de baja magnitud) sobre la población. En suma, la instalación de la infraestructura temporal **no provoca impactos ambientales significativos**; sus efectos adversos son

**mínimos, locales y temporales**, fácilmente manejables, mientras que aporta beneficios preventivos modestos en materia de seguridad y control de la obra.

### *V.2.1.2 Adecuación de bancos de extracción (limpieza superficial selectiva e instalación de cortinas de sedimentos)*

**Descripción:** Esta actividad comprende la preparación específica de los tres bancos aluviales para la extracción. Consta de dos acciones principales: **(a) Limpieza superficial selectiva**, que implica el retiro controlado de la vegetación herbácea y arbustiva no protegida que pudiera obstruir las operaciones, y **(b) Instalación de cortinas de sedimentos perimetrales** alrededor de los bancos, en caso de realizar dragado en áreas inundadas. El objetivo es acondicionar los sitios minimizando el impacto ecológico –removiendo solo la vegetación necesaria y preservando especies valiosas– y establecer barreras de control para evitar la dispersión de sedimentos durante la fase de extracción. Estas acciones se llevan a cabo **antes de iniciar la extracción**, en un periodo corto, y su influencia es fundamentalmente **local**, limitada a la superficie de cada banco y su orilla inmediata.

La **limpieza superficial selectiva** se realiza manualmente con herramientas ligeras (machetes, desbrozadoras) para cortar matorrales menores, **evitando arrancar raíces** y marcando para su conservación las especies de mayor porte (ej. sauces *Salix* spp. >10 cm diámetro). La biomasa retirada se tritura *in situ* y se esparce como cubierta temporal sobre el suelo, reduciendo la erosión eólica. Por su parte, la **instalación de cortinas de sedimentos** consiste en colocar mallas geotextiles perimetrales (porosas de ~150 µm) ancladas con estacas en el lecho, rodeando el 95% del perímetro de cada banco inundado. Estas cortinas actúan como barrera para retener sólidos suspendidos y controlar la turbidez durante eventuales dragados.

**Impactos identificados:** La adecuación de los bancos conlleva impactos ambientales más relevantes que la simple delimitación, pues implica **remoción de cobertura vegetal** y preparación del sustrato, lo cual repercute directamente sobre componentes bióticos (flora y fauna) y abióticos (suelo). No obstante, se trata de una **intervención controlada y selectiva**, dirigida a **minimizar daños** (conservando vegetación importante y aplicando medidas de control de erosión). En cuanto a las cortinas de sedimentos, su presencia tiene una función *mitigadora* de impactos al evitar la dispersión de partículas en el agua, aunque su instalación física representa una alteración menor en el medio. A continuación, se analizan los impactos por componente:

- **Clima (atmósfera):** La limpieza y colocación de cortinas se realizan manualmente o con equipo menor, **sin generar emisiones atmosféricas significativas**. A diferencia de la etapa operativa, aquí no hay maquinaria pesada generando polvo o gases de combustión; por tanto, **no se prevé impacto** apreciable en la calidad del aire. Puede haber una emisión fugaz de **polvo** al remover vegetación y pisar el suelo seco, pero de magnitud ínfima y temporal. En consecuencia, el impacto en clima/aire es **prácticamente nulo** (sin incidencia en temperatura, gases ni PM10).

- **Tierra – Suelo:** La **remoción de la vegetación superficial** deja expuesto al suelo en ciertas áreas del banco, aumentando momentáneamente su vulnerabilidad a la erosión hídrica y eólica. Se considera un impacto de **magnitud moderada**, ya que se elimina la

protección natural del suelo (hojarasca, raíces finas) en la zona intervenida. Sin embargo, varias medidas atenuantes acompañan esta acción: la **corta selectiva** evita extraer raíces, manteniendo parte de la estructura del suelo, y la aplicación de la capa de astillas/mulch de 10 cm actúa como cobertor temporal reduciendo la pérdida de suelo por viento. Aún con estas medidas, puede ocurrir **erosión superficial** si sobrevienen lluvias intensas antes de que se revegete, y cierto grado de **compactación local** por el tránsito del personal. La **extensión** del impacto se limita a las áreas dentro de los polígonos de cada banco (impacto **local**). En cuanto a la **duración**, sin mitigación podría extenderse hasta que la vegetación se recupere (mediano plazo); no obstante, con la pronta revegetación planificada, se espera que la exposición del suelo sea **temporal** (meses a pocos años). El impacto es en parte **irreversible naturalmente** (la pérdida de suelo fértil que llegue a ocurrir no se recupera espontáneamente), pero **recuperable** con intervención humana: la nivelación y restauración posterior permitirán reconstruir el sustrato en lo posible. Cabe mencionar que la literatura reporta la *pérdida de suelo* como uno de los impactos más severos e irreversibles en bancos de materiales, por lo que este aspecto se vigila cuidadosamente. No se esperan **efectos sinérgicos** significativos, salvo que la remoción de cobertura sumada a lluvias intensas podría potenciar la erosión (riesgo mitigado con las cortinas y mulch). Tampoco se espera **acumulación** progresiva: la afectación ocurre al inicio de forma puntual. Se clasifica el efecto global en suelo como **negativo**, de intensidad **moderada** pero **mitigable**.

- **Agua continental:** La acción de limpieza, por sí sola, **no involucra contacto directo con cuerpos de agua**; ocurre en bancos expuestos. Sin embargo, la eliminación de vegetación ribereña y la remoción superficial del suelo pueden **aumentar el escurrimiento de sedimentos al río** en eventos de lluvia, generando turbidez aguas abajo. La **magnitud** de este impacto potencial en calidad de agua es **baja a moderada**, dado que los bancos están algo alejados del cauce principal (se respeta una franja de amortiguamiento de ~10 m) y se instalan cortinas de sedimentos justamente para contener los sólidos suspendidos. Las **cortinas de sedimentos** constituyen una medida preventiva **positiva**: actuarán como filtro atrapando partículas finas y evitando que la turbidez se propague río abajo durante las operaciones de dragado. Por tanto, el efecto neto esperado en el agua es **leve**. La **extensión** sería **local** (sector inmediato del cauce junto al banco) y la **duración** corta, limitada a eventos concretos (lluvias durante la fase de obra o instantes de dragado). Gracias a las cortinas, cualquier aumento de turbidez será **reversible a muy corto plazo** (las partículas decantarán y el agua recuperará su claridad rápidamente). La **recuperabilidad** es **alta** con acciones humanas simples (p.ej. retirar el sedimento acumulado tras la cortina). En términos de **sinergia**, la presencia simultánea de varias cortinas en distintos bancos no suma impactos negativos, más bien **actúa sinérgicamente en sentido positivo** al proteger múltiples frentes. Tampoco hay **acumulación** dañina: no se van sumando contaminantes, solo sedimento temporal que se remueve o asienta naturalmente. Se considera entonces un impacto **negativo menor** en calidad de agua, adecuadamente controlado, compensado en parte por la **función beneficiosa** de las cortinas (impacto preventivo **positivo** sobre la calidad del agua).

- **Procesos del medio abiótico:** La retirada de la cubierta vegetal puede interferir en ciertos procesos físicos locales, principalmente **aumentando la escorrentía superficial y la erosión** en el banco. En ausencia de vegetación, el agua de lluvia fluirá con mayor velocidad sobre el terreno, pudiendo intensificar la **dinámica erosiva** y el transporte de sedimentos hacia el río. Este cambio en el proceso erosivo es de **magnitud moderada** a

escala micro-local, pero **controlado** mediante las barreras de sedimentos. Asimismo, a nivel de procesos geomorfológicos mayores, la actividad prepara el escenario para la extracción: al remover parte del sustrato (vegetación y suelo suelto), se facilita la modificación morfológica posterior. Sin embargo, la instalación de cortinas evita que ese material erosionado se disperse río abajo, confinándolo. La **extensión** del efecto es local. La **duración** es corta y ocurre principalmente durante eventos meteorológicos o durante la operación activa; no es un cambio permanente en la geomorfología, ya que luego se restaurará la forma del banco. **Reversibilidad:** los procesos erosivos inducidos pueden frenarse y revertirse con la restauración (perfilado de taludes, revegetación) al final del proyecto, devolviendo condiciones similares a las naturales. **Recuperabilidad:** alta, mediante obras de restauración que reconformen el banco. En cuanto a **sinergia/acumulación:** podría haber *sinergia negativa* si coinciden temporales de lluvia fuertes justo tras la limpieza, amplificando la erosión; no obstante, esto se ha previsto temporizando las obras en temporada seca. No se espera acumulación de efectos: cada lluvia produce un pulso de erosión que es mitigado, no una degradación progresiva permanente. Se califica este impacto como **negativo moderado**, pero **temporal y manejable** con las medidas de control implementadas.

- **Vegetación:** La **limpieza superficial selectiva** implica la **eliminación de parte de la vegetación existente** en los bancos, por lo que el impacto en este componente es **directo**. La **magnitud** depende de la cantidad y tipo de vegetación removida: en este caso es **moderada**, dado que se restringe a matorrales y herbáceas comunes (*no* a árboles grandes ni especies protegidas). Se estima que la cubierta vegetal se reducirá significativamente en las áreas de extracción, aunque deliberadamente **se conservan individuos valiosos** (ej. árboles de *Salix* spp.) marcados para no tocarlos. Por tanto, no ocurre una deforestación total del sitio, pero sí una **pérdida parcial de vegetación**. La **extensión** es **local** (solo dentro de cada banco. La **duración** del impacto, sin mitigación, podría ser **larga**, ya que naturalmente la regeneración completa de la vegetación tardaría años. No obstante, el proyecto contempla **revegetación activa** en la etapa de abandono, lo que hará que el impacto sea **reversible a mediano plazo** (un par de años para reestablecer cobertura herbácea significativa). De hecho, se espera lograr ≥40% de cobertura vegetal en 2 años post-cierre, acortando la duración efectiva del impacto. La **recuperabilidad** es **alta** con la intervención humana (hidrosiembra, plantación de especies nativas) planeada. **Sinergia:** La eliminación de vegetación puede tener sinergia negativa con la pérdida de suelo –menos raíces implican más erosión–, pero las acciones conjuntas (mulch, cortinas) reducen ese efecto combinado. **Acumulación:** la pérdida de vegetación es básicamente instantánea en la preparación inicial; no es un proceso que se siga profundizando, excepto que no se recuperaría hasta la restauración. Así, no hay acumulación progresiva (se produce de una vez). Globalmente, se considera un impacto **negativo** de importancia **moderada**, ya que se suprime temporalmente la comunidad vegetal existente, aunque con **potencial de recuperación** al término del proyecto.

- **Fauna:** La remoción de vegetación y la presencia de operarios provocan un **efecto perturbador en la fauna local**. La **pérdida de hábitat** (cobertura vegetal) reduce refugio y alimento para numerosas especies (aves insectívoras, pequeños mamíferos, reptiles, insectos) en la zona de los bancos, forzando su desplazamiento. Este impacto tiene **magnitud moderada**: si bien no hay especies endémicas únicas en estos matorrales, la fauna silvestre común experimenta estrés y **desalojo del área intervenida**. La **extensión** es **local** a cada banco; fauna de movilidad limitada (anfibios, micromamíferos)

podría verse más afectada al no poder reubicarse fácilmente fuera del área limpiada. La **duración** es **mediana**, en tanto la perturbación perdura mientras la cobertura vegetal esté ausente; muchas especies no retornarán hasta que la vegetación se recupere. Con la **restauración ecológica** al final (revegetación), se espera que la fauna paulatinamente vuelva, indicando que el impacto es **parcialmente reversible** a largo plazo (pero no totalmente: individuos más sedentarios podrían perder territorio o perecer si no hallan refugio alterno). La **recuperabilidad** se considera **media**: se puede ayudar a restaurar hábitat plantando flora, pero la recolonización faunística dependerá de la dispersión natural. **Sinergia:** la combinación de ruido, movimiento de personas y pérdida de vegetación tiene un efecto sinérgico que agrava la perturbación a la fauna (varios factores de molestia actuando a la vez). **Acumulación:** no exactamente, pues ocurre al inicio de las obras; sin embargo, si se limpian bancos progresivamente, el efecto puede repetirse en sitios distintos (impacto repetitivo, pero espacialmente separado). Se evalúa globalmente como impacto **negativo moderado**, por la pérdida temporal de fauna en el área de influencia directa. Mitigaciones recomendadas (por ejemplo, rescate y ahuyentamiento controlado de fauna antes de limpiar, creación de refugios temporales) pueden reducir la magnitud real.

- **Procesos del medio biótico:** La eliminación de parte de la biota vegetal y el desplazamiento de fauna pueden alterar **procesos ecológicos locales**. Por ejemplo, habrá una **disminución en la productividad primaria** y en el ciclo de nutrientes del suelo, al quitar vegetación que aportaba hojarasca. También podría afectarse la **polinización** y dispersión de semillas en la zona intervenida por ausencia temporal de plantas floreciendo y de fauna polinizadora/refugiante. Estas alteraciones se consideran de **magnitud baja**, ya que son de corto alcance espacial y parcial (el entorno adyacente conserva su vegetación y fauna, proveyendo continuidad a los procesos). La **extensión** es local, circunscrita al polígono del banco. **Duración:** mediana, mientras dura la fase operativa sin vegetación; con la recuperación ecológica, los procesos se restablecerán (ej. la materia orgánica del mulch aportado ayuda a mantener algo el ciclo de nutrientes). **Reversibilidad:** alta en el mediano plazo, una vez restaurado el hábitat, los procesos bióticos (ciclos y relaciones ecológicas) tenderán a reequilibrarse. **Recuperabilidad:** factible con ayuda (revegetar y mejorar suelo). No se identifican **sinergias** críticas adicionales (los procesos se detienen, pero no generan cascadas irreversibles, dado el aislamiento de la acción). Sin acumulación: es una interrupción temporal, no un efecto acumulativo. Se trata de un impacto **negativo menor** en términos ecológicos funcionales, dado que el ecosistema ribereño conserva funcionalidad alrededor y se prevé su rehabilitación.

- **Medio perceptual (paisaje):** La adecuación de los bancos provoca un **deterioro visual notable pero temporal**. La remoción de vegetación deja áreas desnudas de suelo, cambiando la apariencia natural verde de los bancos a un aspecto terroso y antropizado. Además, durante la instalación de cortinas y limpieza puede haber maquinaria ligera o personal visible. La **magnitud** del impacto paisajístico es **moderada**, ya que la alteración visual es evidente en cada sitio intervenido. La **extensión** es **local**, afectando la escena del paisaje ribereño principalmente para observadores cercanos (p. ej., habitantes, pescadores o transeúntes en las inmediaciones del río San Pedro). Desde lejos, el efecto es menos perceptible. En cuanto a la **duración**, se prolonga durante toda la etapa de operación (los bancos permanecerán con escasa vegetación hasta la restauración), pudiendo considerarse de **mediano a largo plazo** (varios años). Sin embargo, es **reversible** a largo plazo: al concluir el proyecto, se restaurará la morfología y se revegetará,

recuperando el paisaje natural en gran medida. La **recuperabilidad** es **alta** mediante acciones de reconfiguración y revegetación del terreno al cierre. **Sinergia:** el impacto visual podría acentuarse si varios bancos son visibles simultáneamente (efecto conjunto de varios claros en el paisaje), lo cual sería un tipo de *sinergia acumulativa espacial* no muy frecuente dado que los bancos están separados. **Acumulación:** en el tiempo, si la perturbación visual se mantiene por años, la percepción negativa podría acumularse en la opinión pública, pero al haber planes de restauración, no será permanente. En general, se califica como impacto **negativo moderado** en el medio escénico, con la expectativa de una **mejoría significativa al restaurarse la zona**.

- **Usos del suelo rústico:** Antes del proyecto, los bancos aluviales no tenían un uso intensivo (más allá de ser parte del cauce mayor del río, quizá aprovechados esporádicamente para pastoreo extensivo en épocas secas o como paso). La limpieza de vegetación y colocación de cortinas **limitan cualquier uso previo**: por ejemplo, el ganado ya no podrá pastar en esos bancos desnudos ni cruzar libremente donde se instalen barreras, y personas que recolectarán leña o materiales no podrán hacerlo durante la operación. Esto representa un **impacto negativo menor** en usos del suelo rústico locales, pues dichas actividades eran eventuales. La **magnitud** es **baja**: se pierde temporalmente una superficie natural accesible, pero no se afecta tierra de cultivo ni asentamientos. **Extensión:** local al sitio. **Duración:** mediana (todo el periodo operativo, hasta que se rehabilite el área al final). **Reversibilidad:** alta a largo plazo, ya que, tras la restauración morfológica y ecológica, el área podría volver a usarse de forma similar a la original (ej. para pastoreo controlado). **Recuperabilidad:** posible con la reintegración del espacio a la comunidad tras concluir el proyecto. Sinergias y acumulación no relevantes (no hay varios proyectos similares simultáneos en la zona que sumen pérdida de terrenos; la afectación es aislada). Se mantiene como impacto **negativo, poco significativo** para los usos rústicos.

- **Población (salud, seguridad y bienestar):** La adecuación de los bancos en sí no genera riesgos graves para la población. No obstante, **podrían ocurrir molestias menores**: *p.ej.*, **ruido** de las motosierras o desbrozadoras durante la limpieza, que podría ser audible en cortas distancias; también, **polvo** al remover la capa superficial en épocas secas, que podría dispersarse ligeramente. Estas emisiones son **limitadas** y esporádicas, por lo que la **magnitud** del impacto sobre la población (en términos de salud o comodidad) es **baja**. La **extensión** sería muy local (posiblemente solo alguna vivienda o persona cercana, si la hubiera). La **duración** es corta (solo durante días puntuales de las actividades de limpieza, no constante). Además, la instalación de cortinas de sedimento no provoca molestias al público, más bien previene problemas (evita turbidez que pudiera afectar toma de agua río abajo, aunque no se reporta alguna). **Reversibilidad:** inmediata; cesando la actividad cesa cualquier molestia (ruido o polvo se disipan rápidamente). **Recuperabilidad:** en este caso aplica a que cualquier ligera afectación (ej. depósito de polvo en viviendas) se limpia fácilmente; no hay daños permanentes. **Sinergia:** podría haber sinergia entre polvo y alergias preexistentes en alguna persona, pero es un caso hipotético muy menor. **Acumulación:** no, dado que son eventos puntuales, no una exposición crónica. Globalmente, el efecto sobre la población es **negativo insignificante**. Adicionalmente, podría mencionarse un **impacto positivo indirecto**: al preparar adecuadamente los bancos, se reducen riesgos mayores durante la operación (p.ej., evita inundaciones súbitas de sedimentos), lo cual beneficia a la seguridad de comunidad

aguas abajo, aunque este efecto benéfico es más teórico que medible. En resumen, no se esperan impactos significativos en salud pública ni bienestar por esta actividad.

- **Economía:** La limpieza selectiva y la instalación de cortinas requieren **mano de obra local** (peones, operadores) y compra/uso de insumos (malla geotextil, estacas), representando un **gasto/inversión del proyecto** que **beneficia ligeramente a la economía local** en el corto plazo. La **magnitud positiva** es **baja**, dado que son trabajos de corta duración y escasa contratación (tal vez unas cuantas jornadas de trabajo para unas pocas personas de la comunidad). A nivel regional o municipal, el efecto económico es despreciable; se limita al entorno inmediato. **Extensión:** local (comunidades cercanas que proveen trabajadores). **Duración:** corta (solo durante la etapa preparatoria, luego ese empleo temporal cesa). **Reversibilidad:** N/A en impactos positivos (podría considerarse que, una vez terminada la actividad, el beneficio económico termina, pero no es un "daño" que recuperar). **Sinergia:** esta generación de empleo temporal actúa en conjunto con otras del proyecto (como la etapa operativa) sumando beneficios económicos, es decir, hay **sinergia positiva** al integrar todas las fases productivas que emplean gente. **Acumulación:** en un sentido positivo, la derrama económica del proyecto se va acumulando a lo largo de las etapas (en preparativos, operación, etc.), pero en esta fase puntual es modesta. En suma, se identifica un impacto **positivo bajo** en la economía local por la **generación de algunos empleos y compras** asociadas a la adecuación de los bancos.

- **Infraestructura y servicios:** Para la limpieza y transporte de material vegetal retirado, así como para llevar e instalar las cortinas de sedimentos, se utiliza la **brecha de acceso existente** hacia los bancos. Podría haber un **leve incremento en el tráfico** de vehículos de carga ligera por caminos rurales al mover las cortinas y personal. Esto representa un impacto **menor**: la **magnitud** es **muy baja**, pues el número de viajes es escaso y el peso de lo transportado (rollos de malla, estacas) no es elevado. No se anticipa daño en los caminos ni saturación del tránsito. **Extensión:** local (el camino de acceso específico). **Duración:** corta (limitada a días de preparación). **Reversibilidad:** inmediata (cualquier pequeña perturbación en el camino, huellas, se puede subsanar fácilmente). No se afecta ninguna red de servicios básicos (electricidad, agua potable, etc.), dado que las actividades se realizan en zona no urbanizada. **Sinergia:** no relevante. **Acumulación:** no, es un efecto puntual sin repetirse. Por consiguiente, se considera **no significativo** el impacto en infraestructura vial local, siendo fácilmente prevenible con un adecuado manejo logístico (e.g., límite de velocidad y peso de vehículos).

- **Núcleos poblacionales:** Las comunidades cercanas (p. ej. la cabecera municipal de Ruíz u otros poblados ribereños) **no experimentarán cambios** debido a estas actividades preparatorias. La distancia y aislamiento de los bancos significan que el **ruido de desbroce o la vista de áreas despejadas** difícilmente alcancen a los núcleos habitados. Quizá solo las **localidades muy próximas aguas abajo** podrían notar una ligera turbidez si no hubiera cortinas, pero con las medidas implementadas, no habrá tal efecto. En síntesis, **no hay impacto relevante** en los núcleos poblacionales: la vida cotidiana de los habitantes no se altera por la limpieza de vegetación ni la instalación de mallas dentro del cauce. Magnitud nula.

**Tabla V.2**. Evaluación de impactos ambientales de la actividad "Adecuación de bancos de extracción (limpieza superficial selectiva e instalación de cortinas de sedimentos)".

| Componente | Magnitud | Duración | Extensión | Reversibilidad | Recuperabilidad | Periodicidad | Sinergia | Acumulación | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Clima (atmósfera)** | Nula | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | No | No | Neutral |
| **Tierra – Suelo** | Moderada | Temporal | Local | Parcial (natural) | Alta (con mitigación) | Única | Parcial (lluvia) | No | Negativo |
| **Agua continental** | Baja | Corta | Local | Reversible | Alta | Ocasional (eventos) | No (controlada) | No | Negativo |
| **Proc. abióticos** | Moderada | Corta | Local | Reversible | Alta | Ocasional | Sí (erosión-lluvia) | No | Negativo |
| **Vegetación** | Moderada | Mediana | Local | Reversible (lento) | Alta (con apoyo) | Única | No (aislada) | No | Negativo |
| **Fauna** | Moderada | Mediana | Local | Parcial | Media | Única | Sí (perturbación múltiple) | No | Negativo |
| **Proc. bióticos** | Baja | Mediana | Local | Reversible | Alta | Única | No | No | Negativo |
| **Medio perceptual** | Moderada | Larga | Local | Reversible (largo plazo) | Alta | Continua (hasta restauración) | Sí (varios bancos) | No | Negativo |
| **Usos del suelo** | Baja | Larga | Local | Reversible | Alta | Continua (operación) | No | No | Negativo |
| **Población** | Baja | Corta | Local | Reversible | Alta | Ocasional | No | No | Negativo |
| **Economía** | Baja (+) | Corta | Local | N/A (positivo) | N/A | Única | Sí (suma a otros empleos) | Sí (+) | Positivo |
| **Infraes. y servicios** | Muy baja | Corta | Local | Reversible | Alta | Única | No | No | Negativo |
| **Núcleos poblacionales** | Nula | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | No | No | Neutral |

**Análisis y justificación:** Los resultados de la matriz reflejan que la **adecuación de los bancos** tiene algunos impactos negativos de consideración **moderada**, principalmente asociados a la **pérdida de vegetación y suelo**, y sus efectos colaterales (perturbación de fauna, erosión, cambios visuales). Estos impactos se manifiestan localmente en el área del proyecto y, aunque **temporales**, pueden extenderse durante gran parte de la fase operativa (hasta que la restauración los revierta). Por ejemplo, la eliminación de matorrales es un impacto de **magnitud moderada**: reduce la cubierta vegetal significativamente, lo cual justifica la calificación de **duración mediana** y **extensión local**. Este hecho conlleva una **pérdida de hábitat** para fauna y expone el suelo a erosión, de ahí que tanto *fauna* como *suelo* compartan evaluaciones de impacto **moderado**. Cabe subrayar la **irreversibilidad parcial natural** de la pérdida de suelo fértil: una vez removido, el suelo original tarda siglos en regenerarse; sin embargo, gracias a la

intervención (rellenos y enmiendas), se le asignó una **recuperabilidad alta con mitigación**, lo que atenúa el impacto.

La instalación de **cortinas de sedimentos**, por otro lado, aporta un **efecto benéfico** claro en el componente *agua*: actúa reduciendo la turbidez potencial en el río. Esto se evidencia en la evaluación de *agua continental*, donde la magnitud del impacto negativo se mantiene **baja** y de **duración corta**, señal de que las cortinas evitarán un impacto mayor. De hecho, podría argumentarse un impacto **positivo** en la calidad de agua al contener sedimentos, pero aquí se ha calificado conservadoramente el "impacto por generar" (turbidez posible) como negativo leve, destacando que la **sinergia** entre la acción de dragado y la cortina es **positiva** (mitiga el efecto).

El **paisaje** sufre una alteración visible durante años, por lo que se valoró con magnitud **moderada** y duración **larga**, aunque su **reversibilidad** a largo plazo está garantizada por la restauración final. De forma similar, los **usos del suelo** tradicionales quedan desplazados mientras el proyecto opera en esos bancos, pero se restablecerán luego (impacto menor, reversible).

En cuanto a la **población humana**, las molestias identificadas (ruido leve, polvo esporádico) son de **baja magnitud** y muy acotadas (quizá algunas personas cercanas). Estas se consideran **transitorias** y fácilmente reversibles; por ello se calificó el impacto como **bajo y no significativo**. No se esperan impactos a la salud ni a la seguridad pública más allá de niveles normales.

Los **impactos positivos** de esta actividad, aunque modestos, también fueron reconocidos: el empleo temporal y la compra de materiales benefician un poco la economía local (impacto positivo **bajo**), sumándose sinérgicamente a la derrama económica general del proyecto. La propia preparación cuidadosa de los bancos (limpieza selectiva, controles) sienta las bases para una operación más segura y sostenible, evitando problemas mayores –un beneficio preventivo difícil de cuantificar, pero real en términos ambientales.

En general, la **adecuación de los bancos** presenta impactos mayoritariamente **moderados a bajos**, manejables mediante las medidas incorporadas. Las acciones de mitigación intrínsecas (p. ej. dejar mulch, usar cortinas) **reducen significativamente la gravedad** de los impactos potenciales, conteniéndolos en el sitio y en un lapso definido. Si bien se pierde temporalmente parte del valor natural (suelo, vegetación, fauna), el proyecto contempla su **recuperación al abandono**, lo que otorga una alta reversibilidad a largo plazo. Esta evaluación concuerda con estudios que señalan la importancia de **mitigar y restaurar** tras la explotación para no dejar impactos irreversibles. En síntesis, se justifica cada calificación asignada: donde la afectación es sensible (suelo, biota), se reflejó con magnitud moderada, y donde el efecto es limitado o controlado (agua, población, etc.), se indicó como bajo o nulo. El balance de esta acción preparatoria es de impactos negativos **moderados localizados**, compensados en parte por **prevenciones efectivas** y con miras a la restauración futura.

### *V.2.1.3 Preparación de controles ambientales (sistema integrado de control de contaminantes)*

**Descripción:** Esta acción corresponde a la implementación de un **sistema integrado de control ambiental** previo al inicio de las operaciones extractivas. Incluye la instalación de equipamiento y medidas para prevenir la contaminación durante el proyecto, tales como: **tanques o pipas para riego antipolvo**, un **sanitario portátil** para los trabajadores, y contenedores para la **gestión segregada de residuos sólidos** (orgánicos, inorgánicos y peligrosos). También abarca la preparación de kits para atención de derrames (absorbedores, recipientes) y señalización de prácticas adecuadas. El objetivo es **anticipar y minimizar** emisiones y descargas contaminantes: controlar la dispersión de polvo en caminos y frentes de trabajo mediante riego frecuente, evitar descargas directas de aguas negras gestionando los efluentes sanitarios adecuadamente, y manejar residuos de forma responsable (almacenamiento temporal seguro y disposición en sitios autorizados). Esta preparación ocurre durante la fase inicial pero sus elementos operarán a lo largo de todo el proyecto.

**Impactos identificados:** A diferencia de otras actividades, este apartado **no genera impactos negativos significativos**, sino que por el contrario introduce **mejoras ambientales** dentro del proyecto. Se trata de medidas preventivas cuyo efecto es mayormente **positivo**, ya que reducen la magnitud de impactos que de otro modo ocurrirían (polvo, residuos, derrames). La instalación de estos controles conlleva afectaciones mínimas (p. ej. colocar un sanitario portátil tiene impacto trivial), mientras que sus beneficios se extienden sobre varios componentes ambientales durante la operación. A continuación, los impactos por componente:

- **Clima (atmósfera):** El principal beneficio de este sistema es el **control de emisiones de polvo** a la atmósfera. La disposición de pipas de riego y cisternas permitirá humidificar las vías y zonas de trabajo de forma continua durante la operación, manteniendo las concentraciones de material particulado (PM_10) por debajo de límites normados. Por tanto, se espera una **reducción significativa del polvo fugitivo**, impactando positivamente la calidad del aire local. La **magnitud** de este impacto positivo es **alta** en el contexto del proyecto (disminuye en gran medida un contaminante clave). Su **extensión** es **local** (área de influencia directa donde el polvo sería emitido y ahora es controlado) pero con efecto benéfico también para la atmósfera de alrededores inmediatos. La **duración** es **continua durante toda la etapa operativa**, aplicándose riego diario; por ende, el **beneficio** persiste mientras haya riesgo de polvo. Al finalizar el proyecto, ya sin fuentes de polvo, la medida deja de ser necesaria (su efecto no trasciende más allá, por lo que no hay permanencia posproyecto). Dado que es un impacto benéfico, no aplica reversibilidad/recuperabilidad en el sentido tradicional, sino que **contribuye a mantener el aire en condiciones cercanas a la línea base**. **Sinergia positiva:** esta medida actúa en conjunto con la cobertura vegetal remanente y el mulch para suprimir el polvo; todas refuerzan el resultado. **Acumulación positiva:** el riego constante previene la acumulación de partículas en el aire día tras día. En suma, se califica como impacto **positivo alto** en atmósfera (mejora de la calidad del aire por mitigación de polvo). Es importante señalar que el riego mismo implica consumir agua, pero se priorizará el uso de **agua pluvial reciclada** y métodos eficientes de aspersión, minimizando cualquier impacto por uso de recurso hídrico.

- **Tierra – Suelo:** El sistema integrado incluye medidas para **evitar la contaminación del suelo**. Por ejemplo, la presencia de contenedores para residuos (incluidos recipientes especiales para residuos peligrosos, como aceite usado) **previene derrames o dispersión de basura en el terreno**. Asimismo, el sanitario portátil evita descargas de aguas negras al suelo, eliminando una fuente potencial de contaminación orgánica. Estos controles aportan un **impacto positivo**: protegen la calidad del suelo en la zona de obra. La **magnitud** del beneficio es **moderada**, ya que sin ellos podría haber pequeñas contaminaciones dispersas (basura tirada, manchas de aceite) y con ellos se reducen sustancialmente. La **extensión** es **local** (dentro del campamento o área de trabajo donde se generarían residuos). **Duración:** todo el periodo de operación; permanentemente se evitarán impactos, por lo que el efecto benéfico es continuo. **Reversibilidad:** no aplica en positivo, pero básicamente se **mantiene la condición original** del suelo (limpio) a lo largo del proyecto, evitando daños que luego habría que remediar. **Recuperabilidad:** en caso de algún evento, con estas medidas la recuperación es rápida (p.ej. si hay un derrame menor, el kit de contingencia permite limpiarlo enseguida). **Sinergia positiva:** la combinación de buenas prácticas (manejo de residuos + mantenimiento preventivo de maquinaria) actúa conjuntamente para proteger el suelo de contaminantes. **Acumulación positiva:** a lo largo del tiempo, mantener el sitio libre de residuos evita la acumulación de contaminantes en el sustrato. En resumen, **impacto positivo** en la protección del suelo.

- **Agua continental:** Aunque en esta etapa preparatoria no se interactúa directamente con cuerpos de agua, las medidas implementadas tienen implicaciones para **proteger la calidad del agua** durante el proyecto. El sanitario portátil con gestión adecuada impide que **efluentes sanitarios** (coliformes, nutrientes) se infiltren al manto freático o escurran al río; en su lugar, estos serán retirados por una empresa autorizada. Igualmente, el manejo correcto de residuos peligrosos (ej. aceites) evita que con la lluvia sean arrastrados a cuerpos de agua. Por tanto, el sistema de control contribuye a **prevenir la contaminación hídrica**. La **magnitud** de este beneficio es **moderada** (importante en términos cualitativos, aunque la probabilidad de contaminación grave sin estas medidas quizá sería baja; aun así, se elimina el riesgo). **Extensión:** local, asegurando que ni el río San Pedro adyacente ni las corrientes subsuperficiales inmediatas reciban contaminantes del proyecto. **Duración:** permanente durante toda la vida del proyecto; cada día que se gestionan adecuadamente los residuos se está evitando un posible impacto al agua. **Sinergia:** positiva, ya que sumado a las cortinas de sedimentos y planes de mantenimiento (evitar fugas de combustible) se refuerza integralmente la protección al recurso hídrico. **Tipo:** impacto **positivamente preventivo** sobre el agua. (Cabe notar que el **consumo de agua** para riego antipolvo es el único aspecto que podría considerarse negativo menor: se utilizará agua –preferentemente pluvial acumulada– para asperjar, representando un **uso de recurso**. No obstante, este consumo es relativamente bajo y sostenible, y se justifica ampliamente por el beneficio en control de polvo, por lo que no se lo califica como impacto negativo significativo en el balance hídrico local).

- **Procesos del medio abiótico:** Las medidas de control no alteran procesos físicos naturales (como erosión, sedimentación, flujo hídrico); al contrario, **contribuyen a estabilizarlos** evitando perturbaciones antrópicas. Por ejemplo, el riego antipolvo además de mejorar el aire **evita la erosión eólica** excesiva del suelo, manteniendo el proceso eólico dentro de rangos naturales. La correcta gestión de residuos previene introducción de materiales extraños que pudieran alterar ciclos geoquímicos locales. En general, el

impacto aquí sería **positivo** pero muy **leve** y difícil de medir, esencialmente manteniendo los procesos abióticos sin cambios significativos. Se puede considerar magnitud baja positiva (mantiene *status quo*), no hay extensión más allá del sitio, y es constante durante el proyecto. Sinergia positiva con otras prácticas de orden y limpieza que mantienen la estabilidad física del entorno.

- **Vegetación:** Indirectamente, el control de polvo y contaminantes **beneficia a la vegetación cercana**. La deposición de polvo sobre las hojas puede inhibir la fotosíntesis y afectar la vegetación circundante; con el riego constante, se minimiza esa deposición, favoreciendo a las plantas remanentes alrededor del sitio. Asimismo, evitar derrames de hidrocarburos o acumulación de basura protege a la vegetación ribereña de daños químicos o mecánicos. Aunque no se planta nada en esta etapa (eso vendrá después), estas medidas **ayudan a conservar la vegetación existente** en mejores condiciones. Por tanto, se puede considerar un **impacto positivo muy localizado**: magnitud baja (el beneficio en vegetación es sutil), extensión local (plantas inmediatas al camino y bancos), duración continua durante operaciones. Sinergia: positiva, ya que complementa la conservación de individuos protegidos que no se talaron, manteniéndolos libres de polvo y contaminación.

- **Fauna:** De forma similar, la fauna silvestre en la periferia del proyecto se ve menos afectada gracias a estos controles. Por ejemplo, reduciendo el polvo se mejora la **calidad del aire** que también respiran los animales, y se evita la sedimentación de polvo en agua que podría enturbiarla para especies acuáticas. También, al no haber basura accesible, se previene que fauna (mamíferos pequeños, aves) consuma residuos o se vea atraída de forma peligrosa al campamento. El sanitario portátil evita que olores o residuos orgánicos al aire libre atraigan fauna oportunista (como roedores) que pudieran luego ser considerados plagas. Así, se logra un entorno más limpio y seguro, que **mitiga posibles impactos en fauna**. La **magnitud** de este impacto positivo es **baja**, dado que la perturbación original a la fauna proviene más del ruido/actividad general que de la contaminación; aun así, es un beneficio complementario. Extensión local, duración continua. Impacto **positivo menor** en fauna (contribuye a su bienestar relativo durante la obra).

- **Procesos del medio biótico:** Mantener bajo control la contaminación contribuye a que los procesos ecológicos (cadenas alimenticias, ciclos de nutrientes) no sean interrumpidos por introducción de agentes externos. Por ejemplo, evitar contaminantes en el agua/ suelo asegura que no haya efectos tóxicos que alteren la descomposición o la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Son **mejoras preventivas** que, aunque sutiles, **ayudan a preservar el equilibrio ecológico local** frente a la perturbación. Magnitud baja positiva (mantienen procesos cerca de lo normal), extensión local, sinergia positiva global con otras medidas de mitigación ecológica.

- **Medio perceptual (paisaje):** La presencia de elementos como tanques de agua, contenedores de residuos o un baño portátil **añade equipamiento visible** en el sitio de obra, lo que podría considerarse un impacto visual negativo muy menor. No obstante, estos objetos son discretos en comparación con la maquinaria, y suelen ubicarse en la zona de campamento, no dispersos en el paisaje. Además, su beneficio ambiental compensa con creces cualquier molestia estética. En todo caso, la **magnitud** de este impacto visual es **muy baja** (apenas perceptible más allá del personal en sitio). Se puede considerar neutral a ligeramente negativo en paisaje, pero insignificante. Por otro lado, cabe

mencionar un **impacto perceptual positivo**: menos polvo significa **mejor visibilidad y limpieza** en el entorno, lo cual es agradable para moradores y visitantes; en lugar de nubes de polvo en el aire, el riego mantiene el paisaje más claro. Esto es un beneficio intangible pero real en la percepción ambiental. Así que globalmente, el efecto en el medio perceptual se podría calificar como **neutral a levemente positivo** (se añaden pequeñas estructuras, pero se mejora la calidad visual del aire).

- **Usos del suelo rústico:** El establecimiento de estos controles no interfiere con los usos del suelo circundantes; al contrario, al **evitar contaminación** se asegura que terrenos vecinos (ej. agostaderos, zonas de cultivo aguas abajo) **no sufran efectos** como polvo excesivo sobre cultivos o contaminación de agua de riego. Por ejemplo, agricultores cercanos se benefician indirectamente de que el río no reciba vertidos y de que el polvo no caiga sobre sus plantas. Este impacto positivo es difuso pero existente. Magnitud baja (la mejora es preventiva), extensión quizá micro-regional si consideramos usuarios del río aguas abajo, duración continua. Así, más que impactar usos del suelo, **los salvaguarda** de posibles perturbaciones, lo cual es favorable.

- **Población (salud, seguridad y bienestar):** Se identifican **impactos positivos directos en la población** derivado de estas medidas. El control de polvo **mejora la calidad del aire respirado** por trabajadores y habitantes cercanos, reduciendo riesgos de enfermedades respiratorias o irritación ocular. La gestión adecuada de residuos y sanitarios evita **focos de infección** o malos olores, preservando un ambiente más saludable. En suma, se **protege la salud pública local**. La **magnitud** del beneficio es **moderada**, especialmente para la cuadrilla de trabajadores (quienes serían los más expuestos al polvo de no haber riego). También para residentes a sotavento del polvo, este control es notorio. La **extensión** es local (población en área de influencia directa), y la **duración** abarca toda la fase de operación. Adicionalmente, estas medidas de orden y limpieza contribuyen a la **seguridad**: un sitio limpio y húmedo reduce riesgo de incendios por polvo combustible, y menos basura reduce fauna nociva (alacranes, roedores) que pudiera picar o contagiar enfermedades. Todo esto redunda en bienestar general. **Sinergia positiva:** junto con otras acciones de seguridad, crea un ambiente de trabajo más seguro y una comunidad menos expuesta. Se califica este efecto como **impacto positivo** en la población local (mejoras en salud y comodidad).

- **Economía:** El sistema de controles ambientales demanda **gastos operativos** (compra/alquiler de pipas, sanitario, pago a empresa de recolección de residuos). Desde la perspectiva del proyecto es un costo, pero desde la **economía local** puede verse como **beneficio económico**: se contratan servicios (p. ej. pipas de agua locales, empresas de manejo de residuos locales), generando circulación de recursos. La **magnitud** de este impacto positivo económico es **baja**, ya que son montos pequeños comparados al total del proyecto, pero significan trabajo para algunos proveedores locales. La **extensión** es local (proveedores del municipio o región inmediata). **Duración:** durante toda la operación (servicios periódicos contratados regularmente). **Sinergia:** se suma a otros beneficios económicos del proyecto; es parte del flujo económico inducido. Por tanto, se considera **positivo menor**.

- **Infraestructura y servicios:** Estas medidas previas aligeran posibles cargas sobre infraestructura pública. Por ejemplo, el proyecto dispone su propio sanitario portátil, evitando usar (y sobrecargar) instalaciones sanitarias comunitarias inexistentes en el área;

y contrata disposición de residuos, evitando depositarlos en basureros clandestinos. Así se **reduce presión** sobre servicios municipales de limpia o saneamiento. Además, regar caminos disminuye el polvo que se depositaría en viviendas e incluso en vías públicas, reduciendo labores de limpieza en esos sitios. Por otro lado, traer pipas de agua requiere disponibilidad de agua: si se toma de la red municipal, podría considerarse un consumo de servicio, pero se planifica más bien aprovechar agua de lluvia almacenada y, de ser necesario, extracciones controladas del río con permiso, sin afectar redes de agua potable locales. En general, el impacto en infraestructura/servicios es **positivo** o **neutral**: se previene un posible desgaste de caminos por polvo consolidado (el riego los mantiene), se evita contaminación que luego requeriría remediación en drenajes o suelos. Magnitud baja positiva, extensión local, continua. Ningún servicio público se ve negativamente impactado.

- **Núcleos poblacionales:** Los pueblos cercanos se benefician indirectamente de estas medidas de control, pues aseguran que el proyecto **no deteriore su entorno**. Por ejemplo, Ruíz y otras comunidades aguas abajo no verán su río contaminado ni su aire lleno de polvo gracias a los controles implementados. Esto contribuye a mantener la **calidad de vida** y las condiciones ambientales aceptables en los núcleos poblacionales. Aunque estos impactos positivos pueden no ser inmediatamente visibles (son preventivos), sí evitan molestias que en otros proyectos mal gestionados se presentan (quejas por polvo, aguas sucias, basura). Por tanto, se puede afirmar que el **impacto sobre los núcleos poblacionales es positivo en términos preventivos**: magnitud baja (mejora las condiciones respecto a un escenario sin controles), extensión posiblemente perceptible a nivel de comunidad (menos polvo transportado por el viento hacia el poblado, por ejemplo), duración permanente durante la vida del proyecto. Esto se alinea con buenas prácticas para evitar conflictos comunitarios.

**Tabla V.3**. Evaluación de impactos ambientales de la actividad "Preparación de controles ambientales (sistema integrado de control de contaminantes)".

| Componente | Magnitud | Duración | Extensión | Reversibilidad | Recuperabilidad | Periodicidad | Sinergia | Acumulación | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Clima (atmósfera)** | Alta (+) | Continua | Local | N/A (benéfico) | N/A | Continua | Sí (positiva) | Sí (prevención continua) | Positivo |
| **Tierra – Suelo** | Moderada (+) | Continua | Local | N/A (preventivo) | N/A | Continua | Sí (positiva) | Sí (evita contaminación) | Positivo |
| **Agua continental** | Moderada (+) | Continua | Local | N/A (preventivo) | N/A | Continua | Sí (positiva) | Sí (evita contaminación) | Positivo |
| **Proc. abióticos** | Baja (+) | Continua | Local | N/A | N/A | Continua | Sí (positiva) | Sí | Positivo |
| **Vegetación** | Baja (+) | Continua | Local | N/A | N/A | Continua | Sí (protección) | Sí | Positivo |
| **Fauna** | Baja (+) | Continua | Local | N/A | N/A | Continua | Sí (protección) | Sí | Positivo |
| **Proc. bióticos** | Baja (+) | Continua | Local | N/A | N/A | Continua | Sí | Sí | Positivo |

| Componente | Magnitud | Duración | Extensión | Reversibilidad | Recuperabilidad | Periodicidad | Sinergia | Acumulación | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Medio perceptual** | Neutral / ± | Continua | Local | Inmediata | Alta | Continua | No / (mejor visibilidad) | No | Leve ± |
| **Usos del suelo** | Nula/Positiva | N/A | Local/regional | N/A | N/A | Continua | No / (protección) | No | Positivo |
| **Población** | Moderada (+) | Continua | Local | N/A (mejora) | N/A | Continua | Sí (salud, seguridad) | Sí | Positivo |
| **Economía** | Baja (+) | Continua | Local | N/A | N/A | Continua | Sí (flujo eco.) | Sí (+) | Positivo |
| **Infraes. y servicios** | Baja (+) | Continua | Local | N/A | N/A | Continua | Sí (alivio serv.) | Sí | Positivo |
| **Núcleos poblacionales** | Baja (+) | Continua | Micro-regional | N/A | N/A | Continua | Sí (calidad vida) | Sí | Positivo |

**Análisis y justificación:** La evaluación muestra un **predominio de impactos positivos** asociados a la preparación del sistema de control ambiental. Esto es coherente con la naturaleza preventiva de esta actividad: todas las medidas implementadas buscan **evitar o mitigar impactos negativos** durante la operación. Se otorgaron magnitudes **altas o moderadas positivas** en componentes clave: *atmósfera*, *suelo* y *agua* se benefician significativamente (reducción de polvo, prevención de derrames y descargas). Por ejemplo, en *clima/aire* se calificó **Alta (+)** porque el riego constante reduce de manera sustancial la emisión de partículas, manteniendo la calidad del aire dentro de estándares seguros –lo cual es un beneficio tangible para trabajadores y pobladores. De igual forma, en *suelo* y *agua* la implementación del manejo de residuos y sanitarios evita contaminación, garantizando que no haya deterioro de estos recursos; se consideró **magnitud moderada positiva** por la importancia de evitar incluso pequeños derrames que, de otra forma, podrían acumularse y causar problemas.

Muchos de estos impactos benéficos ocurren **de forma continua** a lo largo de la fase operativa, por lo que en periodicidad se indicó "continua" y en acumulación **positiva** – es decir, el beneficio se mantiene día tras día, evitando la acumulación de impactos negativos que de otro modo sucederían. La **sinergia** entre estas medidas es claramente positiva: juntas conforman un *sistema integral* que ofrece un nivel de protección mayor que la suma de partes aisladas (por ejemplo, el simple hecho de tener un plan de residuos no sería suficiente sin el riego antipolvo; combinados, aseguran un ambiente mucho más limpio).

En el aspecto socioambiental, se resaltó la **mejora en salud y bienestar** de la población local: esto justificó una magnitud **moderada positiva** en *población*, pues respirar aire más limpio y no tener basura ni aguas negras alrededor incide favorablemente en la calidad de vida. Estos beneficios, aunque preventivos, **no suelen ser resaltados en muchos proyectos**, pero resultan cruciales; aquí se han cuantificado cualitativamente para destacar su importancia. Del mismo modo, la economía local obtiene una pequeña ganancia (empleos/servicios), lo que se reflejó como **positivo bajo** en *economía*.

En cuanto al paisaje, se consideró un efecto **prácticamente neutral**: si bien se agregan algunos elementos visuales (tanques, etc.), estos no afectan mayormente la estética, y se

contrarrestan con la ausencia de polvo en el aire, lo que mantiene las vistas claras. Por ello se mantuvo ese componente con impacto mínimo (±).

En síntesis, las calificaciones asignadas están justificadas por el **rol protector** de cada medida: cada criterio muestra que no hay daños sino prevención (de ahí muchas celdas "N/A" porque no aplica el concepto de reversibilidad, por ejemplo, cuando algo es netamente beneficioso o neutro). Este análisis confirma que la **implementación temprana de controles ambientales** es fundamental para que el proyecto opere dentro de parámetros aceptables, evitando impactos que de otra forma se calificarían como negativos. Como señalan las mejores prácticas, integrar medidas preventivas desde el inicio es clave para minimizar la huella ambiental de un proyecto, y en este caso los resultados lo evidencian con una predominancia de impactos positivos o neutros en esta actividad. En conclusión, la preparación del sistema de control de contaminantes **no genera impactos adversos significativos**, sino que establece condiciones para proteger el entorno durante las etapas posteriores.

## V.2.2. Etapa de operación del proyecto

La etapa de **operación** comprende las actividades centrales de extracción y aprovechamiento de materiales pétreos, así como las acciones de manejo, monitoreo y mantenimiento durante el periodo productivo del proyecto. Esta fase se extenderá por varios años (hasta una década, con intermitencias estacionales según el régimen hidrológico) y por tanto sus impactos tienden a ser de mayor duración e importancia que los de la preparación. A continuación, se evalúan las principales acciones operativas: la **extracción de materiales** (tanto excavación en seco como dragado superficial), el **manejo y transporte** de los materiales extraídos, las actividades de **monitoreo y mitigación operativa** implementadas, y el **mantenimiento preventivo** de la maquinaria e infraestructura de control.

### *V.2.2.1. Extracción de materiales (excavación en seco en bancos expuestos y dragado superficial en áreas inundadas)*

**Descripción:** Esta es la actividad medular del proyecto, que consiste en la **remoción del material pétreo aluvial** de los bancos del río San Pedro. Se desarrollará de dos formas según las condiciones de cada banco:

- **Excavación en seco**: Se lleva a cabo en porciones del banco que permanecen expuestas por encima del nivel freático. Emplea maquinaria pesada (una retroexcavadora y una excavadora) para retirar capas de sedimento hasta ~1 m de espesor por pasada, respetando un margen de 10 m desde el cauce activo como zona de amortiguamiento. Los taludes resultantes se estabilizan inmediatamente a ≤45°. Este método extrae grava y arena depositada, reduciendo la compactación en un 40% comparado con métodos tradicionales (al limitar la presión ejercida).

- **Dragado superficial**: Se aplicará en las áreas del banco que estén inundadas o saturadas. Consiste en usar una excavadora en tierra firme o sobre orilla para extraer material bajo aguas someras, **sin alterar el lecho rocoso subyacente**. Se colocan las **cortinas de sedimentos perimetrales** previamente instaladas para controlar la turbidez durante la operación. El dragado se limita a la capa superficial de sedimentos sueltos (arenas y limos recientes).

La extracción se realizará **por ciclos** a lo largo del año, concentrándose en épocas de estiaje (cuando baja el nivel del río) y deteniéndose o reduciéndose en temporada de lluvias fuertes. En total, se planea extraer un volumen significativo a lo largo de 10 años, con un ritmo de producción ajustado a las condiciones hidrológicas y necesidades del mercado. El **área total intervenida** abarcará los tres bancos sumando varias hectáreas, aunque no todas simultáneamente: se trabajará por frentes, explotando y avanzando progresivamente.

**Impactos identificados:** La extracción de materiales es la acción con **mayor potencial de impacto ambiental** del proyecto, pues implica la **alteración directa del terreno aluvial**, remoción de grandes volúmenes de sustrato y presencia continua de maquinaria pesada en el entorno. Sus efectos abarcan prácticamente todos los componentes ambientales, con énfasis en los físicos (suelo, agua, geomorfología) y biológicos (ecosistemas ribereños), además de impactos sociales (por ruido, tránsito, etc.). Afortunadamente, muchas de las medidas de control y mitigación implementadas actúan precisamente sobre esta actividad (como las cortinas de sedimentos para turbidez, el riego antipolvo, etc.), lo que atenúa parte de los impactos. Se evaluará a continuación cada componente:

- **Clima (atmósfera):** La operación de maquinaria de extracción (excavadoras, dragas, camiones de apoyo) genera **emisiones a la atmósfera**. Principalmente:
    - **Partículas (polvo)**: Aunque se aplica riego continuo en las áreas de trabajo, la excavación en seco expone sedimento fino que puede ser levantado por el viento o por el propio movimiento de las máquinas. Especialmente en días secos y con viento, podría haber **emisión fugitiva de polvo** en el sitio. No obstante, gracias al riego periódico, este impacto se mantiene controlado en **magnitud moderada**. En ausencia de riego sería alto, pero con la mitigación activa, la concentración de $PM_{10}$ se espera mantener **<50 µg/m³**, lo cual es cercano a estándares de calidad del aire.
    - **Gases de combustión**: Los motores diésel de la maquinaria liberan contaminantes como CO, $NO_X$, $SO_X$ y material particulado fino, además de $CO_2$ (gas de efecto invernadero). Dado el número limitado de máquinas (2 excavadoras operando intermitentemente), las emisiones locales de contaminantes criterio serán **bajas**, posiblemente imperceptibles fuera del área inmediata. La **magnitud** en calidad del aire local de estos gases es **baja**, pues la dispersión en un entorno abierto evitará concentraciones problemáticas. En cuanto a $CO_2$, se trata de una contribución pequeña pero acumulativa a nivel global (impacto de cambio climático muy marginal).
    - **Ruido atmosférico**: Las actividades de extracción generan **ruido** continuo por motores y movimientos. Este ruido se propaga por el aire; se estima niveles de ~80 dB(A) cerca de la fuente (excavadora) que decaen con la distancia. Para receptor a 200 m (ej. orilla opuesta, o cercanías del puente), podría percibirse aún maquinaria. El impacto de ruido se detalla en *Población*, pero se menciona aquí como parte de la atmósfera perceptual.

Combinando estos factores, la **extensión** del impacto atmosférico es **local a micro-regional**: el polvo y emisiones pueden viajar algunas centenas de metros, afectando quizá áreas cercanas antes de depositarse/diluirse. La **duración** es **continua** durante la operación (días hábiles, horas diurnas, por años). Aunque cada emisión es momentánea, en suma, hay una presión recurrente sobre la atmósfera local.

**Reversibilidad:** En términos de calidad del aire, es **alta e inmediata** una vez cesa la actividad: el polvo se asienta rápidamente (horas) y los gases se dispersan y diluyen en poco tiempo; no quedan residuos atmosféricos persistentes. **Recuperabilidad:** El aire vuelve a su estado limpio naturalmente al parar las fuentes (en un lapso corto). **Sinergia:** Puede haber **sinergia negativa** entre múltiples fuentes: la excavación, sumada al tránsito de camiones (ver siguiente sección), sumada a condiciones secas, pueden conjuntamente elevar la carga de polvo más que cada factor aislado. Del mismo modo, varias máquinas operando simultáneamente suman ruidos y emisiones. Esta sinergia se mitiga con las medidas de riego y mantenimiento (motores afinados, etc.), pero no se elimina del todo. **Acumulación:** No hay acumulación duradera de contaminantes en el ambiente local (se dispersan), pero a lo largo de los años la continua emisión de $CO_2$ sí contribuye acumulativamente (aunque de forma minúscula) al inventario global de GEI. Dado su carácter global, este último aspecto es de difícil cuantificación y muy bajo en magnitud relativa.

En resumen, el impacto en *clima/atmósfera* se clasifica como **negativo moderado**. El polvo y las emisiones representan una molestia y ligero deterioro de la calidad del aire local durante la operación, pero las **medidas de mitigación** implementadas (riego, afinación de maquinaria) previenen que alcance niveles severos.

- **Tierra – Suelo:** La extracción implica **remoción masiva de suelo y sedimentos** del lecho aluvial, modificando la estructura edáfica original. Los impactos sobre el suelo son:
    - **Pérdida de suelo**: Se extraerán miles de metros cúbicos de material, lo que constituye una **pérdida irreversible del suelo *in situ*** en términos de volumen y composición original. En otras palabras, el sustrato aluvial depositado naturalmente a lo largo de décadas o siglos es retirado en poco tiempo. La **magnitud** de este impacto es **alta**, pues se elimina la capa edáfica o substrato en las áreas explotadas. Incluso si parte del material estéril se devuelve durante la restauración, la disposición y propiedades del suelo original se alteran definitivamente. La literatura confirma que la pérdida de suelo fértil es un impacto crítico y no mitigable completamente.
    - **Alteración de propiedades**: La maquinaria compacta las zonas de tránsito y puede mezclar horizontes del suelo. Aunque se procura limitar la compactación (metodología en capas delgadas), inevitablemente el suelo remanente sufre cambios en densidad, estructura y microbiota. Esto puede dificultar la revegetación posterior sin tratamientos (por eso se planifica descompactación en el abandono).
    - **Erosión**: Durante la operación, las áreas recién excavadas quedan expuestas a erosión por viento y agua. Sin vegetación y con suelo removido, la **erosión hídrica** puede ser intensa en eventos de lluvia, causando arrastre adicional de sedimentos (aunque las cortinas retendrán lo que llegue al cauce). La **erosión eólica** también es posible, pero se mitiga con riego y mulch en lo posible.
    - **Contaminación del suelo**: Riesgo bajo pero presente por posibles fugas de combustible/hidráulico de la maquinaria durante la operación. Esto se minimiza con mantenimiento preventivo (inspección diaria de fugas); aun así, alguna gota esporádica puede caer, de efecto muy localizado.

Dado lo anterior, la **extensión** del impacto en suelo es **local a sitio** (limitado a las áreas de los bancos donde se excava). Sin embargo, en términos de superficie es significativo: varias hectáreas intervenidas sumadas. La **duración** es **muy larga/permanente** en ausencia de

mitigación – la pérdida de suelo es permanente. Con la restauración, parcialmente se recupera topografía, pero el suelo original tardará mucho en regenerar sus características, por lo que el impacto esencial es a **largo plazo**. **Reversibilidad natural: nula** o **muy baja** – el suelo removido no volverá por sí solo; solo nuevas deposiciones en eventos extremos podrían rellenar, lo cual es impredecible. **Recuperabilidad con ayuda: parcial** – mediante la restauración morfológica se rellenarán excavaciones con material estéril y mediante la restauración ecológica se fomentará formación de suelo (hojarasca, etc.), pero esto no equivaldrá al suelo maduro original perdido. Por consiguiente, se considera un impacto **irreversible** en gran medida, aunque **compensable en parte** con acciones de rehabilitación (ej. mejorando la capa superficial para soporte de vida). **Sinergia:** la pérdida de suelo tiene sinergia con otros impactos: al remover suelo también se elimina la vegetación (sin suelo no hay plantas) y se genera turbidez (suelo suelto arrastrado al agua). Estas conexiones hacen que el impacto sea aún más significativo, aunque se abordan por separado en vegetación/agua. **Acumulación:** sí, a lo largo del proyecto se va acumulando área y volumen de suelo extraído – cada año se aumenta la superficie sin suelo fértil. Esto se detendrá al finalizar la extracción, pero es un proceso acumulativo durante la década de operación.

En síntesis, el impacto sobre *tierra/suelo* se califica como **negativo severo (alto)**, siendo uno de los impactos más importantes del proyecto. La extracción remueve un recurso no renovable en escala humana (el suelo aluvial), generando una afectación que, aunque se mitigará parcialmente, **no puede ser completamente revertida**. La justificación radica en la magnitud del material sustraído y la naturaleza irreversible del proceso de pérdida de suelo fértil.

- **Agua continental:** La actividad de extracción interactúa con el medio hídrico en varios aspectos:
    - **Calidad del agua (turbidez):** Especialmente durante el **dragado superficial**, se remueven sedimentos bajo agua, lo que genera nubes de turbidez alrededor del punto de extracción. Esto puede **reducir la claridad del agua** y afectar la calidad para organismos acuáticos y potenciales usos humanos río abajo (p. ej. captaciones). Gracias a las **cortinas de sedimentos**, se espera que la mayor parte de los sólidos suspendidos queden contenidos y decanten antes de salir al cauce. Aun así, alguna fracción fina podría escapar o la eficiencia de las cortinas podría mermar en caso de daños, provocando cierta turbidez fuera del área inmediata. Durante la **excavación en seco**, si hay lluvias, el agua de escorrentía cargada de sedimentos puede llegar al río, igualmente aumentando turbidez. En cualquier caso, el impacto en calidad de agua se considera de **magnitud moderada**: la turbidez puede ser visible y afectar un tramo corto aguas abajo, pero temporalmente. La **extensión** sería **limitada al entorno cercano** (tal vez decenas de metros río abajo desde el banco). **Duración: corta e intermitente** – la turbidez ocurre durante la operación activa y se disipa horas/días después de cesar, no es continua todo el tiempo. Con dragados superficiales puntuales, se circunscribe a esos momentos.
    - **Alteración de flujo hidráulico:** La extracción de sedimentos puede **incrementar la capacidad de cauce** localmente (al profundizar levemente el lecho donde se dragó), lo que en teoría mejora el paso del agua. De hecho, uno de los **beneficios alegados** del proyecto es que al remover bancos aluviales se **favorece el libre flujo del río, reduciendo riesgo de desbordamientos en crecidas**. Este efecto puede ser positivo hidrológicamente: aumenta la sección hidráulica y podría disminuir la altura de lámina de agua en avenida. Sin embargo, la magnitud de este

efecto depende de cuánto material se remueva y de la dinámica del río para rellenar esos huecos. Podría ser un impacto **positivo moderado** en el proceso hidrológico de crecidas (menos inundación local). Al mismo tiempo, la modificación del lecho puede causar **cambios en la dirección de flujo** durante crecientes: por ejemplo, un hoyo creado puede inducir remolinos o corrientes diferentes, o redirigir la energía hacia otras márgenes. Eso podría ser negativo si causa erosión en otros sitios. Con la extracción planeada (selectiva y sin alterar margen protegida), estos efectos se minimizan.

- **Nivel freático y filtración:** La extracción en seco puede profundizar ligeramente la superficie del banco, pero no se espera que afecte significativamente el nivel freático regional, dado que es una zona de inundación ya conectada al río. Podría haber cambios locales en micro-filtraciones (p. ej., un banco excavado retendrá más agua en charcos), pero nada que altere acuíferos.
- **Consumo de agua:** Durante la operación, se usará agua para riego antipolvo (ya considerado) y posiblemente para limpiar equipos. Esto es un **consumo** pequeño comparado con el caudal del río; no afecta caudales ecológicos ni concesiones.

Sumando todo, la **calidad del agua** es el aspecto más sensible. La turbidez generada, aunque mitigada, hace que se considere un impacto **negativo moderado**. **Reversibilidad: alta** – el río suele depurar la turbidez en poco tiempo una vez cesa la fuente; los sedimentos se depositan y el agua recobra su claridad (más aún con las cortinas que aceleran la decantación). **Recuperabilidad:** total, el agua volverá a la normalidad tras cada evento (no hay contaminación química persistente, solo física de partículas). **Sinergia:** Podría haber sinergia si simultáneamente se dragan varios bancos o hay otras fuentes de turbidez (ej. otra actividad río arriba); múltiples fuentes aumentarían la turbidez global. En este caso, las operaciones se harán banco por banco, no todos a la vez, y no hay reportes de otro proyecto simultáneo en el río, así que la sinergia es limitada. **Acumulación:** la sedimentación extraída no se acumula en el agua, al contrario, se retira; no obstante, si el río sigue depositando sedimentos cada temporada, podrían acumularse turbidez eventos repetidos, pero cada uno transitorio.

Cabe resaltar el **balance**: por un lado, turbidez = impacto negativo; por otro, mayor capacidad del cauce = impacto potencialmente positivo (menos inundaciones). Considerando ambos, se mantiene la evaluación negativa (porque la turbidez afecta la ecología acuática), pero reconociendo un *co-beneficio* hidrológico. De hecho, remover sedimentos de cauces es una práctica aceptada para mitigación de inundaciones si se hace con control. Así, globalmente agua continental: impacto **negativo moderado** (por turbidez) con **efecto positivo complementario** (mejora hidráulica).

- **Procesos del medio abiótico:** Este componente abarca la **dinámica geomorfológica y fisicoquímica** del entorno no vivo:
  - **Geomorfología fluvial:** La extracción de sedimentos modifica la morfología de los bancos y parcialmente del cauce. En esencia, se **acelera un proceso erosivo** que el río podría hacer en crecidas, pero aquí de forma antropogénica controlada. Esto interfiere con la secuencia natural de sedimentación-erosión del río San Pedro. La **magnitud** del impacto geomorfológico es **moderada-alta**: se generan cambios en la forma de las márgenes (cortes en los bancos, taludes nuevos) y en el lecho (huecos donde se dragó). Esto puede llevar a **reajustes**: el río tenderá a redistribuir sedimentos en crecientes para llenar huecos o cortar más

las orillas adyacentes, buscando nuevo equilibrio. Existe el riesgo de **erosión regresiva o compensatoria**: al remover sedimento en un tramo, río abajo podría haber menos deposición y más erosión para transportar sedimento de reemplazo, o río arriba podría incrementarse la socavación (aunque al no tocar tramos de corriente principal, este riesgo es bajo).

- **Estabilidad de taludes:** Los taludes resultantes (45°) están en el límite de estabilidad para material granular; un error o evento extremo podría causar derrumbes, contribuyendo a procesos de remoción en masa. Sin embargo, estos taludes se perfilan cuidadosamente y se consolidan, esperando minimizar deslizamientos.
- **Sedimentología y transporte:** En el corto plazo, se reduce la carga sedimentaria del río (estamos extrayendo sedimento que de otra forma podría moverse río abajo). En el largo plazo, el río aportará nuevo sedimento desde aguas arriba en cada crecida. Puede ocurrir una disminución en la sedimentación aguas abajo durante algunos años (impacto positivo para quienes sufren azolve), pero eventualmente el sistema compensará dependiendo de la carga de fondo natural.
- **Procesos edáficos:** Localmente, se detiene el desarrollo edáfico (formación de suelo) porque se removió la vegetación y la materia orgánica; los procesos de meteorización continúan, pero sin acumulación de suelo nuevo por la extracción continua.
- **Microclima y temperatura superficial:** La eliminación de vegetación y exposición de suelos más claros puede aumentar la reflectancia (albedo) y la temperatura superficial en los bancos, creando **islas de calor locales** durante el día. Esto es un microcambio climático: magnitud baja, extensión muy local.

En general, la **extensión** de estos procesos es **a escala de tramo de río local**, con posibles repercusiones menores unos kilómetros aguas abajo (e.g., menos sedimento depositado en el siguiente embalse natural o zona de baja energía). **Duración:** los cambios geomorfológicos serán **de mediano a largo plazo**; algunos se mitigarán con la restauración morfológica al final (perfilado de taludes, etc.), pero otros son permanentes hasta que nuevas crecidas reconfiguren. **Reversibilidad:** parcialmente con intervención (restauración) y naturalmente a muy largo plazo (el río eventualmente volvería a depositar sedimentos si dejara de extraerse). **Recuperabilidad:** moderada con las acciones de restauración, que guiarán el río a un nuevo equilibrio estable. **Sinergia:** los procesos geomorfológicos tienen sinergia con hidrológicos: la extracción (erosión forzada) + una avenida extraordinaria pronto después podría provocar un ajuste mucho mayor del cauce del previsto, sumando sus efectos. **Acumulación:** sí, en el sentido de que cada año de extracción se van sumando cambios morfológicos; también, los efectos sutiles en transporte sedimentario se van notando río abajo acumulativamente (e.g., menor azolve en delta, etc.).

Este complejo de impactos se valora como **negativo moderado** en general. La geomorfología es afectada de manera significativa pero localizada, y se espera controlar para que no sea catastrófica. Además, se argumenta cierto **impacto positivo** en el proceso de regulación de caudal (como dicho, aumenta sección hidráulica, previniendo inundaciones). De nuevo, se reconoce ese beneficio, pero el balance neto es que la alteración geomorfológica debe considerarse un impacto negativo a manejar cuidadosamente.

- **Vegetación:** Ya durante la preparación se removió mucha vegetación; durante la operación, los impactos adicionales sobre flora incluyen:

- **Inhibición de rebrotes:** La actividad constante de maquinaria impide que la vegetación natural se recupere en las áreas intervenidas. Cualquier plántula que intente crecer en las zonas de extracción será removida o aplastada. Por tanto, la cubierta vegetal se mantendrá prácticamente ausente o muy reducida durante toda la operación (salvo tal vez hierbas anuales en bordes cada temporada).
- **Daño a vegetación remanente:** Los individuos de árboles que se dejaron (p.ej. sauces en margen) pueden sufrir **daños colaterales**: las raíces expuestas por la excavación, o el tronco puede ser golpeado por maquinaria, o el cambio en nivel freático local y suelo circundante puede estresarlos. También, la **deposición de polvo** en sus hojas (mitigado por riego) y la alteración del microhábitat podrían debilitar algunos.
- **Cobertura ribereña en aguas abajo:** Si aumentase sedimentación o fluctuaciones, podría afectar vegetación acuática o de márgenes más abajo, aunque esto es especulativo y de ser, sería leve. Por ejemplo, turbidez muy alta reduciendo luz podría afectar algas, pero no se espera tan severo.
- **Introducción de especies invasoras:** Las perturbaciones intensas a menudo crean nichos para plantas colonizadoras oportunistas (a veces exóticas). Tras cada temporada de lluvias, podrían aparecer malezas invasoras en los suelos removidos. Si no se controlan, pueden competir con especies nativas en la recolonización. Durante la operación, igual se va limpiando el banco, pero algunas podrían asentarse en bordes.

La **magnitud** global sobre la vegetación se considera **alta**, porque básicamente la vegetación original desaparece de las áreas explotadas durante toda la década. Lo que queda en los bordes sufre estrés. Es casi una eliminación total temporal de la flora local *in-situ*. **Extensión:** local (los bancos mismos), aunque si se perdieran algunos árboles ribereños grandes, la afectación de su función (sombra, retención de suelo) se notaría un poco más ampliamente en el microhábitat del río. **Duración:** larga (toda la operación, y sin vegetación significativa hasta que se restaure, posiblemente ~10 años). **Reversibilidad:** con restauración, **posible a mediano-largo plazo**. Se necesitarán años después de terminada la extracción para recuperar una comunidad vegetal similar; con apoyo de revegetación, se espera que en un par de años emerja cobertura herbácea decente y en 5-10 años se reestablezcan arbustos y algunos árboles (aunque para recuperar un bosque ribereño maduro serían décadas). **Recuperabilidad:** alta con intervención (el plan de revegetación y sucesión asistida debe lograr restituir la cobertura nativa en buena parte). **Sinergia:** la eliminación prolongada de vegetación tiene sinergia negativa con la fauna (sin plantas, menos alimento/hábitat) y con erosión (sin raíces, más erosión). Estas sinergias ya se han manifestado en suelo y fauna. **Acumulación:** a lo largo de los años, se extiende la superficie desnuda conforme se excava más; es acumulativo espacialmente. Además, cada año sin vegetación es pérdida de productividad acumulada.

Con todo, el impacto en *vegetación* es **negativo alto**. Se justifica dada la magnitud de pérdida de cobertura y duración prolongada. Es uno de los impactos más evidentes, mitigado en lo posible por la idea de restaurarlo más adelante, pero durante la operación la ausencia de vegetación es un hecho.

- **Fauna:** La fauna se ve afectada en múltiples formas:
  - **Pérdida de hábitat y desplazamiento continuado:** Ya sin vegetación y con presencia constante de maquinaria, la mayoría de los animales terrestres habrá

abandonado el área. Durante la operación, el lugar se vuelve inhóspito para fauna local, salvo quizás algunas especies sinantrópicas o muy tolerantes. Es decir, el hábitat ribereño se ve esencialmente **eliminado** para la fauna original durante la explotación. Esto afecta aves, mamíferos pequeños, reptiles y anfibios que residían o forrajeaban en los bancos. Deben reubicarse permanentemente en hábitats adyacentes (que tienen capacidad limitada). La **magnitud** de este impacto es **alta** en cuanto a perturbación de fauna local.

- **Mortandad directa:** Existe riesgo de atropellamiento o daño a animales que no logren escapar de la zona de obra. Por ejemplo, anfibios en charcas que sean dragadas, peces pequeños en la zona de turbidez, o alguna cría de mamífero escondida en madrigueras que sean destruidas. Aunque se intentó ahuyentar fauna al inicio, durante 10 años es posible que algunos animales incursionen y puedan ser lesionados. Este impacto sería esporádico pero real (p. ej., muerte de peces o macroinvertebrados aspirados en la draga, o aplastamiento de huevos de tortuga terrestre si hubiera).
- **Alteración de comunidades acuáticas:** El aumento de turbidez reduce la penetración de luz y puede afectar negativamente a peces (dificultad para respirar por branquias obstruidas, estrés, alteración de hábitos de forrajeo) y macroinvertebrados acuáticos (al ser removido el sustrato del fondo, se pierden comunidades bentónicas localmente). Aunque la cortina minimiza el alcance, **dentro del área dragada la fauna acuática bentónica es removida** junto con el sedimento. Esto significa mortalidad de organismos sésiles o de movilidad limitada en ese sedimento (larvas de insectos, moluscos, etc.). Los peces mayores huirán de la pluma de sedimento, pero pueden sufrir estrés si se exponen repetidamente.
- **Ruido y actividad humana:** El ruido constante de motores, vibraciones y la presencia humana actúan como **perturbador para la fauna circundante**. Aves y mamíferos evitarán acercarse a la zona ruidosa. Esto puede crear una "zona de exclusión" más allá del área física: por ejemplo, aves acuáticas que antes pudieran usar ese tramo del río para alimentarse podrían rehuirlo por el ruido. El ruido (bajas frecuencias) transmitido por agua también puede afectar peces y anfibios, aunque en escala leve.
- **Interferencia en patrones de movimiento:** Si fauna mayor (ej. venados, coyotes) solía cruzar el río por esos bancos, ahora encontrará un obstáculo de actividad. Pueden cambiar sus rutas, gastando más energía o exponiéndose a riesgos. En general la conectividad faunística local se reduce.

La **extensión** de estos impactos faunísticos es **local** (fauna residente del área de proyecto), con posibles efectos en **micro-región** si consideramos que algunas especies se desplazan y aumentan presión en territorios vecinos (competencia). **Duración: larga** – mientras dure la operación, el área no volverá a ser habitable para la mayor parte de la fauna original; se habla de prácticamente la duración de vida de algunos animales, por lo que para ellos es permanente pérdida hasta que quizás sus descendientes recolonicen tras restauración. **Reversibilidad:** a largo plazo, **parcialmente reversible** – después de la restauración ecológica, la fauna podrá retornar gradualmente, pero la composición podría tardar en asemejarse a la original (algunas especies podrían no volver si el hábitat cambiado no les acomoda del todo, o si tardan en recolonizar). **Recuperabilidad:** con esfuerzos (creación de hábitat, refugios, reintroducción si fuera necesario) puede ser **moderada**, pero en gran medida la fauna regresará por medios naturales si el hábitat vuelve a ser adecuado. **Sinergia:** la ausencia prolongada de vegetación sumada al ruido y presencia humana tiene un **efecto sinérgico fuertemente negativo** en fauna – todos

los factores de perturbación actúan juntos para mantenerla alejada o suprimida. **Acumulación:** en el tiempo, la continua falta de reproducción de fauna en el área implica que la **pérdida de individuos locales se acumula** (cada año no nacen allí nuevas camadas, etc.). También, repetidas perturbaciones pueden empujar fauna cada vez más lejos.

Evaluando, el impacto en *fauna* se considera **negativo severo (alto)**. La justificación: se ha prácticamente anulado la función del área como hábitat durante la operación, con desplazamiento total de especies y mortalidad de las menos móviles (especialmente acuáticas bentónicas). Esto es una perturbación ecológica significativa, aunque circunscrita al área de influencia directa. Se espera que la restauración cree condiciones para el retorno de fauna, pero ese será un proceso posterior y gradual.

- **Procesos del medio biótico:** Los impactos en flora y fauna se traducen en alteraciones de **procesos ecológicos**:
    - **Cadena trófica:** La ausencia de vegetación primaria y la disminución de fauna significan que en la zona intervenida **se interrumpen las tramas alimentarias**. Los herbívoros no tienen plantas que comer ahí, los depredadores no encuentran presas, etc. La productividad primaria local cae drásticamente con la remoción vegetal, así que la base de la pirámide trófica desaparece localmente. Esto rompe las cadenas alimenticias en ese sitio, redistribuyéndolas al entorno (fauna debe comer en otros lados).
    - **Ciclo de nutrientes:** Con la extracción del suelo y la pérdida de materia orgánica (vegetación, fauna descompuesta), el **ciclo de nutrientes del ecosistema local se ve truncado**. Menos hojarasca, menos descomposición, menos nutrientes retornando al suelo; además, mucho sedimento es extraído del sistema por completo, exportando nutrientes adsorbidos fuera del lugar. Esto implica una **exportación neta de nutrientes** del área de influencia. El ciclo se reestablecerá tras la restauración, pero durante la operación es disfuncional allí.
    - **Interacciones ecológicas:** Mutualismos como polinización y dispersión de semillas se ven reducidos: sin plantas no hay flores para polinizadores, sin fauna frugívora no hay dispersión. Competencia y depredación locales prácticamente desaparecen (pues no hay individuos para interactuar), aunque eso puede intensificarse ligeramente en los hábitats vecinos donde todos se reubican (ej., fauna desplazada compitiendo por menos espacio).
    - **Resiliencia del ecosistema:** Un ecosistema con procesos bióticos interrumpidos es menos capaz de resistir perturbaciones adicionales. Por ejemplo, si ocurre un evento extremo (inundación, plaga) no habrá comunidad biótica robusta que amortigüe efectos en el área intervenida. No obstante, dado que el área es parte de un ecosistema ribereño mayor, la resiliencia depende de todo el corredor; la pérdida local es seria, pero quizá el sistema global absorbe algo.

La **magnitud** de la alteración de procesos es **moderada a alta** localmente, porque en esencia el ecosistema local queda en un estado muy simplificado (solo componentes abióticos, casi un "sitio baldío" por un tiempo). La **extensión** del impacto es **local** (no colapsa procesos a escala regional, ya que fuera del sitio los procesos continúan). **Duración: larga**, durante toda la operación y hasta que la restauración regenere comunidad biológica activa, quizás más de una década para normalizar ciclos. **Reversibilidad:** con restauración activa y tiempo, **posible** – se espera que los procesos bióticos se restablezcan a medida que regresen plantas y animales (por ejemplo, volverá la deposición de hojarasca, la polinización cuando haya flores, etc.).

**Recuperabilidad: alta** si se reconstituye la comunidad (los procesos son emergentes de tener especies presentes; repuestas las especies, los procesos se reactivan). **Sinergia:** la suma de varias interrupciones (alimentación + polinización + descomposición) resulta en un efecto ecológico general mayor: la **funcionalidad del ecosistema local se colapsa temporalmente**, un claro caso de sinergia negativa entre la pérdida de distintos grupos. **Acumulación:** mientras más tiempo pasa sin procesos, más retardos en la sucesión (ej., sin polinizadores, las pocas plantas que queden no se reproducen, etc.). Pero una vez se reinicie la restauración, los procesos regresarán quizá rápidamente (por ejemplo, insectos colonizadores pueden aparecer en cuanto haya plantas).

Globalmente, se califica el impacto en *procesos bióticos* como **negativo alto** en el sitio (ecosistema local prácticamente detenido en términos funcionales). Esto está justificado por la interrupción de múltiples ciclos ecológicos vitales debido a la extracción intensiva. Nuevamente, es un efecto localizado y reversible con el tiempo, pero no deja de ser severo mientras dura.

- **Medio perceptual (paisaje y ambiente sonoro):** Durante la operación, el paisaje natural ribereño se transforma en un entorno de **explotación minera activa**, lo cual tiene un impacto perceptual marcado:
    - **Visualmente**, los bancos se verán como frentes de extracción: tierra expuesta, taludes rectos, charcas de dragado, equipo pesado en movimiento, tal vez stockpiles temporales de material. Esto contrasta fuertemente con el entorno natural. Para observadores (p.ej. desde el puente San Pedro, o ribereños), la estética se degrada. La **magnitud** del impacto visual es **alta**: se pierde la integridad escénica de esa porción de río, antes posiblemente cubierta de vegetación y con paisaje armónico, ahora con cicatrices visibles. La **extensión** visual podría ser más allá del sitio inmediato: el movimiento de maquinaria puede ser visto y notado a distancia, y la ausencia de vegetación en varios bancos puede notarse a lo largo de un tramo de río.
    - **Ruido y vibraciones:** El ambiente sonoro se altera por motores, palas excavando, camiones, etc. El nivel de ruido en el área de obra es alto (~80-90 dB cerca de maquinaria). Este ruido se propaga; en zonas tranquilas rurales, puede ser audible a varios centenares de metros. Para cualquier receptor humano cercano, es una molestia: ruido monótono de motor, eventuales golpes. También vibraciones en el suelo por maquinaria pesada pueden sentirse ligeramente a decenas de metros (pero difícil más allá). Este ruido continuo arruina la **tranquilidad del entorno natural**, afectando la percepción de paz del lugar. Posiblemente, los pobladores de las inmediaciones escucharán las faenas en horarios de trabajo, cambiando su experiencia cotidiana.
    - **Polvo visible:** En días secos, a pesar del riego, podría levantarse alguna tolvanera o neblina de polvo que es perceptible en el aire, reduciendo la visibilidad momentáneamente y ensuciando superficies. Esto sumado al movimiento, da una imagen de ambiente contaminado.
    - **Percepción de riesgo:** Los habitantes pueden percibir la operación con inquietud: ven maquinaria en el río, taludes pronunciados, etc., lo que puede generar preocupación visual sobre riesgos (derrumbes, cambios en río). Aunque sea intangible, influye en el componente perceptual (sensación de perturbación).

En conjunto, el **impacto paisajístico y sensorial** es **negativo notable**. La **extensión** va más allá de solo el punto de extracción: comunidades cercanas y usuarios del río experimentan el cambio visual/sonoro. **Duración: continua y larga**, abarcando toda la fase de operación (años). Cada día de trabajo produce ese efecto, acumulándose en la memoria de la gente (el paisaje se asocia con esa intervención). **Reversibilidad:** a largo plazo, **sí** – tras el abandono y restauración, se eliminará la maquinaria, los taludes se suavizarán, se reverdecerá y cesará el ruido, devolviendo la tranquilidad visual y sonora en gran medida. No obstante, es reversible solo al final; durante la operación es irreparable en cada momento. **Recuperabilidad:** alta con la rehabilitación escénica (perfiles naturales, replantación) que se planea; en pocos años después se puede recuperar buena parte del atractivo visual natural. **Sinergia:** el efecto visual y sonoro combinados empeoran la percepción general: no solo se ve mal, sino se escucha mal – ambos suman un impacto sensorial mayor. **Acumulación:** día tras día de ruido y paisaje alterado pueden generar **fatiga o estrés en pobladores** y van consolidando una imagen negativa del sitio. La acumulación también se da espacialmente si se abren varios frentes visibles a la vez (escenario de múltiples cicatrices).

Por lo anterior, el impacto en *medio perceptual* se valora como **negativo alto** durante la operación. Está justificado por la magnitud de la alteración visual (bancos devastados) y auditiva (ruido industrial) en un entorno natural previamente tranquilo, y por la prolongada exposición a estos cambios.

- **Usos del suelo rústico:** La fase operativa consolida la **inutilización temporal del área para otros usos**. Es decir, mientras esté en marcha la extracción, ningún otro aprovechamiento rural (agricultura, ganadería, recreación) es posible en los terrenos intervenidos y su zona de influencia inmediata. Impactos específicos:
    - **Pérdida de áreas de pastoreo o acopio:** Si antes del proyecto algún ganadero local usaba los bancos en secas para pastar su ganado o recolectar forraje, eso ya no podrá hacerse durante la operación. Debe buscar áreas alternativas.
    - **Restricción de tránsito local:** Habitantes que quizás cruzaban el río por esos bancos o los usaban como camino improvisado ahora encuentran paso bloqueado o peligroso. Podrían tener que dar rodeos más grandes.
    - **Cambios en aprovechamiento pesquero:** Si algunas personas pescaban artesanalmente en ese tramo del río, la turbidez y disturbio probablemente ahuyenten peces y dificulte la pesca. Así, su uso del recurso se ve afectado (aunque pueden desplazarse río arriba/abajo para pescar).
    - **Imposibilidad de cultivo temporal:** A veces en suelos aluviales se siembran cultivos de temporal en secas; aquí, con maquinaria transitando, eso no es viable. Aunque es improbable que hubiera cultivos formales en la zona federal, cabe mencionarlo.

Estos impactos significan una **privación temporal del uso tradicional del espacio** por la comunidad. La **magnitud** depende de qué tanto se usará antes: suponiendo que era mínimo (zona inundable poco productiva), la magnitud es **baja a moderada**. Pero, por ejemplo, la pesca ribereña afectada podría ser sensible si alguien complementaba su alimentación con peces del río – al menos en el trecho inmediato habrá menos captura. **Extensión:** local y algo aguas abajo (pesca). **Duración:** larga (toda la operación). **Reversibilidad:** al terminar el proyecto y restaurar, el área podrá volver a usos originales (pastizal, acceso, etc.), por lo que es **reversible a largo plazo**. **Recuperabilidad:** alta, simplemente devolviendo el espacio. **Sinergia:** la conjunción de varios efectos (paso bloqueado + menos pesca + menos forraje) afecta el modo de vida rural en

pequeña escala; puede resentirse en la comunidad más de lo que cada efecto aislado indicaría (sinergia social). **Acumulación:** si el proyecto se prolonga o amplía, acumula más tiempo sin disponibilidad de los recursos locales para uso comunal.

En general, se evalúa como impacto **negativo moderado** en usos del suelo rústico. Moderado porque, aunque el área no era muy productiva, es un bien común que la comunidad pierde temporalmente, y porque actividades tradicionales (como la pesca) se ven interrumpidas en cierto grado.

- **Población (salud, seguridad y bienestar):** Los impactos sobre la población humana derivan principalmente de las **molestias y riesgos** asociados a la operación:
    - **Ruido y vibraciones:** Como ya indicado, el ruido constante puede causar **molestias, estrés e incluso efectos en la salud** (dolores de cabeza, alteración del sueño si trabajaran de noche - que no es el caso, será diurno). Si hay viviendas relativamente cerca (p. ej. algún rancho a 300-500 m), podrían escuchar el ruido varios días a la semana, lo que merma su tranquilidad.
    - **Calidad del aire (polvo):** A pesar del control, algo de polvo podría alcanzar casas cercanas, ensuciando superficies y causando irritación respiratoria leve en habitantes, especialmente en época seca con viento. Personas con problemas respiratorios (asma) podrían verse afectadas si partículas finas llegan en cantidad suficiente.
    - **Riesgo de accidentes:** La presencia de maquinaria pesada conlleva riesgo para los trabajadores (eso es ámbito laboral), pero también para curiosos o locales que pudieran acercarse indebidamente. Un niño o persona que intente entrar al área, o atravesar el río cerca de la operación, corre peligro de caer en una zanja, quedar atrapado en lodo o ser golpeado por maquinaria. Sin duda, la empresa tiene cercos y vigilancia, pero el riesgo no es cero. Además, las alteraciones del cauce (pozas, taludes) podrían presentar trampas después de lluvias si alguien nada o cruza el río sin saber de los cambios.
    - **Perturbación en la vida cotidiana:** Si alguna vía de acceso a comunidades coincide con la ruta de camiones (lo veremos en transporte), eso afecta movilidad. Directamente en población, la extracción per se tal vez no, pero en conjunto con transporte genera percepción de inseguridad (camiones pesados circulando).
    - **Percepción y conflictos:** Algunos pobladores pueden oponerse al proyecto por considerar que daña su río. La operación visible puede generar **inquietud social**, protestas o conflictos, lo que afecta la cohesión y bienestar comunitario. Esto ya es un impacto social más que ambiental, pero es parte del contexto.

Evaluando, la **magnitud** global de efectos sobre población se pone **moderada**. No hay indicios de impactos gravísimos (como tóxicos o desplazamiento de gente), pero sí **molestias sostenidas** que pueden mermar la calidad de vida. **Extensión:** principalmente familias o personas en radio cercano (quizá algunos cientos de metros) y usuarios del entorno inmediato. En el pueblo de Ruíz, si está a más distancia, probablemente no perciban el ruido, aunque tal vez sí vean más camiones (eso en transporte). **Duración:** mientras dure la operación – es **prolongada** en el tiempo. **Reversibilidad:** los efectos cesan al parar la actividad; el ruido, polvo y riesgo desaparecen, y la paz vuelve (por tanto, reversible inmediatamente posproyecto, aunque secuelas psicológicas menores puedan quedar). **Recuperabilidad:** total, la gente vuelve a su normalidad previa tras el proyecto. **Sinergia:** varios pequeños efectos (ruido + polvo + tráfico) sumados pueden **generar mayor estrés** que cada uno aislado, así hay sinergia negativa en la percepción de molestia. **Acumulación:** la exposición crónica a ruido/polvo a lo largo de años sí

puede tener efectos acumulativos en salud (pérdida auditiva ligera, enfermedades respiratorias marginalmente aumentadas).

En suma, se califica el impacto sobre *población* como **negativo moderado**. Justificado porque, aunque no catastrófico, supone un detrimento en el bienestar de las personas cercanas por un tiempo prolongado y un potencial riesgo a su seguridad si no se manejara adecuadamente la interacción público-proyecto.

- **Economía:** La operación trae también **impactos económicos locales**:
  - **Impacto positivo – empleo y derrama:** Es la fase donde se **genera empleo continuo** (operadores, personal de apoyo) durante años, beneficiando a decenas de familias potencialmente. También hay contratación de servicios (mantenimiento de máquinas, transporte local, insumos) que inyectan dinero en la economía local/regional. Esto es un **impacto positivo importante**: la actividad minera de aluvión es económicamente relevante y genera flujo en la zona. Los sueldos pagados y compras se traducen en consumo en comercios locales, etc. Además, el material extraído provee a la industria de la construcción local, **impulsando desarrollo económico** (obras de infraestructura con insumos locales, disminución de costos de material, etc.).
  - **Impacto negativo – actividades económicas tradicionales:** Por otro lado, podría haber **afectaciones económicas negativas** en actividades existentes: p.ej., si pescadores locales ven reducida su captura, su ingreso baja; si ganaderos no pueden usar esos potreros ribereños, tal vez incurran en gastos extra para alimentar ganado; si ecoturismo (paseos por el río) era posible, ahora no lo es en ese tramo, eliminando esa potencial fuente de ingreso. Sin embargo, es poco probable que hubiera emprendimientos significativos de ese tipo en el área específica.
  - **Afectación a infraestructura por peso (costos):** Los camiones pesados pueden deteriorar caminos (ya lo veremos), y eso implica costos de reparación para autoridades o particulares, un impacto económico adverso.

En balance, el proyecto nace con un fin económico y ciertamente **trae beneficios económicos** (empleo, suministro de material). En la evaluación, esos beneficios se consideran **impactos positivos** para la comunidad local y regional: se podrían calificar de **magnitud moderada positiva** (no es una mega-mina que transforma la economía regional, pero sí un aporte notable a nivel municipal). **Extensión:** local-regional (empleo mayoritariamente local, pero material beneficia economía regional de la construcción). **Duración:** larga (dura toda la operación, 10 años de salarios y negocio). **Sinergia:** muy positiva, junto con otros sectores, el proyecto dinamiza economía (efecto multiplicador). **Acumulación:** los beneficios se van acumulando año con año, generando capital en la zona.

Por tanto, en *economía* se pone **impacto positivo moderado**. Esto concuerda con la justificación del promovente: generar empleos y material para desarrollo. Los impactos negativos económicos (como pequeñas pérdidas en pesca/ganadería) se consideran menores en comparación, pero se mencionarían para justificar que no es "muy alto" el positivo sino moderado neto.

- **Infraestructura y servicios:** Si bien la extracción ocurre en sitio, su materialización implica **uso intensivo de infraestructura de transporte** (caminos rurales, tal vez tramos

de carretera) para sacar el material del río hacia su destino. Ese aspecto lo cubriremos más en manejo/transporte (siguiente sección), pero en general:

- **Caminos locales:** El constante flujo de maquinaria y camiones pesados **desgasta el camino de acceso**. Puede provocar baches, deformaciones, necesidad de mantenimiento frecuente. Esto repercute en la infraestructura pública vial, generando costos e incomodidad.
- **Puentes y drenajes:** Si hay un puente (el de San Pedro) que se cruce con cargamentos repetidos, su estructura recibe cargas repetitivas. Normalmente diseñados para ello, pero un tráfico inusual podría acortar su vida útil. Lo mismo con cunetas, etc., la vibración podría dañarlas ligeramente.
- **Servicios públicos:** No se espera consumo significativo de servicios básicos (no hay red de agua o electricidad en el sitio, operan con generadores quizás). Quizá un ligero aumento de demanda de combustible en la gasolinera local (beneficio económico, pero no infraestructura).
- **Accidentes viales y daños colaterales:** Un camión volquete con carga puede, si ocurre un accidente, dañar postes de luz o tuberías en un poblado, pero es eventual.

Fundamentalmente, el efecto es **deterioro de caminos** por carga pesada. La **magnitud** es **moderada** si el camino es de terracería (lo van a aplanar con base y hacer mantenimiento, así que tal vez se mantiene decente). Podría ser alta si los camiones pasan por tramos no preparados. **Extensión:** tramo de acceso de ~1.2 km y quizá vías municipales hasta destino. **Duración:** continua durante operación. **Reversibilidad:** se arregla con reencarpetado o nivelación al final (promovente deberá dejarlo en estado no peor). **Acumulación:** sí, el daño es paulatino, acumulativo sobre el pavimento/terracería. **Sinergia:** flujo de camiones + lluvia = más daño (sinergia negativa).

Dado que detallaremos en transporte, aquí se puede adelantar: impacto **negativo moderado** en infraestructura vial local.

- **Núcleos poblacionales:** Para los asentamientos humanos cercanos (por ejemplo, la cabecera municipal de Ruíz se encuentra a algunos kilómetros río abajo), los efectos combinados de la operación pueden traducirse en:
  - **Molestias comunitarias:** Polvo en el aire, ruido de camiones circulando en el pueblo (si pasan por ahí), percepción de contaminación del río (incluso si no es grave, la gente puede preocuparse por su río). Esto puede generar malestar social general.
  - **Riesgos y accidentes en población:** El tráfico pesado por zonas pobladas (ver siguiente sección) es un peligro para los habitantes (atropellos, choques). Cualquier incidente afecta a la comunidad.
  - **Imagen y actividad del pueblo:** Un pueblo tranquilo volcado al campo o turismo puede ver su imagen afectada si en la entrada hay camiones mineros circulando. Quizá no es un gran destino turístico, pero la presencia de la minería puede generar estigma o divisiones entre pobladores (quienes apoyan por empleo vs quienes rechazan por ambiente).

En síntesis, para los **núcleos poblacionales** en general se anticipan impactos **socioambientales moderados**: ni se desalojan pueblos ni se contamina a niveles peligrosos, pero hay perturbaciones notables en la calidad de vida comunitaria. Magnitud moderada, extensión

posiblemente todo el pueblo si los camiones lo atraviesan, duración años, reversible tras fin de proyecto.

**Tabla V.4**. Evaluación de impactos ambientales de la actividad "Operación: Extracción de materiales (excavación en seco y dragado superficial)".

| Componente | Magnitud | Duración | Extensión | Reversibilidad | Recuperabilidad | Periodicidad | Sinergia | Acumulación | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Clima (atmósfera)** | Moderada | Larga (cont.) | Local-microregional | Alta (rápida tras cese) | Alta (natural) | Continua | Sí (múltiples fuentes) | No (local) / Sí GEI | Negativo |
| **Tierra – Suelo** | Alta | Permanente/Larga | Local (sitio) | Muy baja natural | Parcial (con resta.) | Continua | Sí (vinculado a flora/agua) | Sí (volumen extraído) | Negativo **Severo** |
| **Agua continental** | Moderada | Corta (int.) | Local aguas abajo | Alta (rápida) | Alta (natural) | Ocasional | Sí (si varias turbideces) | No (pulsos aislados) | Negativo |
| **Proc. abióticos** | Moderada | Larga | Local-regional | Parcial (con resta.) | Media (con resta.) | Continua* | Sí (geomorf.+hidrol.) | Sí (cambios acumul.) | Negativo |
| **Vegetación** | Alta | Larga | Local | Lenta (años) | Alta (con reveg.) | Continua (presión) | Sí (ausencia prolongada) | Sí (espacial/temporal) | Negativo **Severo** |
| **Fauna** | Alta | Larga | Local | Lenta (natural) | Media (con hábitat) | Continua | Sí (perturbaciones múltiples) | Sí (crónico local) | Negativo **Severo** |
| **Proc. bióticos** | Alta | Larga | Local | Larga (rest. ecol.) | Alta (si restaura) | Continua | Sí (colapso funcional) | Sí (sin procesos) | Negativo |
| **Medio perceptual** | Alta | Larga (cont.) | Local-regional (visible/audible) | Alta (pos-proyecto) | Alta (con rehab.) | Continua | Sí (visual+ruido) | Sí (memoria social) | Negativo |
| **Usos del suelo** | Moderada | Larga | Local | Alta (pos-proy.) | Alta | Continua | Sí (múlt. usos perdidos) | Sí (años sin uso) | Negativo |
| **Población** | Moderada | Larga (cont.) | Local (vecinos) | Alta (rápida tras fin) | Alta (rápida) | Continua | Sí (molestias sumadas) | Sí (efecto crónico) | Negativo |
| **Economía** | Moderada (+) | Larga | Local-regional | N/A (positivo) | N/A | Continua | Sí (multiplicador) | Sí (beneficio sostenido) | Positivo |
| **Infraes. y servicios** | Moderada | Larga | Local-regional | Alta (reparable) | Alta (con inversión) | Continua | Sí (daño+lluvia) | Sí (desgaste) | Negativo |
| **Núcleos poblacionales** | Moderada | Larga | Micro-regional | Alta (tras proyecto) | Alta | Continua | Sí (con tráfico, etc.) | Sí (malestar prolong.) | Negativo |

*Nota:* Continua* en procesos abióticos refiere a una presión continua en la geomorfología/hidrología a lo largo del proyecto, aunque con eventos discretos (extracciones periódicas, crecidas estacionales).

**Análisis y justificación:** La **extracción de materiales** es, como era previsible, la actividad de mayor impacto, concentrando los efectos negativos más **severos** del proyecto. La matriz refleja varios componentes evaluados con **magnitud alta** y **duración larga**, especialmente aquellos relacionados con la integridad del ecosistema físico (suelo) y biológico (vegetación, fauna). Estas calificaciones se fundamentan en la naturaleza misma de la actividad: se remueven los **cimientos naturales del entorno** (suelo, sedimento) y con ello la base que sustenta la biota, resultando en una perturbación intensa.

Por ejemplo, en *tierra/suelo* se asignó **magnitud alta** e impacto **severo**, dado que se extraerá un volumen considerable de sedimentos, lo que equivale a la **pérdida irreversible de suelo fértil y sustrato** en esa área. Esto no puede recuperarse totalmente ni en el largo plazo, justificando la calificación de irreversibilidad y la importancia crítica del impacto. Del mismo modo, la *vegetación* fue evaluada con impacto **alto severo**, ya que la operación impide cualquier regeneración y mantiene los bancos virtualmente desprovistos de vida vegetal por años, eliminando por completo la cobertura original. Este hecho justifica una duración larga y extensión local completa, con sinergias negativas claras sobre fauna y erosión. *Fauna* igualmente aparece con impacto **severo**, porque el hábitat queda inutilizable y las especies locales deben desplazarse o perecer; la pérdida de fauna y sus funciones ecológicas es significativa, sustentando la magnitud alta asignada.

Los *procesos ecológicos* interrumpidos (nutrición, polinización, etc.) se calificaron conjuntamente como impacto alto, aunque más difícil de cuantificar. Esto refuerza la necesidad de medidas compensatorias fuertes (restauración) para reactivar dichos procesos, pero mientras tanto se consideró un impacto negativo relevante.

En el aspecto físico-hídrico, la *calidad del agua* sufre, pero de forma controlada: se le dio magnitud moderada y corta duración a la turbidez, reconociendo que las cortinas de sedimentos **limitan la dispersión**. La justificación es que, aunque habrá eventos de agua turbia, serán acotados y rápidamente reversibles una vez acaben las extracciones puntuales. Además, se ha considerado un **efecto positivo** complementario (no mostrado en tabla) en la **capacidad del cauce** para conducir avenidas, lo cual en la narrativa matiza que hay un beneficio hidrológico al remover sedimento (reducción de riesgo de inundación). Sin embargo, este beneficio no contrarresta del todo los impactos ecológicos adversos, por lo que el agua en general quedó como impacto negativo moderado neto.

El *medio perceptual* obtiene una valoración de impacto alto negativo durante la operación, sustentada por la **drástica alteración del paisaje** y la intrusión sonora. Ver un tramo de río convertido en frente extractivo y oír maquinaria a diario constituye una degradación sensible de la calidad ambiental percibida por la comunidad. Se justificó con la evidencia de ruido continuo (~80-90 dB) y la visibilidad de la actividad desde puntos públicos, lo cual coincide con experiencias en explotaciones similares donde la comunidad resiente estos cambios paisajísticos.

En *población*, aunque no hay afectaciones extremas (no se reubica gente, ni hay contaminación tóxica), se calificó un impacto moderado porque las **molestias crónicas** (ruido, polvo)

y los **riesgos** aumentados (tráfico pesado, peligros en el sitio) disminuyen el bienestar. Esta calificación se apoya en estándares de salud ambiental: ruido continuo por encima de 65 dB en entornos residenciales ya se considera nocivo a largo plazo, y polvo visible puede exacerbar condiciones respiratorias. Además, cualitativamente se anticipa cierto estrés comunitario o percepción negativa prolongada, lo que avala la categoría moderada.

Cabe destacar que el **único componente con impacto positivo notable** es la *economía*: se consideró **positivo moderado** porque la generación de empleos e ingresos durante la operación es real y significativa localmente. Se contratarán trabajadores, se comprarán suministros y se proveerá material a la construcción, lo cual dinamiza la economía. Este impacto benéfico contrarresta parcialmente los aspectos negativos en la evaluación global del proyecto. La magnitud no se puso "alta" porque, aunque importante, la escala del proyecto no transforma la economía regional por sí sola; pero sí fue merecedora de reconocimiento como beneficio medio.

La *infraestructura* (particularmente caminos) recibió impacto negativo moderado, enlazando con la siguiente sección de transporte: el razonamiento es que el desgaste de vías ocurrirá, pero es manejable mediante mantenimiento. No se prevén daños catastróficos a puentes u otros servicios, solo un deterioro progresivo atendible. Los *núcleos poblacionales* se incluyeron con impacto moderado negativo ya que, si bien el pueblo de Ruíz no está pegado al sitio, la suma de factores (camiones circulando, imagen ambiental) puede generar malestar social generalizado.

En conclusión, la extracción de materiales conlleva **impactos adversos significativos** en el medio físico, biológico y social, varios de carácter severo en la zona de influencia directa. Estas calificaciones enfatizan la **necesidad de las medidas de mitigación y compensación** planificadas (control de sedimentos, riego, mantenimiento, restauración final) para reducir la magnitud real de los impactos. Sin tales medidas, los impactos serían aún mayores (por ejemplo, la turbidez sin cortinas sería alta, el polvo sin riego sería severo, etc.), lo que respalda el haber integrado dichas acciones. No obstante, incluso con mitigación, persisten impactos residuales importantes –especialmente la pérdida de suelo y la alteración ecológica– que justifican plenamente las evaluaciones de importancia alta dadas en la matriz. Este análisis detallado permite fundamentar las decisiones de manejo ambiental en las siguientes secciones, orientadas a atenuar estos impactos hacia niveles aceptables conforme a la normatividad y el objetivo de sostenibilidad del proyecto.

### *V.2.2.2. Manejo y transporte de materiales (carga directa a camiones de volteo)*

**Descripción:** Esta actividad se refiere al **manejo interno y transporte externo** del material pétreo extraído. Incluye la **carga directa de los agregados** (arenas, gravas) desde el frente de extracción a los camiones de volteo, así como el **traslado de dichos camiones** desde los bancos hasta el sitio de destino o acopio. En campo, la excavadora deposita el material en la caja de los camiones posicionados en el frente (no se acopian en el suelo para luego cargar; se hace carga en sitio para minimizar doble manejo). Se cuenta con **2–3 camiones de volteo** de distintas capacidades (7 $m^3$ y 14 $m^3$) que rotarán continuamente. Cada ciclo de carga se estima ≤3 minutos, buscando una eficiencia de hasta 120 $m^3$/h. Una vez llenos, los camiones salen del banco por el camino de acceso habilitado (~1.2 km hasta incorporarse a la vialidad principal) y transportan el material hacia su destino (posiblemente plantas de concreto, obras viales u otros

clientes en la región). Las rutas externas y distancias pueden variar, pero presumiblemente usarán carreteras estatales o federales cercanas (e.g., la carretera a Ruíz). Los horarios de transporte se limitarán a horas diurnas hábiles.

Durante la carga se implementan protocolos de seguridad: mantener distancia de 5 m entre equipos para evitar colisiones, humedecer el punto de carga antes de cada llenado (control de polvo), eliminar sedimentos sueltos de las llantas/chasis de los camiones antes de salir del sitio (para no arrastrarlos a la vía pública). Los camiones llevarán lonas o sistema de cerrado para evitar derrames en el camino.

**Impactos identificados:** El manejo y transporte de materiales extiende los impactos de la operación hacia **fuera del sitio**, especialmente a lo largo de las vías de comunicación y en las comunidades por donde pasan los camiones. Los principales impactos provienen del **tráfico de vehículos pesados** (camiones de volteo) en camino de terracería y probablemente en caminos públicos, así como de la **operación de carga** (generación de ruido y polvo localizada). Estos impactos afectan la atmósfera (emisiones, polvo), la seguridad vial, la infraestructura viaria, la tranquilidad de poblados, etc. Muchos impactos se entrelazan con los ya considerados en la sección anterior, pero aquí se enfocan en la faceta de transporte:

- **Clima (atmósfera):** El transporte en camiones genera:
  - **Emisión de gases**: Los camiones diésel emiten $CO_2$, NOx, $SO_2$, CO y partículas finas por sus escapes. Durante su recorrido (incluyendo dentro del sitio y externamente) estarán liberando estos contaminantes. La **magnitud** local de estas emisiones es **baja a moderada**, ya que se dispersan en el aire a lo largo de la ruta; puede haber ligera acumulación de humo en áreas de topografía cerrada o en pueblos cuando pasan, pero son eventos breves. Globalmente, suman a las emisiones de efecto invernadero ($CO_2$) de forma marginal.
  - **Polvo en caminos**: Si bien se riega el camino interno, al salir a vialidades (algunas quizá no pavimentadas) los camiones pueden levantar polvo de esos caminos. También cualquier material residual no lavado de las llantas puede caer. Esto produce **polvo vehicular** que afecta la calidad del aire local a lo largo de la ruta. En terracerías, este es un impacto común y puede ser molesto en zonas habitadas cercanas al camino. Se intenta mitigar limpiando vehículos y manteniendo velocidad baja.
  - **Ruido móvil**: Los camiones en marcha producen **ruido**, tanto del motor como interacción con el camino. En zonas tranquilas, el ruido de un camión pasando (claxon, motor forzado en subidas) es notable. El ruido es transitorio en cada punto, pero frecuente a lo largo del día con cada viaje.

La **extensión** de estos impactos atmosféricos-ligados al transporte es **lineal a lo largo de las rutas**: afecta los tramos de camino desde el banco hasta los destinos. Puntos críticos son donde pasan cerca de viviendas (allí las personas sufren más polvo y humo). La **duración** es repetitiva durante cada día operativo y por años (periódica continua). **Reversibilidad:** inmediata en el punto una vez pasa el camión (el humo se disipa, el polvo eventual decanta en minutos u horas). Sin embargo, la recurrencia hace que sea casi continuo en algún horario. **Recuperabilidad:** el aire se limpia naturalmente rápido tras cada evento. **Sinergia:** muchos camiones pasando suman más polvo/humo en un día; si además hay otros vehículos locales, se amplifica (sinergia negativa en zonas transitadas). **Acumulación:** a lo largo de un día, sucesivas pasadas de camiones depositan capa de polvo en casas y vegetación al borde de caminos, un

**efecto acumulativo diario**. Y a lo largo de años, una exposición crónica a esos contaminantes para pobladores.

En general, para *clima/atmósfera*, las emisiones de transporte se evalúan como impacto **negativo leve a moderado**. Individualmente no son muy intensas, pero la repetición y extensión pueden causar molestia y leve deterioro de aire local (p.ej. aumento de $PM_{10}$ cerca de camino sin pavimentar). Se justifica no calificarlo tan alto porque el número de camiones es relativamente bajo comparado con, digamos, tráfico urbano pesado, y se aplicarán medidas (lonas, limpieza, velocidad) para reducir polvo.

- **Tierra – Suelo:** El transporte puede impactar suelo principalmente por:
  - **Derrames de material**: Algún material pétreo puede caer de la caja del camión, especialmente si no estuviera bien cubierta (aunque planifican cubrir). Piedras caídas al borde camino pueden alterar suelo superficial o dejar ripio. Esto es menor y se puede limpiar.
  - **Contaminación por derrames**: Accidentes de camión podrían derramar diésel u otros fluidos sobre el suelo a lo largo de la ruta. Probabilidad baja, pero si ocurre, contamina cunetas o terrenos aledaños.
  - **Compactación lateral**: En caminos sin pavimentar, el constante paso de camiones compacta la huella del camino fuertemente, y puede generar polvaredas que decantan a los lados afectando ligeramente la química superficial (depósito de polvos).

**Magnitud** baja en general. **Extensión** lineal a lo largo de caminos. **Duración** mientras dure el tráfico. **Reversibilidad:** alta, se limpia y remedia si hay derrame; el suelo bajo caminos quizás quede compactado a largo plazo hasta que se aré o regenere. **Sinergia:** no mayor, salvo que varios derrames sumen (esperemos que no). Se considera *impacto negativo menor*.

- **Agua continental:** Potenciales impactos:
  - **Escurrimiento de sedimentos a cuerpos de agua**: Si la ruta cruza arroyos o va junto al río, el polvo y partículas caídas pueden ser arrastradas por lluvia al agua, causando sedimentación. Magnitud menor, pero posible.
  - **Riesgo de accidentes en puentes**: Un camión accidentado en puente podría verter carga al agua o caer, causando contaminación aguda (ej. diésel al río). Muy improbable, pero de alta consecuencia si pasa.

  En rutina, poco impacto al agua. Quizás *impacto nulo* salvo eventualidades.

- **Procesos abióticos:** El constante tránsito de camiones representa una fuerza erosiva en caminos de tierra – **erosión mecánica** del camino, creación de baches, surcos, polvo (erosión eólica inducida). Esto altera el proceso natural de formación de suelo, pero a escala pequeña. También vibraciones repetidas pueden, en teoría, impactar cimientos de estructuras cercanas (vibración de bajas frecuencias) muy ligeramente.
  Magnitud baja, efecto local.

- **Vegetación:** A lo largo de las rutas, especialmente en caminos de terracería, el polvo que levanten los camiones puede depositarse sobre la vegetación de la orilla (arbustos, cultivos), **afectando su fotosíntesis y salud** si es excesivo. También, si alguna rama invade el camino, podría ser golpeada o podada para dar paso. En general:

- **Polvo en plantas**: Magnitud baja-moderada si es frecuente; plantas cubiertas de polvo crecen menos.
- **Eliminación por ampliación**: Quizá se debió despejar vegetación al mejorar el camino de acceso (eso fue en preparación). Durante uso, no arrancan más plantas, solo pasan.

Extensión lineal local. Duración continua. Reversibilidad: plantas se lavan con lluvias y rebrotes tras fin. Impacto negativo menor.

- **Fauna:** Los camiones que circulan presentan:
  - **Peligro de atropellamiento de fauna**: Es común que animales silvestres o domésticos crucen caminos rurales. Camiones a velocidad (aunque se controlará) pueden atropellar desde reptiles, anfibios hasta mamíferos medianos (zorras, tlacuaches) o aves que bajan. Este impacto es puntual pero real. Magnitud baja por evento, pero acumulado en el tiempo podría suponer mortalidad de varios individuos.
  - **Molestia y ahuyentamiento**: La fauna evita la cercanía de caminos con tráfico. El ruido de camiones espanta animales de los alrededores, expandiendo la huida de fauna a zonas más alejadas. Esto añade a la perturbación general de fauna alrededor del proyecto.

Impacto *negativo menor*, aunque la mortalidad por atropello puede ser significativa para especies raras (no tenemos indicio de especies raras aquí).

- **Procesos bióticos:** Sin cambios sustanciales, salvo fragmentación mayor por la perturbación de la carretera activa – no muy relevante nuevo porque el camino ya existía.

- **Medio perceptual (paisaje/ambiente):** El tráfico de camiones en la región altera la **tranquilidad rural**:
  - Visualmente, ver camiones polvorientos pasando frecuentemente puede ser molesto o estéticamente intrusivo en un paisaje campestre.
  - Sonoramente, ya mencionado, el ruido de camiones (motores, frenos, bocinas) perturba la quietud y puede ser más notorio en los pueblos (eco entre casas).
  - Polvo en el aire a lo largo de caminos es también un factor perceptual negativo, generando imagen de descuido o contaminación.

Especialmente en cruces de poblados, la percepción se afecta. Magnitud moderada, extensión lineal, duración larga. Impacto negativo claro en la amenidad escénica y sonora.

- **Usos del suelo rústico:** El tráfico de camiones puede **entorpecer actividades rurales**:
  - Ganado cruzando caminos ahora debe esperar o se corre riesgo de que sea atropellado (los rancheros deben vigilar más).
  - Transeúntes locales (ej. campesinos a pie, a caballo) se sienten inseguros en el camino con camiones. Puede haber cambio en patrones de uso (quizá evitan ciertas horas).
  - Si el camino de acceso era usado para otras cosas (acarrear cosecha, etc.), ahora sufre más deterioro y congestión potencial.

Pequeño impacto negativo en comodidad de usos tradicionales.

- **Población (salud, seguridad, bienestar):** Esta es la dimensión clave del transporte:
  - **Seguridad vial:** El paso de camiones incrementa el riesgo de accidentes para la población local. En zonas sin banquetas, los peatones están expuestos. En cruces, los vehículos locales pueden colisionar con los de carga. Niños y mascotas corren peligro cerca del camino. Este es un **impacto negativo crítico en términos de seguridad pública**. Su magnitud depende de la prudencia: si los camiones van despacio, con señalización, etc., el riesgo se minimiza, pero nunca es cero.
  - **Salud por polvo y emisiones:** Personas viviendo junto al camino respiran más polvo, lo cual puede agravar alergias o enfermedades. También el ruido de camiones puede alterar el sueño si operaran muy temprano o tarde (aunque se prevé horario diurno).
  - **Bienestar y tranquilidad:** La intrusión de tráfico pesado genera *estrés* en la vida cotidiana: más ruido, sensación de peligro, necesidad de vigilar niños cerca de la calle, etc. Esto reduce la calidad de vida rural antes apacible. Muchos residentes pueden resentirlo, generando malestar social.
  - **Reacciones sociales:** Pueden surgir quejas formales por deterioro de caminos o accidentes, tensando relación comunidad-proyecto.

Evaluamos este componente como **negativo moderado-alto**. Porque involucra riesgos directos a la vida/seguridad, se podría argumentar alta importancia. Sin embargo, con buenas prácticas (limitar velocidad, horarios, señalizar) se reduce la probabilidad de accidentes graves, manteniéndolo en moderado. La justificación es que, históricamente, el tráfico de camiones en zonas habitadas es una de las principales fuentes de queja y conflicto en proyectos mineros, por sus implicaciones en seguridad y confort comunitario.

- **Economía:** El transporte de materiales tiene implicaciones económicas:
  - **Positivo:** Contratación de camioneros (si son locales), compra de diésel local, posibles peajes y servicios de camino (talleres, refacciones) en la región. Representa dinero en circulación en esos rubros.
  - **Negativo:** Deterioro de caminos que la autoridad deberá reparar (costo), gastos para campesinos si deben buscar rutas alternativas. Accidentes viales tendrían costos económicos (daños a vehículos de terceros, gastos médicos).

En neto, probablemente leve positivo (por empleo de choferes locales, etc.). Poco significativo.

- **Infraestructura y servicios:** Hemos mencionado:
  - **Camino de acceso y caminos locales:** Sufren desgaste, baches. Requieren mantenimiento frecuente (quizá el propio proyecto lo haga periódicamente en el camino de acceso).
  - **Capacidad vial:** Muchos camiones pueden causar congestión en vías estrechas, afectando la circulación normal.
  - **Servicios de transporte público:** En pueblos, camiones grandes entorpecen tránsito de autobuses o combis locales, quizás generando retrasos.
  - **Puente San Pedro:** Si los camiones pasan por el puente frecuentemente, este recibe carga dinámica repetida. Puesto que es un puente carretero, está diseñado, pero su **vida útil podría disminuir** levemente, implicando reparaciones antes de lo previsto.

- **Polvo en líneas eléctricas/agua:** Depósito de polvo en insuladores de luz o en canaletas de agua por camiones es posible, pero menor.

Este impacto se califica *negativo moderado*: principal por desgaste de infraestructura vial.

- **Núcleos poblacionales:** En conjunción con la sección de extracción, aquí se agrava el efecto en poblados si los camiones pasan por ellos:
  - Ruíz u otros poblados verán transitar estos vehículos, con todo lo que conlleva: **más ruido, peligro de accidentes, disturbio de la paz urbana**.
  - Podría haber impacto en comercio local si el polvo ensucia negocios, o en turismo local (si lo hubiera).
  - Socialmente, puede generar **rechazo de la población** hacia el proyecto si se sienten afectados por los camiones (un solo atropello, por ejemplo, provocaría indignación).

Esto refuerza un impacto *negativo moderado* en los núcleos, que ya se había contemplado.

**Tabla V.5**. Evaluación de impactos ambientales de la actividad "Manejo y transporte de materiales (carga y camiones)".

| Componente | Magnitud | Duración | Extensión | Reversibilidad | Recuperabilidad | Periodicidad | Sinergia | Acumulación | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Clima (atmósfera)** | Baja-Mod. | Larga (int.) | Lineal (ruta) | Alta (rápida) | Alta | Recurrente (diaria) | Sí (múltiples pasadas) | Sí (diaria leve) | Negativo |
| **Tierra – Suelo** | Baja | Larga | Lineal puntual | Alta (si limpiezas) | Alta | Recurrente | No (aislado) | No | Negativo |
| **Agua continental** | Muy baja | Eventual | Puntos críticos (cruces) | Alta | Alta | Ocasional | No | No | Negativo |
| **Proc. abióticos** | Baja | Larga | Local (caminos) | Alta | Alta | Continua | Sí (tráfico + lluvia) | Sí (baches) | Negativo |
| **Vegetación** | Baja | Larga | Lineal (bordes) | Alta (lluvias limpian) | Alta | Continua | Sí (polvo + sequía) | Sí (estrés acumulado) | Negativo |
| **Fauna** | Baja | Larga | Local-regional (desplazamiento) | Media | Media | Continua | Sí (múltiples riesgos) | Sí (mortandad repetida) | Negativo |
| **Proc. bióticos** | Nula | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | Neutral |
| **Medio perceptual** | Moderada | Larga | Regional (ruta pueblos) | Alta | Alta | Continua | Sí (visual+sonoro) | Sí (imagen deteriorada) | Negativo |
| **Usos del suelo** | Baja | Larga | Local (adyacentes) | Alta | Alta | Continua | Sí (entorpecimiento general) | Sí (sostenido) | Negativo |
| **Población** | Moderada | Larga | Local (usuarios camino, vecinos) | Alta | Alta | Continua | Sí (riesgo+molestias) | Sí (exposición crónica) | Negativo |

COPIA PARA SU CONSULTA PÚBLICA



| Componente | Magnitud | Duración | Extensión | Reversibilidad | Recuperabilidad | Periodicidad | Sinergia | Acumulación | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Economía** | Baja (+) | Larga | Local-regional | N/A | N/A | Continua | Sí (servicios locales) | Sí (+) | Positivo |
| **Infraes. y servicios** | Moderada | Larga | Lineal regional | Alta (reparable) | Media | Continua | Sí (muchos camiones) | Sí (desgaste creciente) | Negativo |
| **Núcleos poblacionales** | Moderada | Larga | Regional (pueblos ruta) | Alta | Alta | Continua | Sí (sum impacto extracción) | Sí (tensión social) | Negativo |

**Análisis y justificación:** El **transporte de materiales** representa la **externalización** de los impactos del proyecto hacia las comunidades. La matriz indica impactos negativos en muchos rubros, aunque de magnitud menor que la extracción misma, excepto en lo referente a seguridad y perturbación social, donde alcanza niveles comparables.

En *atmósfera*, se ve un impacto **bajo a moderado** por las **emisiones y polvo vehicular**. Esta calificación se basa en que, si bien cada camión emite contaminantes, la cantidad total de camiones es limitada y están mitigando el polvo (cubriendo cargas, limpieza). Por ello no se marcó como "alto". No obstante, en comunidades rurales no acostumbradas, incluso un ligero incremento de humo y polvo es notable, justificando "moderado" más que "bajo".

La *seguridad vial* y sus efectos en población se reflejan en *Población* y *Núcleos poblacionales* con **impacto moderado negativo**. Esto se apoya en consideraciones de riesgo real: el tráfico pesado incrementa la probabilidad de accidentes (lo que en evaluaciones de impacto se toma muy en serio). Si bien no podemos afirmar que ocurrirán accidentes, la simple presencia del riesgo y la percepción de inseguridad degrada la calidad de vida, justificando esa calificación. Además, la experiencia indica que **uno de los impactos más sentidos por comunidades es el tráfico de camiones**, muchas veces generando protestas. Por eso se mantuvo un nivel moderado alto.

*Infraestructura* aparece con impacto **moderado negativo** por el **deterioro de caminos**. Las observaciones de campo típicas muestran que caminos rurales sufren con cargas constantes, por lo que es válido este nivel. Sin embargo, como el promovente seguramente mantendrá el camino de acceso transitable para su propio beneficio, el impacto se circunscribe a desgaste y baches, que son reparables (reversibles con mantenimiento), de ahí que no se ponga "alto".

Los *impactos positivos* asociados se notan en economía local: la contratación de servicios de transporte, choferes, combustible, etc., introduce un **impacto positivo bajo** (no enorme, pero beneficia). Esto sustenta la celdilla de economía positiva leve. Aunque no es tan alto como el empleo de extracción, sí complementa el flujo económico.

En el *medio perceptual*, se mantuvo **moderado negativo** reconociendo que el ir y venir de camiones afecta la *sensación de ruralidad tranquila*, generando malestar visual y auditivo en los habitantes y viajeros. Esto se justifica porque se altera el paisaje sonoro y visual de caminos y pueblos - algo intangible, pero con peso en la apreciación pública del proyecto.

Cabe mencionar que muchos de estos impactos son **repetitivos** y **acumulativos en el tiempo** (por ejemplo, el polvo depositado día tras día en casas, el estrés de oír camiones diarios). Esto se resaltó en las columnas de periodicidad y acumulación. La sinergia entre el transporte y la extracción se manifiesta en *núcleos poblacionales*: la comunidad no distingue si la molestia viene de la mina en sí o de los camiones, lo percibe todo como un combo de impactos asociados. Por eso se agregó sinergia en población/núcleos, indicando que el tráfico sumado al ruido de la extracción agrava la situación general.

En resumen, la actividad de manejo y transporte, si bien **es auxiliar**, **agrava la huella ambiental-social** extendiéndola fuera del perímetro del proyecto. Las justificaciones dadas apoyan las calificaciones: magnitudes moderadas para los principales problemas (seguridad vial, ruido y polvo en comunidades), y bajas en impactos más menores (p. ej. afectación directa al suelo o fauna por atropello, que son casos puntuales). Esto refuerza la necesidad de medidas de gestión vial: control estricto de velocidad, señalización, mantenimiento de caminos y comunicación con la comunidad, para minimizar estos impactos. Con dichas medidas, se espera que los impactos reales percibidos puedan reducirse hacia niveles bajos-moderados, pero la matriz presenta un escenario prudente considerando la situación sin mejoras.

### *V.2.2.3. Monitoreo y mitigación operativa (riego continuo en vías y frentes, inspección diaria de cortinas de sedimento)*

**Descripción:** Esta actividad agrupa acciones de **mitigación ambiental que se realizan durante la operación misma**, a modo de monitoreo y ajustes cotidianos. Incluye:

- **Riego continuo de vías y frentes de trabajo:** Consiste en aplicar agua mediante pipas o cisternas montadas en camionetas a los caminos internos y zonas de extracción, varias veces al día (al menos tres riegos diarios en temporada seca). El objetivo es suprimir el polvo generado por el tránsito de vehículos y la remoción de material, manteniendo la emisión de partículas por debajo de los 50 µg/m³ de $PM_{10}$ en el aire. Se estima un consumo de ~2.5 L de agua por m² al día en las áreas críticas, priorizando el uso de agua pluvial almacenada.

- **Inspección diaria de cortinas de sedimento:** Cada mañana antes de iniciar dragados (y durante la jornada tras eventos importantes) se revisa la integridad de las cortinas geotextiles instaladas en el río. Se siguen protocolos: chequeo de tensión de la malla (torquímetro, etc.), verticalidad de estacas, sellos inferiores sin fugas, y medición del sedimento acumulado detrás de la cortina. Si se detecta daño >5% de superficie o fugas notables, se realiza mantenimiento o reemplazo inmediato (dentro de 2 horas). También se limpian periódicamente las cortinas de colmatación (lavado a baja presión) para mantener eficacia.

- **Ajustes operativos rápidos:** Aunque no mencionado explícitamente en el título, se puede inferir que como parte del monitoreo se hacen mitigaciones al vuelo, ej.: si se observa una emisión inusual de polvo, se intensifica el riego; si hay derrames, se limpian; si se halla fauna atrapada, se rescata; etc. Todo dentro del esquema de supervisión ambiental diaria.

Estas actividades son **permanentes durante la operación**, integrándose a la rutina de trabajo, y son cruciales para mantener los impactos bajo control.

**Impactos identificados:** Al igual que en la sección 5.1.3 (controles ambientales de preparación), aquí esencialmente se trata de **acciones benéficas de mitigación**, cuyos impactos directos son en su mayoría **positivos** o **neutros**. Sin embargo, cualquier actividad puede tener algún impacto secundario (por ejemplo, el riego usa agua, la inspección genera mínimo disturbio en el río). En general:

- **Clima (atmósfera):** El riego continuo es altamente **positivo** para la calidad del aire (reduce polvo, mejora visibilidad, menos partículas respirables). **Magnitud positiva alta** localmente (baja ~70–90% las emisiones de polvo respecto a no regar). Sinergia positiva con el clima cálido (el agua rociada refresca y asienta partículas). Algún negativo ínfimo: emisiones de la pipa de riego, pero despreciables frente al beneficio.

- **Tierra – Suelo:** Riego mantiene suelo húmedo, lo que disminuye erosión y resuspensión de partículas – **positivo** para conservar la capa superficial. La inspección de cortinas implica personal entrando en zonas inundables, posiblemente pisando algo de suelo ribereño, pero el impacto es trivial (solo huellas, ninguna alteración sustancial). Por el contrario, mantener cortinas funcionales evita que sedimentos viajen libremente, protegiendo suelos aguas abajo de sedimentación indeseada. Impacto neto **positivo menor** en suelo (prevención de contaminación y erosión).

- **Agua continental:** Reforzando 5.1.3, el riego en sí no afecta agua más que por consumo (ya analizado como mínimo). La inspección diaria y mantenimiento de cortinas es **altamente positivo para la calidad del agua**: garantiza que la turbidez esté controlada, previniendo que falla de cortina cause un impacto repentino. Cada vez que se corrige un desperfecto en cortinas, se está **evitando un impacto**. Magnitud positiva moderada, pues mantiene el agua limpia. El acto de levantar la cortina para limpieza puede liberar momentáneamente algo de sedimento, pero es controlado y planificado, de efecto muy menor comparado con la protección global.

- **Procesos abióticos:** Estas acciones refuerzan procesos físicos deseables: suelo húmedo = menos polvo = transporte eólico natural minimizado (mantiene un régimen cercano a natural de polvo); cortinas funcionales = sedimentación ocurre donde debe (detrás de cortina) en vez de dispersarse - en cierto modo, se está manejando el micro-proceso sedimentario. Beneficio pequeño pero encaminado a estabilidad.

- **Vegetación:** Menos polvo depositado = vegetación circundante sufre menos estrés – **impacto positivo** para la flora alrededor (polvo puede obstruir estomas, con riego se elimina). Además, suelo húmedo favorece cualquier brote incipiente (aunque en la zona de operación se saca, pero alrededores beneficia a plantas no ser recubiertas de polvo). Magnitud baja positiva.

- **Fauna:** Al reducir polvo y turbidez, se **mejoran las condiciones para la fauna**: aire más limpio para aves y mamíferos, agua más clara para peces. También, la presencia de personal inspeccionando cortinas podría causar breve disturbio a alguna ave acuática presente, pero es momentáneo. En neto, es positivo ya que se cuida su hábitat de deterioro.

- **Procesos bióticos:** Indirectamente, manteniendo bajo control la polución y turbidez, se ayuda a que los procesos ecológicos fuera del área inmediata (y en la periferia) no se interrumpan tanto. Ej: polinizadores no se alejan por exceso de polvo, peces pueden seguir alimentándose porque no hay una turbidez extrema. Son mejoras sutiles, pero reales.

- **Medio perceptual:** Desde la perspectiva de un observador, ver que se aplica riego constante podría generar algo de **barro** en el camino, pero es preferible a polvo; y demuestra buena gestión. El agua en el aire incluso reduce sensación térmica. Visualmente, menos polvo significa entorno más claro - positivo. En ruido no influye mucho (una pipa hace algo de ruido, pero insignificante comparado a la maquinaria).

- **Usos del suelo:** Regar caminos reduce la dispersión de polvo sobre parcelas colindantes, por tanto, **protege cultivos y pastos** que de otra forma se ensuciarían. Mantener agua limpia con cortinas asegura que usuarios río abajo (ej. regantes) tengan menos problemas de sedimentación. Así, se **protegen los usos** (impacto positivo leve).

- **Población:** Claramente, menos polvo = **mejor salud y comodidad para pobladores** cercanos. Inspecciones de cortinas = se evita que el agua que quizá alguien usa para pesca o recreo se ensucie. Todo esto **beneficia a la población local** en términos de ambiente. Magnitud moderada positiva (aire limpio es crucial).

- **Economía:** Las actividades de mitigación implican costo para el proyecto (negativo para empresa), pero en términos locales, contratan gente para monitoreo, compran agua si no es de lluvia, etc., lo cual es leve inyección económica. Y protegen productividad de campos al no llenarse de polvo. Diríamos positivo marginal.

- **Infraestructura:** Mantener el camino húmedo reduce su polvoriento pero puede generar lodo, aunque en realidad prolonga su vida al disminuir polvo (que es material del camino que se va volando). O sea, riego correcto puede incluso proteger la superficie del camino de degrade rápido. Y menos polvo en ambientes urbanos significa menos limpieza de calles necesaria.

- **Núcleos poblacionales:** Para el pueblo, que los camiones salgan limpios y sin polvo adherido evita ensuciar sus calles; regar camino de acceso evita levantar polvareda que llegue al pueblo. Todo se traduce en un **menor impacto percibido en la comunidad** – un efecto positivo en su bienestar.

**Tabla V.6**. Evaluación de impactos ambientales de la actividad "Monitoreo y mitigación operativa (riego continuo y revisión de cortinas)".

| Componente | Magnitud | Duración | Extensión | Reversibilidad | Recuperabilidad | Periodicidad | Sinergia | Acumulación | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Clima (atmósfera)** | Alta (+) | Continua | Local/regional (polvo) | N/A (mejora) | N/A | Continua | Sí (reducción polvo) | Sí (aire limpio sostenido) | Positivo |
| **Tierra – Suelo** | Moderada (+) | Continua | Local | N/A | N/A | Continua | Sí (menos erosión) | Sí (protección diaria) | Positivo |

| Componente | Magnitud | Duración | Extensión | Reversibilidad | Recuperabilidad | Periodicidad | Sinergia | Acumulación | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Agua continental** | Moderada (+) | Continua | Local aguas abajo | N/A | N/A | Continua | Sí (evita turbidez) | Sí (prevención constante) | Positivo |
| **Proc. abióticos** | Baja (+) | Continua | Local | N/A | N/A | Continua | Sí (estabilidad) | Sí | Positivo |
| **Vegetación** | Baja (+) | Continua | Local/regional | N/A | N/A | Continua | Sí (sin polvo) | Sí | Positivo |
| **Fauna** | Baja (+) | Continua | Local | N/A | N/A | Continua | Sí (mejor hábitat) | Sí | Positivo |
| **Proc. bióticos** | Baja (+) | Continua | Local | N/A | N/A | Continua | Sí | Sí | Positivo |
| **Medio perceptual** | Moderada (+) | Continua | Local | N/A (beneficio) | N/A | Continua | Sí (menos polvo visible) | Sí | Positivo |
| **Usos del suelo** | Baja (+) | Continua | Local | N/A | N/A | Continua | Sí (protege usos) | Sí | Positivo |
| **Población** | Moderada (+) | Continua | Local | N/A | N/A | Continua | Sí (salud+comodidad) | Sí | Positivo |
| **Economía** | Baja (+) | Continua | Local | N/A | N/A | Continua | Sí (gasto local) | Sí | Positivo |
| **Infraes. y servicios** | Baja (+) | Continua | Local | N/A | N/A | Continua | Sí (menos limpieza/cuidado) | Sí | Positivo |
| **Núcleos poblacionales** | Moderada (+) | Continua | Micro-regional | N/A | N/A | Continua | Sí (menos afectación) | Sí | Positivo |

**Análisis y justificación:** Esta matriz confirma que las acciones de **monitoreo y mitigación operativa** inducen en su mayoría **impactos positivos**, actuando como **contrapesos a los impactos negativos** de las operaciones. Se otorgaron magnitudes positivas notables en componentes donde las medidas tienen efecto directo: *atmósfera* (alta +) por la eficacia del riego en el control de polvo, *agua* (moderada +) por la prevención de turbidez mediante cortinas bien mantenidas, y *población* (moderada +) por la mejora en las condiciones ambientales percibidas (menos polvo y riesgos). Estas calificaciones se justifican porque, sin estas medidas, los impactos en esos componentes serían mucho mayores (tal como se evaluó en la sección 5.2.1), y con las medidas se reducen sustancialmente, incluso generando una mejora respecto al escenario operativo sin control.

Por ejemplo, en *clima/aire* habíamos estimado un impacto moderado negativo por polvo durante la extracción; gracias al riego continuo, ese impacto se minimiza tanto que se convierte en un *beneficio neto*: se mantiene el aire limpio en la medida de lo posible, lo cual es valorado muy positivamente. La magnitud alta positiva refleja la importancia de esta mitigación. Del mismo modo, *agua continental* pasa de un impacto negativo moderado (turbidez) a un impacto positivo moderado, pues la cortina inspeccionada evita la turbidez amplia y mantiene la calidad casi intacta fuera del sitio. Esto concuerda con prácticas de manejo adaptativo donde la supervisión constante garantiza la efectividad de las barreras.

En *población*, los beneficios se traducen en menos polvo respirado y menos molestias, de ahí la puntuación positiva. Es una repercusión importante en bienestar diario, por lo que se clasificó moderada positiva (no alta, porque aún hay ruido u otros impactos que estas medidas no resuelven; pero en cuanto a polvo y limpieza sí hay mejora notable). Igualmente, en *núcleos*

*poblacionales*, el hecho de que los camiones salgan limpios y sin tirar material reduce las quejas típicas de "la carretera queda hecha un asco" o "todo el pueblo se llena de polvo de la mina". Esto es un **alivio** para la comunidad, y se refleja en la valoración positiva.

Los demás componentes muestran beneficios menores pero presentes. Por ejemplo, *vegetación/fauna* circundante se ven favorecidas (magnitud baja +) porque el ambiente es menos agresivo (menos polución), permitiendo que la flora/fauna externa al sitio sufra menos. Aunque no repara la pérdida dentro del sitio (eso vendrá en restauración), al menos cuida lo que está fuera.

Un aspecto a subrayar: la **sinergia positiva**. Estas medidas trabajan en conjunto con las predispuestas en la etapa de preparación, reforzando la protección ambiental. La matriz marca sinergia positiva en casi todos los componentes, indicando que la combinación de riego, cortinas y monitoreo crea una red de protección que multiplica la efectividad (por ejemplo, aire limpio beneficia tanto a personas como a fauna/planta, generando múltiples mejoras concurrentes).

No obstante, hay que reconocer que estas medidas, si bien mejoran la situación, **no eliminan por completo los impactos**. Por eso, por ejemplo, en paisaje perceptual se puso moderada positiva, pero uno podría argumentar que el paisaje sigue alterado; la positividad radica en que la ausencia de polvo deja ver mejor el entorno y muestra un esfuerzo de mitigación, lo cual a veces es apreciado por la comunidad (perciben que la empresa cuida).

En síntesis, las calificaciones asignadas a esta actividad están ampliamente justificadas por su rol mitigador. Resaltan la eficacia esperada: los impactos negativos residuales con estas acciones son mucho menores, y en varios casos convierten un potencial impacto en **no impacto o impacto positivo** (de mejora comparativa). Esto valida la estrategia de monitoreo constante recomendada por Conesa y otros metodólogos, donde se verifica y ajusta diariamente las medidas para asegurar su funcionalidad. Los resultados de esta submatriz reafirman que, gracias a estas medidas, el proyecto podrá mantener sus impactos dentro de límites aceptables durante la operación, protegiendo tanto el ambiente como a la población de daños mayores.

#### *V.2.2.4. Mantenimiento preventivo (revisión sistemática de maquinaria y reemplazo de geomallas dañadas)*

**Descripción:** Esta actividad engloba las tareas de **mantenimiento preventivo** y correctivo menor orientadas a mantener tanto la maquinaria pesada como las estructuras de control ambiental en óptimo estado, previniendo fallos que pudieran provocar impactos. Se divide en dos acciones principales:

- **Revisión sistemática de maquinaria:** Implica la **inspección diaria en campo** de los equipos (excavadoras, camiones, bomba, etc.) verificando condiciones como: nivel de emisiones de humo (opacidad visual ≤47.5% según NOM), presencia de **fugas de hidrocarburos** (se coloca cartón o papel para detectar goteos, tolerancia cero), y niveles de ruido anómalos (mediciones periódicas, objetivo ≤84 dB(A) a cierta distancia). Se lleva una bitácora con registros fotográficos geo-referenciados de cada inspección para

detectar tendencias. Adicionalmente, se programa **mantenimiento periódico en taller especializado** (fuera de sitio) de cada máquina conforme horas de uso, para afinación de motores, análisis de fluidos, etc., con el objetivo de **reducir emisiones y optimizar desempeño**. Cualquier anomalía detectada se corrige de inmediato: e.g., reemplazo de empaques si hay goteo >1 gota/min o ajuste de inyectores si opacidad >15%, en menos de 4 horas.

- **Reemplazo de geomallas/cortinas dañadas:** Complementando la inspección de cortinas del apartado 5.2.3, aquí se define el **procedimiento de reemplazo** de las secciones de cortina geotextil cuando sufren deterioro. Se establecen **umbrales** técnicos para decidir reemplazar: roturas >10 $cm^2$ por $m^2$, deformaciones >5% de elongación, obstrucción >40% del área de flujo, etc., evaluados con herramientas (plantilla cuadriculada, extensómetro, análisis de imagen). Cuando se cumple un criterio, se recorta la sección dañada y se **instala un tramo nuevo**, solapando 15 cm con lo existente y fijando con estacas helicoidales cada 0.5 m (torque ~45 N·m). Luego se hace una prueba simulada (riego de agua a cierto caudal) para verificar que el reemplazo no filtra sedimento (turbidez aguas abajo <5 UNT adicional). Todo esto para mantener la eficacia ≥90% en retención de sedimentos durante toda la operación.

Ambas acciones de mantenimiento son **permanentes a lo largo del proyecto**. Buscan **anticiparse a problemas ambientales**: evitar que una máquina en mal estado contamine (humo, fugas) y evitar que una geomalla rota deje pasar sedimento. Son parte de la cultura de prevención del proyecto.

**Impactos identificados:** El mantenimiento preventivo tiene **efectos ambientales predominantemente positivos**, al igual que otras medidas de mitigación. En general:

- **Clima (atmósfera):** Mantener motores afinados y filtros limpios resulta en **menos emisiones atmosféricas** (menos humo negro, menos contaminantes). Esto mejora la calidad del aire local y reduce la huella de carbono del proyecto. Se puede considerar un impacto **positivo** en atmósfera: magnitud moderada (maquinaria bien mantenida puede reducir hasta ~20-30% sus emisiones respecto a mal mantenida). Además, evita episodios de alta opacidad de humo que generarían hollín local. Por tanto, aire más limpio y menos gases: bueno para clima local y global.

- **Tierra – Suelo:** Revisar y corregir fugas inmediatamente significa que se evitan **derrames de aceite/combustible al suelo**. Esto es un **impacto positivo** para el suelo: se mantiene sin contaminación por hidrocarburos, que de otro modo podrían acumularse y requerir remediación. También, sustituir antes de fallo componentes (mangueras, etc.) previene derrames mayores.

- **Agua:** Indirectamente, evitar fugas de fluidos significa que no llegarán al agua subterránea o superficial, protegiendo la calidad del agua. Además, maquinaria con menos emisiones reduce deposición de contaminantes ácidos o partículas en cuerpos de agua. **Positivo** para agua, aunque de magnitud baja por ser preventiva.

- **Procesos abióticos:** Maquinaria bien mantenida vibra menos y causa menos ruido, reduciendo vibraciones en suelo y estructuras. Mallas en buen estado mantienen su función física en el río. Son mejoras de estabilidad física.

- **Vegetación:** Menos emisiones de escape (menos NOx, $SO_2$) implican menos deposición de contaminantes fitotóxicos en la vegetación circundante (aunque la escala es pequeña). También, menos aceite derramado significa ninguna planta sufre toxicidad en raíces por contaminación. Impacto positivo leve en salud de la vegetación del entorno.

- **Fauna:** Reducción de ruido de motor (máquinas afinadas, silenciosos funcionando) y de vibraciones hace la operación un poco menos perturbadora para fauna. También, no tener charcos de aceite donde animales podrían beber o impregnarse. Todo ello ayuda a la fauna local (positivo leve). Y el correcto funcionamiento de cortinas protege fauna acuática evitando turbidez.

- **Procesos bióticos:** Al no introducir contaminantes en cadenas tróficas (vía suelo/agua), se preservan los procesos. No hay hidrocarburos que interrumpan descomposición, etc.

- **Medio perceptual:** Maquinaria bien mantenida suele sonar menos estruendosa y emitir menos humaredas visibles. Para un observador, ver equipos que no echan humo negro reduce la percepción de contaminación. El ruido algo menor mejora ligeramente el ambiente sonoro (aunque sigue ruido, es atenuado). Por tanto, hay un pequeño **beneficio perceptual**: la operación se ve "limpia" y profesional, en lugar de ruidosa y sucia.

- **Usos del suelo:** Menos riesgos de contaminación significa que tierras adyacentes no perderán calidad (por ej., un pastizal vecino no será contaminado por aceite y seguirá apto). Y menor ruido puede significar menos perturbación a ganado. Impacto positivo nimio pero presente.

- **Población:** Beneficios directos: menos **humo y ruido** significa menos molestias de salud para pobladores cercanos (humo diesel contiene partículas y $SO_2$ que irritan, se minimizan; ruido menor reduce estrés). Además, se evitan situaciones peligrosas (p.ej., una manguera reventando y causando un incendio, prevenido con mantenimiento). Entonces la población está más segura y con ambiente algo más agradable. Impacto positivo apreciable.

- **Economía:** Mantener maquinaria reduce averías, evitando paros y gastos mayores – esto es bueno para la economía del proyecto. Localmente, se contratan servicios de taller regionales, inyectando dinero a esos negocios: positivo económico local.

- **Infraestructura y servicios:** Menos emisiones = menos carga de contaminantes en aire = menos necesidad de salud pública atender problemas respiratorios (muy indirecto). Reemplazar mallas a tiempo = no habrá sedimentos llegando a diques, manteniendo infraestructura hidráulica sin azolves extras. Cosas sutiles pero positivas. Y en general, da cumplimiento a normas (NOMs de emisiones y ruido), evitando sanciones y gastos.
No obstante, también existen **pequeños impactos negativos posibles**:

- **Residuos**: Las labores de mantenimiento generan residuos: filtros de aceite usados, trapos con grasa, pedazos de geomalla reemplazada, empaques viejos, etc. Son residuos (algunos peligrosos, como aceite usado) que deben gestionarse adecuadamente. Si se maneja conforme plan (almacenados y enviados a gestor autorizado), no causarán impacto; pero hay un riesgo inherente si no se dispone bien.

- **Consumo de recursos**: Mantenimiento implica usar insumos (aceites, refacciones) y energía (electricidad en talleres, etc.), con una huella ambiental asociada pequeña.

- **Riesgo laboral**: No tanto ambiental, pero los trabajadores que realizan mantenimientos en campo pueden tener accidentes (no es ambiental, pero es un aspecto H&S). Estos negativos son menores y controlados por el plan de manejo de residuos del proyecto.

En balance, el mantenimiento produce **mucho más beneficio que perjuicio ambiental**.

**Tabla V.7**. Evaluación de impactos ambientales de la actividad "Mantenimiento preventivo (maquinaria y geomallas)".

| Componente | Magnitud | Duración | Extensión | Reversibilidad | Recuperabilidad | Periodicidad | Sinergia | Acumulación | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Clima (atmósfera)** | Moderada (+) | Continua | Local | N/A (mejora) | N/A | Continua | Sí (menos emisiones) | Sí (aire limpio sostenido) | Positivo |
| **Tierra – Suelo** | Moderada (+) | Continua | Local | N/A | N/A | Continua | Sí (evita contami.) | Sí (suelo limpio) | Positivo |
| **Agua continental** | Baja (+) | Continua | Local | N/A | N/A | Continua | Sí (evita contami.) | Sí | Positivo |
| **Proc. abióticos** | Baja (+) | Continua | Local | N/A | N/A | Continua | Sí (estabilidad física) | Sí | Positivo |
| **Vegetación** | Baja (+) | Continua | Local | N/A | N/A | Continua | Sí (sin tóxicos) | Sí | Positivo |
| **Fauna** | Baja (+) | Continua | Local | N/A | N/A | Continua | Sí (menos ruido/perturb) | Sí | Positivo |
| **Proc. bióticos** | Baja (+) | Continua | Local | N/A | N/A | Continua | Sí | Sí | Positivo |
| **Medio perceptual** | Baja (+) | Continua | Local | N/A | N/A | Continua | Sí (menos humo/ruido) | Sí | Positivo |
| **Usos del suelo** | Nula/+ | N/A | Local | N/A | N/A | Continua | Sí (sin afectación rec.) | N/A | Positivo |
| **Población** | Moderada (+) | Continua | Local | N/A | N/A | Continua | Sí (salud/seguridad) | Sí | Positivo |
| **Economía** | Baja (+) | Continua | Local | N/A | N/A | Continua | Sí (eficiencia ahorros) | Sí (+ local taller) | Positivo |
| **Infraes. y servicios** | Baja (+) | Continua | Local-regional | N/A | N/A | Continua | Sí (evita azolves exces.) | Sí | Positivo |
| **Núcleos poblacionales** | Baja (+) | Continua | Local-regional | N/A | N/A | Continua | Sí (menos molestias) | Sí | Positivo |

**Análisis y justificación:** La evaluación muestra que el **mantenimiento preventivo** de maquinaria y equipos de control **contribuye positivamente** en múltiples frentes ambientales. En esencia, evita que surjan impactos mayores (fugas, emisiones descontroladas, fallos de barreras) y por ello los resultados son similares a los de otras medidas de mitigación: *impactos positivos o neutros*. Se destacan:

- *Atmósfera*: impacto **positivo moderado**, ya que reducir emisiones de humo y partículas de los motores tiene un efecto palpable en la calidad del aire local. La asignación de

**magnitud moderada** (+) se justificó con base en estándares: una máquina bien afinada puede emitir notoriamente menos contaminantes que una fuera de punto; además, la bitácora de opacidad con tope ~47% y acciones correctivas si >15% demuestran un riguroso control. Esto respalda que el aire permanecerá más limpio de lo que estaría sin mantenimiento.

- *Suelo*: **positivo moderado**, porque asegurar la ausencia de derrames significa que el suelo del área de trabajo no acumulará contaminantes. Históricamente, en proyectos sin buen mantenimiento se observan "manchas negras" de aceite en suelo; aquí se evitarán, protegiendo su calidad. La magnitud moderada se basa en la nocividad que tendría un derrame crónico (que aquí no ocurrirá). Cada fuga prevenida es un impacto negativo que no sucede, volviéndolo un impacto positivo de prevención.

- *Población*: **positivo moderado**, enfatizando que menos ruido y humo mejora la salud de los trabajadores y vecinos. Tener maquinaria silenciosa (<84 dB en puntos, cumpliendo NOM-081) y sin humos reduce la molestia sensorial de la comunidad. Asimismo, la seguridad se beneficia: al reemplazar piezas antes de fallo se reducen riesgos de accidentes (por ejemplo, un latiguillo reventado podría salpicar aceite caliente a un operador; evitando eso, protegemos integridad humana). Todo ello se traduce en mayor bienestar, de allí la magnitud moderada positiva.

Los demás componentes se valoraron con **impactos positivos bajos** porque si bien hay beneficio, es más difuso o pequeño. Por ejemplo, *agua* positiva baja: sí, se evita contaminación por derrames, pero la probabilidad de un derrame grande era baja y su área sería limitada. Aun así, se reflejó el bien: cada gota no derramada es agua sin contaminar. *Fauna/vegetación* también baja positiva: un ambiente con menos ruido y contaminantes es ligeramente mejor para los seres vivos, aunque la gran perturbación viene de la operación misma (que sigue). Aun así, toda mejora se considera.

*Medio perceptual* quedó positivo bajo porque, aunque los equipos sigan siendo visibles y audibles, al menos no echan humo negro y hacen ruido excesivo – eso mejora la percepción de la operación como "limpia" y reduce la sensación de contaminación, lo cual es valioso ante la comunidad. Muchas veces la imagen de chimeneas humeantes es lo que genera rechazo; aquí se evita ese símbolo visual, mejorando la aceptación potencial.

Se nota que *usos del suelo* aparece casi nulo/positivo: realmente esta acción no incide en usos externos salvo indirectamente protegiéndolos de contaminación, cosa ya captada en suelo/agua/población. Por eso se puso nulo o positivo marginal.

En *economía*, se menciona impacto positivo bajo: es cierto que el mantenimiento genera costos para el promotor, pero esos costos son empleos de mecánicos, compras de repuestos, etc., que benefician la economía local/regional (talleres). Además, maquinaria eficiente consume menos combustible, ahorra dinero y reduce residuos – eficiencias económicas y ambientales van de la mano. Así que hay un lado positivo económico/ecológico que se reflejó modestamente.

En suma, el mantenimiento preventivo es una **buena práctica que casi no tiene contras ambientales**. Los pocos posibles contras (residuos de mantenimiento) están contemplados en la gestión de residuos del proyecto, y no se manifestaron en la matriz por considerarse

manejados. Se evidenció la **sinergia positiva**: maquinaria en buen estado + riego + cortinas = impactos minimizados integralmente. Igualmente, se acumula un beneficio: cada día sin fugas ni humos es un día que no se suman contaminantes al entorno.

Estas justificaciones confirman la necesidad de mantener un riguroso plan de mantenimiento como parte del compromiso ambiental. Vicente Conesa en su metodología sugiere ponderar la *recuperabilidad mediante acciones humanas*; aquí vemos un ejemplo claro: mediante esta acción (mantenimiento), muchos impactos son recuperados o evitados inmediatamente. Por eso su aporte es fundamental y se refleja con impactos positivos en la evaluación.

En conclusión, las actividades de **monitoreo, mitigación y mantenimiento operativos** (5.2.3 y 5.2.4) actúan como **contrapesos que reducen significativamente la importancia de los impactos negativos de la extracción y el transporte**, tal como se esperaba en la planeación. Los resultados de la etapa de operación muestran un panorama manejable: si bien la extracción/transporte tienen impactos serios, la aplicación diligente de estas medidas los mantiene en niveles moderados, evitando llegar a lo crítico. Esto valida la estrategia ambiental del proyecto y proporciona confianza de que, con la supervisión continua, **no se sobrepasarán umbrales inaceptables de impacto** durante la fase operativa.

## V.2.3. Etapa de abandono del terreno

La etapa de **abandono o cierre** corresponde al cese definitivo de las operaciones y la implementación de acciones de **restauración ambiental** del sitio, con el fin de devolver en lo posible las condiciones naturales al área intervenida y prevenir efectos post-operacionales. En el proyecto propuesto, el cierre se concibe de forma progresiva y planificada, e incluye: el **desmantelamiento de la infraestructura temporal**, la **restauración morfológica del terreno**, la **restauración ecológica (revegetación)** y un **monitoreo post-cierre** para asegurar la estabilidad y éxito de las acciones. Estas actividades están orientadas a **mitigar y compensar los impactos residuales** que dejó la etapa de operación, buscando la recuperación del ecosistema ribereño.

A continuación, se evalúan las acciones de la etapa de abandono, las cuales en su mayoría generan **impactos positivos** al medio ambiente (al ser medidas reparadoras), aunque también implican algunas perturbaciones menores de carácter temporal.

### *V.2.3.1. Desmantelamiento de infraestructura (retiro de instalaciones temporales, eliminación de señalización/cercos, recuperación de suelos impactados)*

**Descripción:** En esta fase inicial del cierre, se procede a **retirar todo vestigio de la presencia del proyecto** en el sitio. Comprende:

- **Retiro de instalaciones temporales:** Desmontaje y retiro de las geocercas perimetrales, señalamientos, casetas portátiles, sanitario portátil, contenedores de residuos, etc., que fueron instalados durante la etapa de preparación y operación. Se realiza manualmente en su mayoría, desatornillando postes, enrollando mallas, desmontando estructuras ligeras. Se emplea maquinaria solo de ser necesaria para cimentaciones superficiales

puntuales. Los materiales recuperados se destinan a reuso o reciclaje: metales vendidos a chatarreras, maderas donadas, geosintéticos reutilizados en ≥70% si es viable.

- **Eliminación de señalización y cercados:** Complementa lo anterior, asegurando que no queden letreros, ni mojones, ni cercos. Se tapan orificios donde estaban los postes con suelo local compactado al 95% Proctor, y se borran marcas de pintura (pintura biodegradable sobre las rocas marcadas). Se procura almacenar componentes reutilizables para otros proyectos (aprox 70%) y disponer el resto en sitios autorizados.

- **Recuperación de suelos impactados:** Consiste en **restaurar la topografía superficial** y calidad del suelo en áreas degradadas por la operación (campamentos, vías temporales, zonas de maniobra, y el terreno general de los bancos). Incluye: nivelación de zonas de maniobra con motoniveladora y rastreo manual fino, descompactación de vías temporales con arado subsolador seguido de siembra directa, relleno de excavaciones con material estéril remanente y perfilado naturalista de la superficie. Se establecen parámetros: pendientes ≤30° para evitar erosión, espesor de capa superior ≥20 cm de suelo fértil reubicado en áreas a revegetar, todo en un plazo breve (≤10 días por ~1500 $m^2$). Básicamente, se rehace el relieve lo más parecido al natural, eliminando hundimientos o montículos artificiales, y se reacondiciona el suelo para la vegetación (aflojándolo, enriqueciendo con la biomasa triturada que quedó, etc.).

El desmantelamiento y limpieza se llevan a cabo inmediatamente tras concluir la extracción, en un periodo concentrado (varias semanas), antes de iniciar la restauración ecológica.

**Impactos identificados:** El retiro de infraestructura y la recuperación de suelos son actividades **esencialmente positivas** para el ambiente, ya que corrigen las alteraciones introducidas por el proyecto. Sin embargo, implican también **trabajos de movimiento de materiales** (retiro de postes, operación de maquinaria ligera) que causan perturbaciones de pequeña escala, similares a las de la preparación inicial, pero a la inversa. Se identifican los siguientes impactos:

- **Clima (atmósfera):** Durante el desmantelamiento puede generarse **algo de polvo** al excavar para sacar postes o al movilizar maquinaria de nivelación, y emisiones leves de los vehículos empleados. No obstante, son **impactos atmosféricos muy acotados** y de corta duración. Además, el riego podrá seguirse aplicando durante estos trabajos para suprimir polvo. Por otro lado, hay un **impacto positivo** importante a resaltar: al retirar todas las fuentes de emisiones (maquinaria pesada ya no operará) y desmontar instalaciones, se **elimina definitivamente la generación de contaminantes atmosféricos** asociada al proyecto. Es decir, tras esta etapa el aire volverá a sus niveles de calidad base sin interferencias. Por tanto, el impacto neto en clima es **positivo** (cese de emisiones) aunque durante la ejecución haya emisiones mínimas. Magnitud global baja positiva, dado que las mejoras (cese definitivo de polvo/gases del proyecto) son significativas pero esperadas al terminar, y las emisiones de esta fase son mínimas. Extensión local, duración permanente el beneficio (en adelante sin emisiones del proyecto).

- **Tierra – Suelo:** La **recuperación de suelos impactados** tiene un efecto muy **positivo directo**: se restauran las propiedades físicas del suelo (perfilado, descompactación) y se rellena donde faltaba, con lo cual se **revierte en parte la degradación** causada. Esto

mejora la infiltración, reduce erosión futura, y restituye capacidad para sostener vegetación. La **magnitud** del beneficio es **alta**, pues se logra que un suelo antes compactado y desnivelado recupere su estructura y fertilidad superficial. Adicionalmente, retirar elementos extraños (cimientos, escombros) limpia el suelo de potenciales contaminantes o impedimentos para raíces. Durante la ejecución, manejar maquinaria ligera para nivelar puede causar **perturbación muy menor**: pequeñas compactaciones puntuales o remoción de la capa superficial mientras se trabaja, pero esas se corrigen en el proceso mismo de rehábilitar. Se tendrá cuidado de no sobre-compactar al nivelar (posiblemente haciendo trabajo manual en zonas sensibles). Así, el saldo es fuertemente positivo. Extensión local (todas las áreas intervenidas), duración larga (suelo mejorado queda así para el futuro). Este impacto positivo contrarresta parcialmente la pérdida de suelo fértil que ocurrió; si bien no devuelve totalmente lo perdido, sí recupera la capacidad del suelo residual.

- **Agua continental:** El desmantelamiento y limpieza reducen fuentes de posible contaminación: se retira el sanitario portátil (ya no habrá riesgo de derrames de efluentes), se retiran contenedores de residuos (no más lixiviados), se quitan geomallas del río (liberando el cauce de estructuras). Esto implica que el **riesgo de afectaciones al agua desaparece** tras la salida del proyecto. También, al **rellenar excavaciones** y perfilar taludes, se previene que formen lagunas estancadas post-proyecto donde podría haber problemas de calidad de agua. Y al estabilizar suelos, se reduce la erosión y consecuente turbidez futura. En suma, impacta **positivamente**: la hidrología y calidad de agua se benefician de que el área quede estabilizada. Magnitud moderada positiva, pues se evitan problemas a mediano plazo (erosión difusa al río) y se restablece un cauce más natural. Durante la obra misma, el único posible efecto negativo es si al retirar las cortinas se libera repentinamente sedimento acumulado detrás hacia el río. Pero se puede planear hacerlo en condiciones de bajo caudal y lentamente. Esa liberación puntual sería de magnitud baja y momentánea. Por precaución, se podría extraer manualmente algo de ese sedimento antes de quitar la malla, mitigando aún más. Por lo tanto, el impacto neto sigue siendo positivo en agua (eliminación de fuentes contaminantes y mejora de condiciones).

- **Procesos del medio abiótico:** La **restauración morfológica inicial** incluida aquí (perfilado básico y rellenos) influye en los procesos físicos: se **restaura una topografía estable**, lo que es beneficioso para procesos geomorfológicos y de equilibrio del río. Por ejemplo, se reducen pendientes a ≤30° en taludes internos, con lo que se minimiza la erosión masiva posterior; esto favorece el proceso natural de autorreparación del cauce (el río no tendrá cortes verticales que colapsar, sino taludes más suaves que puede colonizar). También se recupera la conectividad lateral: rellenar huecos evita pozas aisladas y permite que el flujo de agua freática se reparta de nuevo de forma homogénea bajo el terreno. En general, se **restablecen los procesos abióticos hacia condiciones previas** o al menos se encauzan para que la naturaleza termine el trabajo. Magnitud positiva moderada, extensión local (tramo de río). Impacto negativo no se aprecia salvo pequeñas vibraciones de la motoniveladora o disturbios superficiales ínfimos comparados con la operación.

- **Vegetación:** El efecto directo del desmantelamiento es preparar el terreno para la revegetación. En esta acción en sí, se **eliminan los obstáculos** (cercas, escombros) que impedían la regeneración vegetal y se reacondiciona suelo (aflojado, nivelado)

dejándolo apto para sembrar o para que germinen semillas. Si bien la siembra viene en la siguiente subetapa, ya en esta se pueden ver mejoras: por ejemplo, la capa de astilla/mulch usada antes al mezclarla con el suelo aporta materia orgánica, beneficiando su fertilidad. También, la **donación de maderas a la comunidad** evita que se quemen in situ o se desperdicien, lo que indirectamente reduce deforestación (en vez de cortar árboles nuevos, usan esas maderas). Durante la retirada, puede haber **daño mínimo a alguna vegetación remanente** si no se tiene cuidado (ejemplo: al sacar un poste se roza un arbusto cercano), pero se minimizará. Globalmente, es un **impacto positivo**: se allana el camino para la recuperación ecológica. Magnitud moderada positiva, porque sin estas acciones la vegetación no podría volver bien; con suelo recuperado y libre de infraestructura, la recolonización será mucho más exitosa.

- **Fauna:** La retirada de infraestructura elimina barreras físicas que podrían impedir el movimiento de fauna (p.ej., ya sin cercas, los animales pueden transitar libremente). Además, el cese de actividades y ruido permitirá que la fauna que se había desplazado empiece a volver paulatinamente. Recuperar suelos y taludes crea nuevos espacios hábitat (por ejemplo, taludes más suaves que serán colonizables por madrigueras, charcos restaurados proveerán bebedero temporal). En esta etapa inicial de cierre, quizás la respuesta de fauna sea lenta (muchos animales vendrán cuando haya vegetación), pero ya se sientan las bases: un entorno más tranquilo y sin estructuras artificiales. Por tanto, impacto **positivo** para la fauna, aunque de magnitud baja a moderada. Adicionalmente, si en la remoción de estructuras se encuentra fauna refugiada (por ejemplo, algún reptil bajo una lámina), se la podrá rescatar o dejar en sitio seguro, lo cual es parte de la buena práctica. La única perturbación negativa podría ser la presencia de trabajadores y máquinas nuevamente, que momentáneamente espantará fauna que empezaba a acercarse; pero es temporal y justificado en aras de un bien mayor.

- **Procesos del medio biótico:** Con la eliminación de elementos extraños y rehabilitación del suelo, se inicia la **recuperación de los procesos ecológicos**. Por ejemplo, al mezclar materia orgánica y tener suelo suelto, vuelven los procesos de descomposición activa; al permitir que en breve crezca vegetación, reiniciarán polinización, etc. En esta subetapa, es preparación, pero se puede decir que es positiva porque restablece condiciones para que los procesos bióticos (sucesión ecológica, interacciones) arranquen. Magnitud moderada positiva, dado que antes esos procesos estaban detenidos y ahora se posibilitan.

- **Medio perceptual (paisaje):** Los trabajos de desmantelamiento y limpieza **mejoran drásticamente la apariencia del sitio**. Visualmente: se retiran mallas, letreros, basura, dejándolo más natural. El simple acto de quitar cercas y rellenos de huecos transforma el paisaje de "sitio en obra" a "sitio en regeneración". Inmediatamente tras esta etapa, el área se verá despejada, con taludes suaves integrándose al relieve. Aunque aún faltará la vegetación, la diferencia es notoria: se eliminan las **evidencias visuales de la actividad humana**, lo cual tiene un impacto positivo fuerte en el paisaje. La **magnitud** es **alta positiva**, pues se pasa de un estado intervenido a uno cercano al natural (salvo por falta de vegetación). La **extensión** es local, pero para la percepción puede notarse desde puntos de observación (puente, rivera) una gran mejora escénica. Respecto al ruido, esta etapa produce algo de ruido de maquinaria leve, pero mucho menor que en operación y por última vez; tras ello, habrá silencio en el área de nuevo, lo que es una ganancia perceptual. En general, el paisaje recupera su armonía hasta donde es posible

sin vegetación, lo cual es un gran logro. Este impacto positivo de restauración visual contrarresta en buena medida el impacto negativo escénico acumulado en años previos.

- **Usos del suelo rústico:** Tras retirar las instalaciones y restaurar suelos, el área queda **nuevamente disponible** para usos del suelo tradicionales o potenciales. Por ejemplo, si el ejido o propietarios desean usar esos terrenos para pastoreo extensivo o ecoturismo, ya podrán hacerlo sin peligros ni obstáculos. Se restituye el acceso (ya sin cercas ni personal restringiendo el paso), permitiendo a la comunidad reintegrar el área a sus actividades. Este es un impacto **positivo** social. Magnitud moderada positiva porque se recupera la disponibilidad de unas cuantas hectáreas que estuvieron acotadas ~10 años; a escala regional es poco, pero para los usuarios locales puede ser significativo (p. ej. abre una ruta de paso al río que estaba cerrada). Reversibilidad no aplica (es la restitución misma).

- **Población:** El desmantelamiento marca el **fin de las molestias y riesgos para la población** asociados al proyecto. Una vez se retira la maquinaria y estructuras:
    - Ya no habrá ruido, ni polvo, ni tráfico de camiones. La tranquilidad y calidad ambiental regresan a la comunidad.
    - Se elimina cualquier riesgo de accidentes ligado al proyecto (ej. alguien cayendo en un pozo sin señalizar - ahora todo se rellena).
    - Psicológicamente, la población percibe que el entorno vuelve a ser suyo y natural, lo que mejora su bienestar y reduce tensiones sociales.
    - Además, la comunidad puede beneficiarse de la **donación de materiales reutilizables** (maderas, quizá restos de malla aprovechable), como se planteó, lo cual es un pequeño extra socioeconómico.

Todo esto es *impacto positivo significativo* para la población local. Magnitud alta positiva en término de bienestar: se terminan años de perturbación, lo cual suele ser muy celebrado. A corto plazo durante los trabajos, habrá un poco de actividad (camiones sacando desperdicios y materiales retirados), pero es la "última molestia" y menor comparada con años de operación; la gente lo tolera sabiendo que es para bien. Así que neto, muy positivo.

- **Economía:** Si bien el cierre implica fin de los empleos de operación, hay algunos empleos en la etapa de abandono (personal de desmantelamiento y restauración). Temporalmente, se contrata cuadrillas para estas labores, generando ingreso. Económicamente:
    - Impacto negativo: cese de la actividad productiva, lo que para la región implica adiós a la derrama que había (ese es más bien el fin de un impacto positivo). No es exactamente "impacto negativo" nuevo, sino término de un positivo.
    - Impacto positivo: el proyecto incurre en gastos de cierre (compra de plántulas, alquiler de maquinaria para restaurar, etc.), lo cual genera actividad económica final. Y los materiales reutilizables valiosos se venden/donan localmente, lo que es un mini estímulo (chatarra vendida, madera a habitantes = alivio de necesidad de compra).

En la evaluación, se puede considerar impacto económico **neutral a levemente positivo** a nivel local: el grueso de beneficios económicos ya ocurrió en operación, ahora hay un leve plus por contratación local para restaurar y reutilización de materiales. Pero no de gran

magnitud. Tampoco hay grandes impactos negativos económicos porque el área no era base de otra economía en el inter (quizá salvo pescadores que podrán volver a pescar ahí, lo cual sería positivo).

- **Infraestructura y servicios:** Al salir el proyecto:
  - Disminuye la carga sobre caminos y puentes (ya no camiones). Esto es positivo, los caminos podrán ser usados normalmente y requerirán menos mantenimiento intensivo.
  - Cualquier señalética o desvío vial temporal se retira, volviendo la normalidad.
  - Si se hicieron mejoras a caminos (por ejemplo, se dejó el acceso en buen estado), la comunidad hereda un camino mejor que antes del proyecto, lo cual es un impacto positivo perdurable. Esperando que así sea.

Magnitud moderada positiva: la infraestructura local deja de sufrir desgaste y, con suerte, queda en buen estado tras arreglos de cierre (empresa debe reparar daños, idealmente). Así, la red vial local se normaliza, beneficio para el municipio.

- **Núcleos poblacionales:** Para los poblados cercanos, el abandono del proyecto supone:
  - **Eliminación del tráfico pesado** por sus calles, lo que mejora inmediatamente la seguridad y tranquilidad urbana.
  - **Imagen recuperada:** Ya no verán pasar camiones ni identificar la zona como "sitio de extracción", sino como "zona restaurada". Esto puede mejorar el ánimo comunitario y el atractivo de la región (por ejemplo, ya se podrían retomar actividades recreativas en el río sin la presencia de la obra).
  - **Confianza en el cumplimiento:** Si ven que se restauró y limpió todo, la población quedará más satisfecha, reduciendo sentimientos negativos. La experiencia exitosa de cierre puede ser positiva para la cohesión social y la relación con autoridades.

Impacto positivo considerable: la normalización de la vida comunitaria sin la influencia del proyecto. Magnitud alta positiva a nivel de percepción social, aunque difícil de cuantificar, se asume que la comunidad valora mucho que su entorno quede bien.

**Tabla V.8**. Evaluación de impactos ambientales de la actividad "Abandono: Desmantelamiento de infraestructura y recuperación de suelos".

| Componente | Magnitud | Duración | Extensión | Reversibilidad | Recuperabilidad | Periodicidad | Sinergia | Acumulación | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Clima (atmósfera)** | Baja (+) | Permanente | Local-regional | N/A (mejora) | N/A | Única (cierre) | Sí (fin emisiones) | Sí (ambiente limpio en adelante) | Positivo |
| **Tierra – Suelo** | Alta (+) | Permanente | Local | N/A (restauración) | N/A | Única | Sí (perfil + descomp.) | Sí (suelo rehabilitado) | Positivo |
| **Agua continental** | Moderada (+) | Permanente | Local-aguas abajo | N/A (mejora) | N/A | Única | Sí (sin riesgos cont.) | Sí (mejor calidad sostenida) | Positivo |

| Componente | Magnitud | Duración | Extensión | Reversibilidad | Recuperabilidad | Periodicidad | Sinergia | Acumulación | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Proc. abióticos** | Moderada (+) | Permanente | Local-regional | N/A | N/A | Única | Sí (geomorf. restablecida) | Sí (estabilidad a futuro) | Positivo |
| **Vegetación** | Moderada (+) | Largo plazo | Local | N/A (preparatorio) | Alta (reveg. sigue) | Única | Sí (hábitat liberado) | Sí (posible recolonización) | Positivo |
| **Fauna** | Baja-Mod. (+) | Largo plazo | Local | N/A | Media (depende reveg.) | Única | Sí (sin barreras/ruido) | Sí (fauna regresará) | Positivo |
| **Proc. bióticos** | Moderada (+) | Largo plazo | Local | N/A | Alta | Única | Sí (reinicio sucesión) | Sí (ecosistema recupera función) | Positivo |
| **Medio perceptual** | Alta (+) | Permanente | Local (visible) | N/A | N/A | Única | Sí (paisaje natural) | Sí (paisaje se restaura) | Positivo |
| **Usos del suelo** | Moderada (+) | Permanente | Local | N/A | N/A | Única | Sí (área disponible) | Sí (comunidad recupera tierras) | Positivo |
| **Población** | Alta (+) | Permanente | Local | N/A | N/A | Única | Sí (fin de impactos) | Sí (mejora calidad de vida) | Positivo |
| **Economía** | Baja (+/–) | Cierre | Local-regional | N/A | N/A | Única | Sí (última derrama, fin empleos) | No | Mixto (neutral) |
| **Infraes. y servicios** | Moderada (+) | Permanente | Regional (vial) | N/A | N/A | Única | Sí (sin carga vial) | Sí (infraestructura preservada) | Positivo |
| **Núcleos poblacionales** | Alta (+) | Permanente | Regional | N/A | N/A | Única | Sí (normalidad social) | Sí (bienestar duradero) | Positivo |

**Análisis y justificación:** La matriz evidencia que el **desmantelamiento y recuperación física del terreno** produce prácticamente **impactos positivos en todos los componentes**, revirtiendo la mayoría de los impactos negativos generados en etapas previas. Esto es consistente con el objetivo de esta fase: **restaurar**. Se otorgaron magnitudes positivas altas en componentes clave:

- *Suelo* con **Alta (+)**, indicando un gran beneficio por la restauración topográfica y de estructura. Esta calificación se respalda en la relevancia de devolverle al suelo su capacidad productiva y de soporte de vida. Tras nivelar y descompactar, el suelo podrá nuevamente retener agua, permitir raíces y resistir erosión, lo cual es un **cambio fundamental** respecto a la situación pos-extracción. Como cita de referencia, la reconstitución del suelo aun con limitaciones es crucial para mitigar la pérdida irreversible previa, y se está logrando parcialmente.

- *Agua* con **Moderada (+)**: dado que se eliminan riesgos de contaminación y se estabiliza el terreno, la calidad del agua futura mejora. Esta valoración tiene un sustento técnico: eliminar las cortinas sin dejar sedimento suelto excesivo y perfilar taludes significa que ya no habrá fuentes nuevas de turbidez; el río retoma su curso sin impedimentos. Así,

se decidió por "moderada" en vez de "alta" porque si bien es importante, durante la operación tampoco hubo una contaminación masiva del agua, pero ahora se asegura condiciones óptimas.

- *Medio perceptual* con **Alta (+)**: La justificación es muy visual. Antes del cierre, el paisaje estaba significativamente alterado y con la intervención de esta etapa vuelve casi a su estado natural (salvo vegetación todavía incipiente). Los criterios estéticos y de compatibilidad con el entorno se cumplen: por ejemplo, los taludes suavizados se integran con la geografía del río, y la ausencia de estructuras devuelve la continuidad visual del paisaje ribereño. Por ello, se puntuó alta, indicando un salto cualitativo grande en la **calidad escénica**. Fotografías "antes y después" típicamente muestran esta mejora.

- *Población* y *núcleos poblacionales* con **Alta (+)**: Esto refleja el **alivio social**. Se argumenta que todos los factores que afectaban a la gente (ruido, polvo, peligro) desaparecen permanentemente tras el cierre. De estar la población con una carga de molestia moderada por años, pasa a cero molestia, lo cual es un gran cambio. La gente recupera su entorno seguro y limpio, elevando su calidad de vida; por tanto, se estimó alta positiva. La "reversión de impactos sociales" es completa y perdurable, justificando la máxima valoración positiva en esos rubros.

- *Usos del suelo* con **Moderada (+)**: El área vuelve al dominio de sus propietarios/usos comunes, un beneficio tangible. Moderada porque, si bien es bueno, el área no era intensamente usada antes; pero en adelante podría integrarse a actividades (ganadería, etc.). Con la restauración morfológica, es posible incluso que se generen microhábitats que la comunidad use (p. ej., un humedal estacional para ganado). La magnitud se mantuvo moderada por la escala no muy grande, pero se reconoció el beneficio.

Donde se ve **Mixto neutral** es en *Economía*: la fase de abandono no genera gran valor económico nuevo, pero su efecto neto sobre la economía local es la terminación de la derrama generada. Sin embargo, se consideró que esto es simplemente el fin natural del proyecto, no un "impacto ambiental" per se. Para ser justos, se mencionó como neutral a levemente positivo porque hay unos últimos contratos locales para la obra de cierre y los materiales que se donan/reciclan implican valor aprovechado. Entonces no quedó ni positivo alto ni negativo: la economía global retoma su estado sin el proyecto. Quizás el mayor aporte económico es intangible: con el terreno restaurado, podrían darse nuevos aprovechamientos económicos sustentables (turismo de naturaleza, etc.) en el futuro, pero eso es especulativo.

Otra cosa a notar: la **sinergia positiva** fue marcada en varios componentes, indicando que las acciones conjuntas (retiro + relleno + nivelación) se complementan para lograr un resultado superior. Ejemplo: suelo + agua + paisaje mejoran todos a la vez, reforzándose (suelo estable = agua limpia = paisaje agradable). Y la **acumulación** se ve en "beneficio permanente": a diferencia de mitigaciones operativas que debían repetirse, estas acciones de cierre dejan efectos duraderos (por eso "Sí (ambiente limpio en adelante)" en atmósfera, etc., indicando que se cosechará el beneficio de aquí en adelante indefinidamente).

En conclusión, esta subetapa de cierre es fundamental para **materializar la compensación** de los impactos: las calificaciones confirman que se logra neutralizar o revertir gran parte de lo negativo. Los impactos positivos asignados están plenamente justificados por la **restauración del equilibrio físico y social**:

- Físico, devolviendo topografía y calidad de suelo al ecosistema (lo que en teoría facilita la vuelta de vegetación y fauna).
- Social, devolviendo tranquilidad y uso del espacio a la comunidad.

La importancia de esto en metodologías de impacto es vital: un proyecto que cierra adecuadamente puede convertir impactos severos en moderados y a la postre en neutros o positivos (aquí vemos esa tendencia). Vicente Conesa hace hincapié en la recuperabilidad por medios humanos; esta etapa es precisamente la aplicación de esa recuperabilidad, logrando que impactos que eran irreversibles sin acción (p.ej. suelo) se mitiguen en buena medida con la intervención del hombre, cambiando su calificación final. Así, la evaluación en esta fase muestra la **efectividad de las medidas de abandono planeadas**.

### *V.2.3.2. Restauración morfológica (perfilado selectivo de taludes, reconformación naturalista de márgenes, simulación de microhábitats fluviales)*

**Descripción:** Esta actividad profundiza la restauración física iniciada en la anterior, con un enfoque en **reconfigurar el hábitat y la geomorfología** del río de forma ambientalmente amigable. Incluye:

- **Perfilado selectivo de taludes:** Se ajustan manualmente (con palas, picos; no maquinaria pesada) aquellos taludes o cortes pronunciados (>60°) resultantes de la extracción, reduciéndolos a ángulos de 45-50°. Solo se interviene donde la pendiente actual implica riesgo de erosión masiva o inestabilidad comprobada, dejando que en pendientes menores la naturaleza actúe sola. Al perfilar, se busca no alterar procesos geológicos naturales, permitiendo la "autorreparación" de taludes moderados en el tiempo. Se aprovechan raíces existentes de vegetación remanente para estabilizar y no se instalan estructuras duras (no muros); es una intervención mínima.

- **Reconformación naturalista de márgenes:** Consiste en redistribuir materiales sobrantes (gravas, arenas estériles no comerciales) a lo largo de las orillas del cauce para recuperar la conectividad entre el lecho y la ribera. Básicamente, se rellenan o suavizan irregularidades y depresiones en la margen, imitando formas naturales. Se coloca el material en capas sueltas ≤30 cm y se deja que el propio flujo del río lo compacte de forma natural. No se altera la capacidad hidráulica (espesor máx 0.5 m, manteniendo sección). También se siembran puntualmente plántulas leñosas pioneras (ej. sauces, mimosa) entre ese material para acelerar integración ecológica. La idea es recrear una ribera continua en lugar de bancos aislados.

- **Simulación de microhábitats fluviales:** Se reutilizan rocas de gran tamaño extraídas (diámetro 0.3–0.8 m) reubicándolas en grupos aleatorios (3-5 rocas por cada 10 $m^2$) en el cauce y orillas inundables. Esto simula afloramientos rocosos naturales, creando refugios y diversidad de flujo para peces e invertebrados. Las rocas se orientan según el flujo predominante y se dejan semienterradas de forma estable con sedimento fino para anclaje natural. Se basan en estudios que indican que grupos rocosos pequeños (<1 $m^3$) fomentan macroinvertebrados y peces sin afectar negativamente el transporte sedimentario. Es una solución "de bajo impacto" que mejora la heterogeneidad del hábitat.

Estas acciones se fundamentan en principios de restauración fluvial pasiva asistida: **mínimas intervenciones** que aprovechan procesos naturales (crecidas, regeneración espontánea) para lograr la morfología deseada. Se realizan poco después del perfilado básico, extendiendo unos días o semanas más, y luego se deja al río y sucesión ecológica continuar.

**Impactos identificados:** La restauración morfológica tiene efectos **muy positivos** sobre la dinámica del ecosistema. Sus impactos:

- **Clima (atmósfera):** Neutro. Estas acciones no involucran maquinaria significativa, más bien trabajo manual; no generan emisiones ni afectan clima. Podría argumentarse que crear un entorno más natural con vegetación incipiente puede micro-regular temperatura/humedad local, pero eso es marginal y vendrá con revegetación. En sí, impacto atmosférico nulo.

- **Tierra – Suelo:** Muy **positivo**. Al perfilar taludes inestables, se previene futuros **derrumbes** y pérdida de suelo. Al reconformar márgenes, se protege el suelo ribereño de erosiones concentradas, repartiendo flujos. Y al colocar rocas, se reduce erosión local (rocas actúan rompiendo corriente y depositando sedimentos finos). Todo esto estabiliza el suelo/ sedimento, representando un gran beneficio para la conservación del suelo restante. Magnitud alta positiva localmente. Negativo podría ser leve compactación manual en taludes al trabajar, pero es insignificante comparado con la mejora estructural.

- **Agua continental:** Positivo. La reconformación y microhábitats mejoran la **interacción río-ribera**. Por ejemplo, la margen continua permite que crecidas se esparzan más controladamente, reduciendo picos de velocidad que causan turbidez. Las rocas crean **pools y riffles** que oxigenan el agua y proveen refugio para peces, sin obstaculizar flujos (diseñado a <1 $m^3$ para no causar inundación). Esto mejora la calidad del hábitat acuático e incluso la calidad del agua (más retención de sedimentos en microhábitats, más oxígeno disuelto). Magnitud moderada positiva. No se identifica negativo, salvo una ligera alteración de flujo inmediatamente alrededor de rocas (pero intencional y benigna).

- **Procesos del medio abiótico:** Extremadamente **positivo**, porque se restituye la **morfología natural** del río. Tras extracción, los procesos geomorfológicos estaban fuera de equilibrio; estas acciones guían al río a retomar su equilibrio con mínimos daños. Por ejemplo, perfilando taludes se alinea con la tendencia natural de ríos a aplanar sus pendientes con tiempo; aquí se acelera ese proceso de manera controlada. Reconformar margen restituye el proceso de sedimentación lateral natural que se había interrumpido. Añadir rocas emula aportes de madera/rocas naturales, diversificando el patrón de flujo. En suma, se *reactivan los procesos de meandreo, sedimentación y erosión de forma saludable*, en lugar de tener un cauce artificial. Magnitud alta positiva en procesos fluviales locales. Este es uno de los mayores logros de la restauración: devolverle al río su dinámica casi intacta.

- **Vegetación:** Estas acciones preparan nichos para la vegetación:
    - Taludes suaves + reconformación = superficies aptas para colonización vegetal (en vez de paredes verticales donde nada crece).
    - Sedimento reconformado con nutrientes = buen sustrato para germinación.

- Las rocas colocadas actuarán como "islas" que retienen semillas y materia orgánica en crecidas, facilitando que plantas se establezcan tras ellas (microhábitats húmedos protegidos).
- Además, ya se plantaron algunas plántulas (Salix, Mimosa) en la margen reconformada, lo que inicia la revegetación.
- Principio de restauración pasiva: con estas mejoras físicas, la vegetación nativa tendrá más facilidad de reestablecerse espontáneamente.

Por tanto, impacto **positivo alto** para la vegetación en mediano plazo. A corto plazo, durante la obra, hay leve pisoteo del personal en suelos (pero casi no hay vegetación que dañar en ese momento).

- **Fauna:** La creación de microhábitats fluviales (pozas, corrientes someras tras rocas) es directamente **beneficiosa para fauna acuática**: macroinvertebrados, peces, anfibios, todos encuentran más refugios y diversidad de entornos. Citando referencia: agrupaciones de rocas menores incrementan presencia de macroinvertebrados y peces sin afectar negativamente el río. También, taludes con pendiente adecuada permiten a fauna terrestre (ej. pequeños mamíferos, reptiles) subir/bajar al agua con facilidad, cosa que antes era difícil con taludes abruptos. Más conectividad = más acceso a recursos (agua, movilidad). Incluso las rocas sirven de posaderos para aves acuáticas, tortugas, etc. Todo indica un impacto **muy positivo** para la fauna en repoblar el hábitat. Magnitud alta positiva localmente para fauna acuática; moderada para fauna terrestre (dependerá de revegetación para plena recuperación).

- **Procesos del medio biótico:** Al diversificar hábitats, se restaura la **complejidad ecológica** necesaria para procesos como **ciclos de nutrientes, cadena alimenticia acuática**. Por ejemplo, pozas retienen hojarasca que se descompone (nutrientes), corrientes con rocas oxigenan agua (favorece degradación de materia orgánica), etc. Se recuperan también procesos como la migración de peces (si hubiera) al no haber barreras y tener refugios escalonados. La **sinergia** entre componentes re-establecidos (físicos, vegetales, animales) impulsa de nuevo las funciones ecológicas. Impacto positivo notable (moderada-alta) en reactivar un ecosistema funcional, aunque la verdadera expresión de esto vendrá con la recolonización biológica completa.

- **Medio perceptual:** Estas intervenciones **embellecen el paisaje** de manera sutil pero importante: en lugar de taludes o huecos artificiales, se ven orillas contorneadas y grupos de rocas que lucen naturales. Es decir, el sitio empieza a lucir como un río prístino: taludes verdes (una vez crezca algo) en vez de "cortes"; rocas y márgenes suaves que dan variedad escénica. Para cualquier observador, esto tiene un efecto estético muy positivo. Podría argumentarse que alguien notará las rocas "puestas", pero con la dinámica fluvial se integrarán rápidamente (en la primera crecida se reacomodarán mínimamente y tomarán pátina). Magnitud positiva moderada, complementando la mejora del paisaje ya evaluada antes, llevándola más cerca de la condición natural.

- **Usos del suelo:** Un entorno físicamente restaurado permite potenciales usos como:
  - **Recreación acuática**: con pozas seguras y márgenes accesibles, la gente podría volver a nadar o pescar con comodidad.
  - **Pastoreo controlado**: taludes suaves evitan que ganado resbale o se lastime al bajar a beber.

- Generalmente, un río en mejores condiciones es más utilizable de forma sostenible.
  Estos son impactos positivos para la comunidad en cuanto a los servicios ecosistémicos recuperados. Magnitud baja-moderada positiva (dependerá de cómo lo aprovechen en futuro).

- **Población:** La mejora ecológica del río redunda en **beneficios para la población**: menos riesgo de inundaciones catastróficas (porque margen permite flujo, rocas no generan represas, etc.), mejor paisaje y lugares potenciales de esparcimiento (la población puede disfrutar de su río restaurado). También puede haber orgullo comunitario al ver el río recuperado, mejorando bienestar subjetivo. Magnitud positiva moderada (no es un impacto directo como empleo, pero sí de calidad de vida).

- **Economía:** Indirectamente, un río recuperado puede abrir **oportunidades económicas** futuras: ecoturismo (avistamiento de aves en esos microhábitats, recorridos), pesca recreativa, etc., que antes con el río perturbado no eran posibles. También, se aseguró la funcionalidad hidrológica que protege tierras agrícolas de sedimentación excesiva o erosión en crecidas. Difícil de cuantificar, pero potencialmente positivo. Magnitud baja positiva, a largo plazo.

- **Infraestructura:** Un cauce bien reconformado reduce presiones sobre obras hidráulicas (menos erosión que comprometa puentes o bordos). También, taludes estables reducen probabilidades de colapso que obstruyan canales. Es un beneficio moderado para cualquier infraestructura aguas abajo, por tener un régimen más balanceado.

**Tabla V.9**. Evaluación de impactos ambientales de la actividad "Restauración morfológica (taludes, márgenes, microhábitats)".

| Componente | Magnitud | Duración | Extensión | Reversibilidad | Recuperabilidad | Periodicidad | Sinergia | Acumulación | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Clima (atmósfera)** | Nula | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | Neutral |
| **Tierra – Suelo** | Alta (+) | Permanente | Local | N/A | N/A | Única | Sí (estabilidad vs erosión) | Sí (suelo preservado futuro) | Positivo |
| **Agua continental** | Moderada (+) | Permanente | Local (cauce) | N/A | N/A | Única | Sí (hábitat acuático) | Sí (mejor calidad/flujo) | Positivo |
| **Proc. abióticos** | Alta (+) | Permanente | Local-regional | N/A | N/A | Única | Sí (geomorfología natural) | Sí (dinámica recuperada) | Positivo |
| **Vegetación** | Alta (+) | Largo plazo | Local | N/A (facilitador) | Alta | Única | Sí (hábitat p/ plantas) | Sí (sucesión acelerada) | Positivo |
| **Fauna** | Alta (+) | Largo plazo | Local | N/A | Alta (hábitat) | Única | Sí (más refugios/alimento) | Sí (fauna se restablece) | Positivo |
| **Proc. bióticos** | Alta (+) | Largo plazo | Local | N/A | Alta | Única | Sí (restablece funciones) | Sí (ecosistema funcional) | Positivo |

| Componente | Magnitud | Duración | Extensión | Reversibilidad | Recuperabilidad | Periodicidad | Sinergia | Acumulación | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Medio perceptual** | Moderada (+) | Permanente | Local | N/A | N/A | Única | Sí (paisaje heterogéneo natural) | Sí | Positivo |
| **Usos del suelo** | Baja (+) | Permanente | Local | N/A | N/A | Única | Sí (ecoservicios mejorados) | Sí | Positivo |
| **Población** | Moderada (+) | Permanente | Local | N/A | N/A | Única | Sí (río seguro y agradable) | Sí | Positivo |
| **Economía** | Baja (+) | Largo plazo | Regional (potencial) | N/A | N/A | Única | Sí (posibles actividades) | Sí | Positivo |
| **Infraes. y servicios** | Baja (+) | Permanente | Regional (hidráulica) | N/A | N/A | Única | Sí (menos erosión daños) | Sí | Positivo |
| **Núcleos poblacionales** | Moderada (+) | Largo plazo | Regional | N/A | N/A | Única | Sí (valor ambiental regresa) | Sí | Positivo |

**Análisis y justificación:** La **restauración morfológica** muestra impactos sumamente positivos, **elevando la calidad ambiental del ecosistema fluvial a niveles cercanos a su estado original**. Las calificaciones altas positivas para componentes ecológicos reflejan la importancia de reestablecer la geomorfología y heterogeneidad del hábitat:

- *Procesos abióticos* se evaluó **Alta (+)** porque esta acción restituye la **dinámica geomorfológica natural** del río (perfil hidráulico, patrón de sedimentación). Antes, la extracción había alterado esa dinámica; ahora, con taludes perfilados y márgenes reconformadas, el río puede seguir su curso evolutivo normal. Este es un objetivo central de la restauración y se consideró plenamente logrado, de ahí la calificación máxima.

- *Suelo* y *vegetación* también alcanzaron **Alta (+)**: el suelo porque queda estable y listo para soportar la biota sin riesgo de erosión catastrófica (lo cual era un impacto severo que se neutraliza), y la vegetación porque las condiciones físicas del sustrato y la topografía son óptimas para su regreso (pendientes adecuadas, nichos húmedos tras rocas, etc.). En la lógica de Conesa, convertimos un impacto irreversible (pérdida de suelo/vegetación) en uno mitigado con alta recuperabilidad, por la intervención humana exitosa. Por ejemplo, citando base científica, pendientes ≤50° permiten autorreparación natural en ríos aluviales, indicando que la acción tomada se alinea con procesos naturales de recolonización vegetal.

- *Fauna* y *procesos bióticos* igualmente con **Alta (+)** porque la diversificación del hábitat con microhábitats acuáticos reaviva la cadena trófica y refugio para especies. Se citó un estudio (Beechie et al. 2010) que sustenta la eficacia ecológica de esta medida, lo que da peso técnico a la magnitud asignada. En esencia, se pasó de un ecosistema simplificado (post-extracción) a uno complejo y funcional, lo que mereció la evaluación más positiva.

- *Medio perceptual* en **Moderada (+)**, un escalón menos, porque, aunque la mejora visual es grande, se considera que la presencia de rocas y la geomorfología "trabajada" puede tardar un poco en verse 100% natural (hasta que crezca vegetación). Por eso moderada, pero sigue siendo positiva, completando la restauración paisajística.

- *Población* en **Moderada (+)**: Se justificó en que los habitantes recobran un río más seguro y atractivo para usos recreativos o culturales. No es "alta" simplemente porque puede que la comunidad no explote intensamente el río, pero definitivamente su bienestar aumenta sabiendo que su entorno natural ha sido reparado y está disponible para su goce sin peligros (taludes estables, etc.).

La *economía* se mantuvo en *Baja (+)*, reconociendo el potencial de servicios ecosistémicos mejorados (pesca, turismo) pero sin evidencias de gran impacto económico inmediato. Podría subir con proyectos ecoturísticos, pero eso escapa a esta evaluación; aun así, la base ecológica está puesta para oportunidades.

La *infraestructura* se evaluó *Baja (+)* porque el efecto, aunque positivo (menos azolves en puentes, menos crecidas dañinas), es difuso y a escala global del río no muy grande. Pero se consideró, ya que un río mejor comportado reduce la probabilidad de desastres en infra, un intangible benéfico.

En síntesis, la restauración morfológica lleva a **impactos residuales netamente positivos** en casi todo rubro. Se ve que, tras esta acción, muchos componentes ya estarían en mejor condición que incluso en el escenario original pre-proyecto (por ejemplo, microhábitats fluviales intencionalmente creados pueden mejorar la biodiversidad más allá de la original si es que el río estaba degradado por otras causas). Eso demuestra el **principio de mejora ambiental**: en ocasiones una restauración bien planificada no solo mitiga, sino **potencia** ciertas cualidades del ecosistema. En la matriz, esto se expresa con tantos "alta (+)".

También es importante notar que **no se identificaron impactos negativos relevantes** en esta etapa: las intervenciones son manuales y blandas, minimizando cualquier daño (por eso la atmósfera es neutral y la mayoría no tienen contra). Esa precisión en la metodología (no meter maquinaria pesada de nuevo, usar materiales del propio sitio) justifica la ausencia de celdas negativas.

La **sinergia positiva** es fuertísima: todas estas acciones integradas reconstruyen el ecosistema de manera cooperativa (talud estable + margen con plantas + rocas = todo junto proporciona un hábitat completo para flora y fauna). Esto es reflejo de los *Principios técnicos* citados donde la prioridad es intervenciones mínimas, pioneras, sinergia con dinámica fluvial, etc., que están dando fruto en la evaluación.

En conclusión, la restauración morfológica logra su objetivo de **dejar el medio físico del río en condiciones óptimas para la siguiente fase de restauración ecológica**, con impactos netamente beneficiosos. Por esta razón, se le asignaron valores tan positivos, justificando la inversión de esfuerzo en estas acciones especializadas (como colocar rocas estratégicamente) que, de otra forma, no suelen hacerse en cierres básicos. Esto va más allá de solo "dejar que la naturaleza haga", es una asistencia activa, y la matriz confirma su valor.

### *V.2.3.3. Restauración ecológica (revegetación con especies nativas, establecimiento de cobertura con hidrosiembra)*

**Descripción:** Tras reconfigurar la morfología, se emprende la **revegetación activa** para acelerar la recuperación del ecosistema vegetal y, con ello, del hábitat para la fauna. Se implementan dos técnicas complementarias:

- **Revegetación con especies nativas (plantación):** Se plantan **individuos arbóreos y arbustivos** de especies locales pioneras (ej. *Mimosa* spp.) y secundarias ribereñas (ej. *Salix* spp., sauces) en puntos estratégicos del área restaurada. Se enfoca en "núcleos" de 3-5 plantas cada 20 m en sitios clave: taludes desnudos, áreas con erosión activa, márgenes de antiguas zonas de maniobra. Las plántulas provienen de recolección de brinzales locales en un radio de 5 km (para asegurar genotipo local) y de viveros comunitarios cercanos. La densidad meta es ≤200 plantas/ha, esperando lograr ≈40% de cobertura vegetal en 2 años mediante regeneración natural a partir de esos núcleos. Se dará mantenimiento mínimo: riego solo en estación seca 1-2 veces al mes con agua de lluvia almacenada, y luego se deja que la sucesión tome su curso.

- **Establecimiento de cobertura con hidrosiembra:** En zonas extensas de suelo expuesto, especialmente en pendientes >30° o suelos desnudos donde no se plantaron plántulas, se aplica **hidrosiembra** para lograr cobertura herbácea rápida. Se utiliza equipo sencillo (mezcladora manual tipo "trompo" y bomba de mochila, sin maquinaria especializada). La mezcla de hidrosiembra incluye: tierra local almacenada mezclada con estiércol de ganado (3:1) para enriquecer, semillas de pastos nativos (80% *Paspalum virgatum*) y leguminosas fijadoras (20% *Desmodium incanum*), un aglutinante natural (goma de nopal 0.5 kg/m$^3$), y cobertura de mulching (paja de arroz residual, capa de 5 cm). Se aplica preferentemente al inicio de lluvias (junio) para asegurar humedad. Con esta técnica se espera establecer rápidamente una cubierta verde que controle la erosión superficial mientras la vegetación leñosa crece. La dosificación es ~3 kg de semilla por 100 m$^2$.

Ambas acciones se fundamentan en principios de regeneración natural asistida: introducir especies pioneras resilientes, de bajo mantenimiento, compatibles con las dinámicas fluviales (sauces dispersados por crecientes), y usar soluciones de bajo costo (<15% del presupuesto de abandono) y mano de obra local. En pocas palabras, se **cataliza la sucesión ecológica** sin buscar implantar un ecosistema adulto de golpe, sino dando puntapiés iniciales.

**Impactos identificados:** La restauración ecológica trae fundamentalmente **impactos positivos** al medio biótico, ya que repuebla de vegetación y recupera funciones ecológicas. Consideraciones:

- **Clima (atmósfera):** A medida que la cobertura verde se restablece, puede haber **microbeneficios climáticos**: vegetación reduce temperatura superficial (sombra), aumenta humedad local (evapotranspiración) y captura $CO_2$ (sumidero de carbono). Aunque a escala del proyecto son modestos, son positivos para el microclima local. Reforestación, por pequeña que sea, contribuye al combate de cambio climático en mínima proporción. Magnitud baja positiva global, pero localmente la sombra de sauces en la ribera mejorará condiciones mesoclimáticas para fauna/humanos. Negativos: ninguno; la

siembra no genera emisiones ni nada (excepto la producción de la mezcla, que es manual).

- **Tierra – Suelo:** La revegetación protege y enriquece el suelo:
  - Raíces de pastos y árboles consolidan el suelo, previniendo erosión.
  - Leguminosas (*Desmodium*) fijan nitrógeno, mejorando la fertilidad.
  - La materia orgánica (estiércol, paja) añadida aporta nutrientes y mejora estructura.
  - La cobertura vegetal (tanto herbácea como arbustiva) actuará contra la erosión eólica e hídrica, manteniendo humedad y fomentando vida edáfica.

Todo indica un impacto **muy positivo**: se pone en marcha la recuperación de la calidad del suelo (física y química). Magnitud alta positiva, porque un suelo sin vida va a convertirse en uno biológicamente activo. No hay negativos salvo que, si se regara en exceso en algún riego de establecimiento, podría haber escorrentía, pero eso es controlado.

- **Agua continental:** La renaturalización vegetal de la ribera y taludes mejora la interacción con el agua:
  - Vegetación ribereña filtra escorrentías, reduciendo entrada de sedimentos y contaminantes al río.
  - Con sombra de árboles, se regula la temperatura del agua marginal, beneficiando vida acuática (el agua no se sobrecalienta en orillas).
  - Las raíces estabilizan orillas, disminuyendo aportes de sedimento al cauce.
  - Pastos hidrosemebrados cubren rápido, por lo que en lluvias tempranas no habrá lodo suelto y así turbidez se minimiza.

Por ende, **se protege la calidad del agua a largo plazo** y se restaura su régimen natural de interacciones con la vegetación (evapotranspiración, etc.). Impacto positivo moderado, quizá alto localmente en evitar erosión. Ningún negativo (no se introducen químicos nocivos; goma de nopal y estiércol son orgánicos).

- **Procesos del medio abiótico:** Indirectamente, la cobertura vegetal **finaliza el ciclo de estabilización física**: junto con la restauración morfológica, la vegetación es la "piel" que mantiene todo cohesionado. Por lo tanto, solidifica el logro de procesos geomorfológicos estables. También, la hidrosiembra reduce inmediatamente la erosión superficial, asegurando que los procesos de meteorización y formación de suelo puedan reiniciarse en condiciones favorables. Es un impacto positivo menor (ya la gran parte fue la morfológica, la vegetación la complementa).

- **Vegetación:** Este componente es el foco: se logra **reestablecer la comunidad vegetal nativa**. El impacto es **altísimamente positivo** porque se revierte el estado de desolación previo:
  - Se introduce diversidad de especies (pastos, leguminosas, arbustos, árboles) adaptadas localmente, recuperando la estratificación vegetal.
  - La meta de 40% cobertura en 2 años indica un rescate rápido de la biomasa verde. Eso significa condiciones para la sucesión natural (el 60% restante colonizará espontáneamente con el tiempo).
  - Al emplear germoplasma local, se mantiene la integridad genética y adaptación ecológica; no se introducen exóticas, evitando riesgos ecológicos.

- La **selección de pioneras** aptas y de bajo mantenimiento asegura el éxito inicial (Mimosa y Desmodium son conocidos por su vigor en suelos pobres).
- La hidrosiembra crea un tapete herbáceo que previene especies invasoras de colonizar, ya que los nichos quedan ocupados por nativas deseadas.

Por todo esto, la recuperación de vegetación es un **impacto extremadamente positivo** en lo ecológico. Magnitud alta positiva (casi podríamos decir crítica positiva, pero usualmente no se define así). No hay aspecto negativo; incluso si algunas plántulas mueren, eso es esperado y se compensa con la densidad o las que sobrevivirán. No se ve riesgo de plagas o algo, dado que son especies autóctonas adaptadas.

- **Fauna:** La vuelta de la vegetación nativa implicará la **vuelta de la fauna asociada**:
  - Las plantas proveerán alimento (hojas, néctar, frutos) y refugio a insectos, aves, mamíferos pequeños y anfibios. Por ejemplo, las mimosas atraen polinizadores; los sauces proveen perchas y sombra para peces y hábitat para aves ribereñas.
  - La leguminosa herbácea *Desmodium* posiblemente mejore la base del detritus y atraiga herbívoros pequeños.
  - En pocos años se espera que la fauna retorne: aves canoras, reptiles cazadores de insectos, etc. Incluso especies acuáticas se benefician de la caída de hojarasca que alimenta insectos acuáticos.
  - A largo plazo, un bosque ribereño se regenerará, permitiendo quizá el regreso de fauna más grande que se había ausentado.

Por ende, impacto **muy positivo** para fauna. Magnitud alta positiva en el mediano-largo plazo. En el corto plazo, la actividad de siembra y plantación puede asustar momentáneamente a la poca fauna presente, pero es ínfimo comparado con el beneficio de décadas de hábitat recuperado.

- **Procesos del medio biótico:** Con vegetación reinstaurada, los **ciclos ecológicos** se reactivan a plena capacidad:
  - Ciclo de nutrientes: la vegetación aportará hojarasca que se descompone, reintroduciendo el ciclo suelo-planta.
  - Polinización: flores de las especies plantadas atraen polinizadores, reanudando ese proceso.
  - Dispersión de semillas: aves y viento podrán diseminar más especies hacia el sitio, incrementando biodiversidad.
  - Sucesión ecológica: los pioneros plantados allanan para que luego lleguen especies clímax por sí solas.
  - Interacciones tróficas: herbívoros vendrán a comer las nuevas plantas, depredadores tras ellos, etc., reconstruyendo la red alimentaria.

Todo ello es **muy positivo**: se recupera la funcionalidad ecológica del área. Magnitud alta positiva, porque era un ecosistema colapsado y ahora se regenera. No hay contras; se tomó cuidado de no usar especies invasoras (al contrario, nativas) por lo que no se inicia ningún proceso biótico indeseable.

- **Medio perceptual:** La vuelta del verdor transformará el paisaje de un marrón/gris desnudo a un **verde vivo**, lo que es enormemente valorado estéticamente. Especialmente la comunidad local apreciará ver de nuevo vegetación, símbolo de vida, en donde había

un terreno removido. A largo plazo, un bosque ribereño recuperado es un paisaje hermoso. Así, impacto **positivo alto** en estética. En 2 años, con 40% cobertura verde, ya se verá mucho mejor; en 5-10 años, posiblemente un mosaico verde continuo con árboles jóvenes. Este cambio es crucial para la percepción de éxito.

- **Usos del suelo:** Un área revegetada con nativas puede servir a varios usos:
  - **Conservación**: la zona podría destinarse a conservación, sirviendo de área natural para educación ambiental o disfrute (un valor de uso no extractivo).
  - **Uso sostenible**: la comunidad quizá podría usar parte de esa vegetación de forma controlada (p. ej., pastoreo ligero, recolección de frutos o leña de podas, etc.) sin dañarla.
  - **Protección contra inundaciones**: la vegetación ribereña reduce velocidad de avenidas y protege campos, un servicio de uso indirecto.
  - **Cultural/recreativo**: un río con vegetación es apto para picnic, pesca recreativa bajo sombra, etc., devolviendo usos tradicionales a la gente.

Todos esos son impactos positivos (incremento de valor de uso). Magnitud moderada positiva, pues habilita usos que antes estuvieron vedados.

- **Población:** La gente se beneficia:
  - Salud y bienestar: más vegetación significa aire más limpio (plantas filtran polvo), sombra (reducción de golpes de calor para quien esté en la ribera), un entorno más agradable mentalmente (efecto restaurador de la naturaleza).
  - Orgullo y satisfacción: ver que su entorno fue restaurado con vegetación autóctona puede mejorar la relación población-proyecto, generando confianza en futuros proyectos (ganancia intangible).
  - Participación: es posible que miembros de la comunidad participaran en las actividades (viveros comunitarios, plantación), lo cual empodera y genera conocimiento local de reforestación.

Así, impacto **positivo alto** en la dimensión social a largo plazo, aunque de manera indirecta. La comunidad recupera un entorno natural funcional que mejora su calidad de vida.

- **Economía:** Un ecosistema restaurado provee **servicios ecosistémicos** con valor económico:
  - Protección contra desastres (evitar costos de erosión/inundación).
  - Potencial ecoturismo o actividades recreativas de pago (paseos, pesca deportiva).
  - Recursos potenciales (frutos silvestres, polinización a cultivos cercanos).
  - Aumento del valor estético/paisajístico de la región, que puede atraer inversiones (por ejemplo, proyectos ecoturísticos).

Todo esto es intangible pero real. Magnitud moderada positiva en un escenario optimista; conservadoramente baja positiva. Dependerá de si se capitalizan esas oportunidades. A mínimo, la restauración ecológica evita costos futuros (ahorros), lo cual ya es un impacto económico positivo (costos de remediar erosión, etc., se evitan).

- **Infraestructura:** Con vegetación reestablecida, cualquier infraestructura local (puentes, caminos) tiene mayor protección natural: bosques ribereños frenan flujo de agua,

reduciendo daños a puentes; fixadores de nitrógeno mejoran suelos que soportan caminos; etc. Impacto positivo menor pero existente en resiliencia de infraestructura.

- **Núcleos poblacionales:** Un entorno natural recuperado eleva la **calidad ambiental de la región**, lo que beneficia poblaciones circundantes:
  - Clima local un poco más regulado (evapotranspiración de bosques).
  - Menos polvo en atmósfera regional (la vegetación lo atrapa).
  - Posibilidad de uso recreativo por la población (paseos en río).
  - Orgullo comunitario en su entorno.

Todo esto contribuye a un **mejor bienestar colectivo**. Diríamos impacto moderado positivo a escala de la comunidad entera.

**Tabla V.10**. Evaluación de impactos ambientales de la actividad "Restauración ecológica (revegetación nativa e hidrosiembra)".

| Componente | Magnitud | Duración | Extensión | Reversibilidad | Recuperabilidad | Periodicidad | Sinergia | Acumulación | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Clima (atmósfera)** | Baja (+) | Permanente | Local-regional | N/A | N/A | Única | Sí (sumidero $CO_2$, microclima) | Sí (vegetación constante) | Positivo |
| **Tierra – Suelo** | Alta (+) | Permanente | Local | N/A | N/A | Única | Sí (protección suelo fértil) | Sí (suelo mejora con humus) | Positivo |
| **Agua continental** | Moderada (+) | Permanente | Local-aguas abajo | N/A | N/A | Única | Sí (filtración, sombra) | Sí (mejor calidad/hábitat) | Positivo |
| **Proc. abióticos** | Moderada (+) | Permanente | Local | N/A | N/A | Única | Sí (estabiliza procesos) | Sí (suelos & flujos estables) | Positivo |
| **Vegetación** | Crítica (+) | Permanente | Local | N/A | N/A | Única | Sí (ecosistema vegetal renace) | Sí (cobertura aumenta) | **Positivo** |
| **Fauna** | Alta (+) | Permanente | Local-regional | N/A | N/A | Única | Sí (hábitat y cadena trófica) | Sí (fauna recoloniza) | Positivo |
| **Proc. bióticos** | Alta (+) | Permanente | Local | N/A | N/A | Única | Sí (ciclos ecológicos activos) | Sí (ecosistema autosostenible) | Positivo |
| **Medio perceptual** | Alta (+) | Permanente | Local-regional | N/A | N/A | Única | Sí (paisaje verde) | Sí (belleza incrementa) | Positivo |
| **Usos del suelo** | Moderada (+) | Permanente | Local | N/A | N/A | Única | Sí (servicios ecosistémicos) | Sí (uso sustentable) | Positivo |
| **Población** | Alta (+) | Permanente | Local-regional | N/A | N/A | Única | Sí (mejora entorno vital) | Sí (bienestar generacional) | Positivo |
| **Economía** | Baja (+) | Largo plazo | Regional | N/A | N/A | Única | Sí (servicios ecosist. valor) | Sí (beneficios futuros) | Positivo |
| **Infraes. y servicios** | Baja (+) | Permanente | Regional | N/A | N/A | Única | Sí (protección natural infra) | Sí (menor costos mant.) | Positivo |

| Componente | Magnitud | Duración | Extensión | Reversibilidad | Recuperabilidad | Periodicidad | Sinergia | Acumulación | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Núcleos poblacionales** | Moderada (+) | Permanente | Regional | N/A | N/A | Única | Sí (mejor calidad ambiental) | Sí (atractivo p/ población) | Positivo |

**Análisis y justificación:** La **restauración ecológica** es, como esperado, uno de los logros más **positivos** del proyecto, consolidando la recuperación del ecosistema. Destaca:

- *Vegetación* con calificación **Crítica (+)** (notación usada para resaltar un impacto muy significativo pero positivo). Esto para enfatizar que la reintroducción exitosa de la flora nativa es el **núcleo de la recuperación** del ecosistema. Era el impacto negativo más visible (pérdida de cubierta vegetal), y su reversión completa es de máxima importancia. Justificado por la densidad y calidad de revegetación planificada y las expectativas de cobertura (40% en 2 años, que continuaría subiendo). Este renacimiento vegetal es fundamental para la resiliencia a largo plazo.

- *Fauna* y *procesos bióticos* con **Alta (+)**: reflejan cómo la vegetación reinstaurada va a repoblar el ambiente de fauna y reactivar completamente las funciones ecológicas. El ecosistema pasará de un estado artificial a **autónomo y autosostenible**. La justificación viene de entender que, con plantas nativas en crecimiento, vendrán polinizadores, herbívoros, predadores, etc., hasta restablecer una comunidad similar a la original. Esto puede tomar años, pero la base está puesta.

- *Población* y *medio perceptual* con **Alta (+)**: Apunta que la comunidad experimentará un **beneficio perdurable** en su entorno. Un río reforestado les proveerá un paisaje agradable, posibilidades recreativas y un ambiente sano, lo cual se traduce en mejor calidad de vida y quizá orgullo local por su río restaurado (lo que puede reforzar la identidad y cohesión). Además, se eliminan definitivamente percepciones negativas (ya no es "el sitio de la mina", ahora es "otra vez el río verde"). Todo esto justifica un impacto muy positivo socialmente.

- *Usos del suelo* con **Moderada (+)**: la tierra restaurada con vegetación se reincorpora como *tierras productivas en sentido ecológico*. Aunque quizás no la destinarán a agricultura intensiva (no es la idea), sí provee recursos (pastizal para ganado ocasional, barrera verde que protege cultivos cercanos de vientos, etc.). No se le puso alta porque su principal valor es ambiental, pero se reconoce que hay utilidades tangibles.

- *Economía* con **Baja (+)**: se mantuvo conservadora, dado que no hay un plan concreto de aprovechamiento económico del área restaurada. Sin embargo, su valor ecológico puede traducirse en servicios gratuitos (como polinización de campos cercanos, control de erosión que evita costos, etc.), es decir *ahorros invisibles* para la economía local. Y un ecosistema atractivo puede atraer turismo o proyectos que generen ingreso. Esto es posible pero no garantizado, por eso baja +.

La restauración ecológica no presenta impactos negativos apreciables. Al contrario de algunas reforestaciones mal planeadas (con exóticas o densidades inadecuadas) que pueden generar problemas, aquí la **metodología es cuidadosa**: solo especies nativas adaptadas,

densidad moderada para no saturar, no se usan agroquímicos (ni fertilizantes sintéticos, solo estiércol orgánico), no se altera el calendario natural (se siembra al inicio de lluvias). Por tanto, no se anticipa contraindicaciones. Los posibles "riesgos", como mortalidad de plántulas, ya están incorporados en las expectativas (por eso se planta más de lo mínimo, se esperan resiliencia). No se ve un escenario de "sobrepoblación de alguna plaga" porque las especies elegidas conviven naturalmente.

Cabe recalcar la **sinergia**: la revelación final es que **toda la restauración (morfológica + ecológica)** junto produce un impacto global muy positivo: el ecosistema del río San Pedro en este sitio volverá a ser funcional, estable y autosustentable, cumpliendo la meta de dejar "cero pasivos ambientales" y incluso mejorando ciertas condiciones (microhábitats, suelo mejorado con abono). Los impactos residuales negativos que persistían (pérdida parcial de suelo fértil irreparable, etc.) se ven ampliamente compensados por la recuperación conseguida.

La **acumulación positiva** es a largo plazo: con la vegetación creciendo año tras año, cada temporada el ambiente mejorará (más sombra, más fauna, más suelo fértil por hojarasca). Esto indica que el impacto positivo **no es estático, sino que crece en el tiempo**, a diferencia de los impactos negativos que se detenían al cesar la causa. Eso es deseable en restauración: dejar una **tendencia de mejora continua**.

En conclusión, la restauración ecológica consolida que, al término del proyecto, los componentes ambientales enumerados habrán, en su gran mayoría, regresado a condiciones similares o incluso mejoradas respecto a la línea base:

- La *flora* nativa reinstalada,
- La *fauna* regresando,
- Los *procesos ecológicos* reanudados,
- Un *paisaje* prácticamente restituido,
- *Servicios ambientales* reactivados en favor de la población.

Todo ello con **impactos positivos significativos** que se reflejaron en la matriz con múltiples "alta (+)" y "moderada (+)". Esto confirma el éxito proyectado de las medidas de abandono planificadas.

***V.2.3.4. Monitoreo post-cierre (evaluación de cobertura vegetal y auditoría de estabilidad de taludes)***

**Descripción:** Finalmente, se contempla un periodo de **monitoreo posterior al cierre** para verificar la efectividad de la restauración realizada y detectar a tiempo cualquier necesidad de medidas adicionales. Incluye:

- **Evaluación de cobertura vegetal:** Se realizará un seguimiento de la regeneración de la vegetación en el área restaurada, con indicadores cuantitativos. Se establecen ~10 puntos de muestreo fijos, marcados con estacas georreferenciadas, donde periódicamente (por ejemplo, a los 6, 12, 24 meses) se medirá el porcentaje de cobertura herbácea y la densidad de plántulas leñosas emergentes. Para ello se usarán métodos sencillos: fotogrametría con smartphone (tomar fotos cenitales comparables) y evaluaciones visuales *in situ*. Se ha fijado un **umbral de éxito** de >30% de cobertura vegetal al cabo de 12

meses respecto a la línea base (que era 0% tras operación). Personal técnico ambiental local, con apoyo comunitario, efectuará este monitoreo. Si los indicadores estuvieran por debajo de la meta, se podrán implementar acciones reforzadas (replantar marras, etc.).

- **Auditoría de estabilidad de taludes:** Consiste en inspeccionar periódicamente los taludes y márgenes restaurados para detectar signos de erosión o inestabilidad incipiente. Se aplicará una metodología de inspección visual apoyada con herramientas simples: cinta métrica para medir grietas (criterio: grietas >2 cm de ancho son señal de alerta), nivel láser manual para verificar desplomes >10% de la altura, observación de socavación en bases. Se tomarán fotos comparativas respecto a condiciones iniciales. Se definió un **criterio de intervención**: solo intervenir si se detecta riesgo de colapso inminente (volumen inestable >1 $m^3$, por ejemplo). En ausencia de hallazgos mayores, se dejará que la erosión natural menor ocurra (pues es normal en ríos aluviales hasta cierto nivel, e.g. erosión <5 cm/año es considerada normal y no requerirá estabilización artificial). De hallarse problemas puntuales (desprendimientos, socavaciones), se programará su reparación menor (relleno manual, colocación de bioingeniería como esteras de fibra, etc.) para asegurar la estabilidad a largo plazo.

Este monitoreo se plantea con enfoque **adaptativo**: si los indicadores muestran desviaciones, se ajustarán medidas hasta lograr los resultados deseados. Es una etapa de **vigilancia y aseguramiento** de la restauración, típicamente abarcando unos 2 a 3 años post-cierre.

**Impactos identificados:** El monitoreo post-cierre en sí no ejerce nuevas perturbaciones significativas; más bien genera información para consolidar los impactos positivos logrados. Sus impactos:

- **Clima (atmósfera):** Nulo. Tomar fotos y medir taludes no produce emisiones ni altera el clima.

- **Tierra – Suelo:** Ligeras pisadas o cavado de pequeñas calas para inspeccionar estabilidad son posibles, pero insignificantes y localizados. Al contrario, si se descubre erosión, la acción correctiva (ej. relleno de grieta) será positiva para el suelo al prevenir su pérdida. Así, se trata de un *impacto neutro o levemente positivo* (consolida la conservación del suelo).

- **Agua:** Monitorear no afecta agua. Si se detectase un problema en talud rivera que genera turbidez, se corregiría, lo que es positivo para el agua. Pero en sí la auditoría no influye en calidad del agua excepto para mejorarla indirectamente si hay intervención. Por tanto neutro tendiendo a positivo preventivo.

- **Procesos abióticos:** El monitoreo es pasivo, no afecta procesos. Más bien asegura que los procesos geomórficos se mantengan dentro de rangos naturales, al intervenir solo si hay desviaciones. Con base en criterio científico (Simon et al. 2011 citado), se definió tolerar erosión normal. Esa actitud garantiza que no se sobre-intervenga, permitiendo procesos naturales. Impacto neutro a positivo (garantiza dejar fluir procesos dentro de lo aceptable).

- **Vegetación:** Para medir cobertura, se harán muestreos no destructivos (fotos, observación). No se planea remover vegetación, salvo caminar entre ella. Impacto neutro. Si se ve déficit de revegetación, se podría resembrar, lo cual sería positivo para la vegetación.

- **Fauna:** Los monitores al entrar podrían espantar momentáneamente alguna fauna (por ejemplo, al acercarse a un talud podrían asustar a algún ave posada). Pero es temporal. En general, el monitoreo promueve la fauna indirectamente al garantizar que su hábitat se esté formando bien. Neutro a leve positivo.

- **Procesos bióticos:** No hay impacto directo. Indirectamente, este seguimiento permite confirmar que la sucesión ecológica ocurre bien; si no, se tomarían medidas para ayudar. Eso es un plus para procesos (ej. si a los 12 meses no hay 30% cobertura, se actúa para alcanzar esa meta, lo que acelera la sucesión, etc.). Entonces, leve positivo adaptativo.

- **Medio perceptual:** Los evaluadores instalando estacas y midiendo quizá dejen marcas (estacas georreferenciadas) visibles. Sin embargo, suelen ser discretas. Y a cambio, su labor asegura la continuidad estética (si un talud se estuviera erosionando feo, lo arreglan). Net: neutro (las estacas quizá mínimamente afectan visualmente, pero son pequeñas).

- **Usos del suelo:** Tener personal evaluando no impide la comunidad de usar el área (pueden convivir). De hecho, involucrar la comunidad en monitoreo es bueno (apoyo comunitario mencionado). Impacto neutro o positivo social (porque la comunidad participa y aprende, integrando manejo ambiental en usos locales).

- **Población:** Saber que hay un monitoreo post-cierre puede dar tranquilidad a la población (sienten que se está cuidando el resultado, no los abandonan). Además, si la comunidad participa, se generan capacidades locales. Es un impacto social positivo intangible. No hay impacto negativo alguno (monitores no molestan a nadie).

- **Economía:** Contratar gente local para monitorear (técnicos ambientales locales) pone algo de ingresos en la comunidad. Además, monitoreo exitoso puede realzar el valor del área (demuestra que está bien restaurada, podría atraer turismo con datos comprobados). Magnitud muy baja positiva a local (unos sueldos por par de años, pero importante para esos individuos).

- **Infraestructura:** Monitorear taludes, aunque no parece relacionado con infra, indirectamente asegura que no habrá desprendimientos que obstruyan cauces y dañen puentes. Poca relación, pero vale mencionarlo: la vigilancia ambiental forma parte de la resiliencia general del territorio, protegiendo infra al mantener ecosistema estable. Pequeño efecto preventivo.

- **Núcleos poblacionales:** Involucrar la comunidad en monitoreo genera sensibilización ambiental en el núcleo poblacional, lo cual es positivo socioculturalmente. También, una restauración exitosa verificada podría ser motivo de reconocimiento (a nivel de municipio). Leve positivo.

En resumen, el monitoreo post-cierre es un **impacto positivo institucional**: no afecta al ambiente negativamente y refuerza los logros. Se podría considerar su "impacto" en componentes como información ambiental, educación, gobernanza, pero esos no estaban listados. En los listados, casi todo es neutro a positivo.

**Tabla V.11**. Evaluación de impactos ambientales de la actividad "Monitoreo post-cierre (cobertura vegetal y estabilidad de taludes)".

| Componente | Magnitud | Duración | Extensión | Reversibilidad | Recuperabilidad | Periodicidad | Sinergia | Acumulación | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Clima (atmósfera)** | Nula | N/A | N/A | N/A | N/A | Periódica (3-4 campañas) | N/A | N/A | Neutral |
| **Tierra – Suelo** | Baja (+) | Temporal (monitoreo 2-3 años) | Local | N/A (prevención) | N/A | Periódica | Sí (evita erosión tardía) | Sí (suelo permanece estable) | Positivo |
| **Agua continental** | Baja (+) | Temporal | Local-aguas abajo | N/A | N/A | Periódica | Sí (detecta turbidez pot.) | Sí (agua sigue limpia) | Positivo |
| **Proc. abióticos** | Baja (+) | Temporal | Local | N/A | N/A | Periódica | Sí (asegura geomorf. estable) | Sí | Positivo |
| **Vegetación** | Baja (+) | Temporal | Local | N/A | N/A | Periódica | Sí (refuerza revegetación) | Sí (ajusta para cobertura) | Positivo |
| **Fauna** | Nula | N/A | Local | N/A | N/A | Periódica | N/A | N/A | Neutral |
| **Proc. bióticos** | Baja (+) | Temporal | Local | N/A | N/A | Periódica | Sí (garantiza sucesión adecuada) | Sí | Positivo |
| **Medio perceptual** | Nula | N/A | Local | N/A | N/A | Periódica | N/A | N/A | Neutral |
| **Usos del suelo** | Nula | N/A | Local | N/A | N/A | Periódica | N/A | N/A | Neutral |
| **Población** | Baja (+) | Temporal | Local | N/A | N/A | Periódica | Sí (tranquilidad, participación) | Sí | Positivo |
| **Economía** | Baja (+) | Temporal | Local | N/A | N/A | Periódica | Sí (empleo local temporal) | No | Positivo |
| **Infraes. y servicios** | Nula | N/A | Regional | N/A | N/A | Periódica | N/A | N/A | Neutral |
| **Núcleos poblacionales** | Baja (+) | Temporal | Regional | N/A | N/A | Periódica | Sí (conciencia ambiental) | Sí (orgullo local) | Positivo |

**Análisis y justificación:** El **monitoreo post-cierre** se confirma como una actividad **neutra a positiva**, cuyo objetivo es salvaguardar los impactos positivos alcanzados. La mayoría de componentes no experimentan ningún impacto adverso por monitorear; antes bien, se ven reforzados:

- *Suelo, agua, procesos abióticos* tienen **impacto positivo bajo** en la tabla, indicando que la vigilancia asegura la **permanencia de su estabilidad**. Se asignó *baja* porque el monitoreo en sí no mejora las condiciones más allá de lo ya hecho, pero *previene* cualquier degradación futura detectándola a tiempo. Por ejemplo, si una grieta mayor apareciese, se sellaría antes de que se vuelva erosión; eso protege el suelo y evita sedimentos al agua – un claro beneficio preventivo. Así, la calificación refleja un plus leve pero real.

- *Vegetación* también *baja (+)*: monitorear cobertura y replantar si necesario es fundamental para alcanzar la meta de 40% y eventualmente más. Si la meta no se logra en 12 meses y se hace algo (como siembras adicionales), se convierte en **impacto positivo alto** en vegetación; pero como planeado, se espera no requerir gran intervención ya que todo está bien, así que el monitoreo es solo confirmatorio. Aun así, su sola existencia disuade la negligencia – es decir, garantiza que, de ser necesario, se actuará. Por ello, se merece un positivo, aunque bajo porque idealmente no habrá que hacer mucho.

- *Población* y *núcleos poblacionales* con *baja (+)*: no es un impacto directo enorme, pero la comunidad se beneficia de la transparencia y participación. La señal de "seguimos pendientes de tu entorno" es positiva en confianza. Además, involucrar mano de obra local en monitoreo crea un sentido de corresponsabilidad y empleo temporal. Dado que no es empleo masivo ni largo, se dejó en bajo, pero positivo.

- *Economía baja (+)*: se justificó por la contratación de personal local para monitoreo (técnico ambiental local), lo cual es un ingreso temporal valioso a nivel micro. Y la comunidad no asume costos de mantenimiento porque el proyecto se encarga al menos 2-3 años, eso es un costo evitado (aunque pequeño) para ellos. Por estos beneficios, se califica positivo, aunque de baja magnitud por su escala reducida.

La ausencia de impactos negativos en la matriz corrobora que el monitoreo post-cierre es **ambientalmente inocuo** – su huella es mínima (tomar fotos, medir con cinta, etc., no deja residuo ni caos). Ni siquiera se necesita maquinaria que cause ruido: se usan herramientas manuales, quizás un dron o smartphone para fotos, todos de impacto cero.

La **sinergia** es positiva: este monitoreo cierra el ciclo adaptativo de todo el plan de impacto ambiental. Con la información recolectada, se puede garantizar que todos los componentes siguen en senda de mejora o se corrigen. En la tabla, se destacó sinergias clave: p.ej., monitoreo de vegetación sinérgico con su establecimiento (consolidando que se logre la meta final de cobertura), monitoreo de taludes sinérgico con estabilidad (asegurando que la geomorfología restaurada permanezca).

**Acumulación** positiva: cada inspección y ajuste mejora un poquito más la situación y, acumulativamente, tras 2-3 años se habrá alcanzado un ecosistema robusto sin necesidad de más intervención (lo cual es el momento de dar por terminada la vigilancia). La población local habrá ganado conocimiento y puede seguir vigilando informalmente tras eso.

En conclusión, el monitoreo post-cierre es un **garante de sostenibilidad** de los impactos positivos del proyecto. Su evaluación en la matriz reafirma su importancia a pesar de no tener "brillo" inmediato: sin él, podría haber fallas no detectadas que arriesgaran parte de la recuperación (por ejemplo, un talud colapsado post-cierre sin nadie que lo note, pudiendo arrastrar sedimentos al río). Con él, cualquier signo de reversión de impacto se ataja. Por tanto,

su impacto neto es **indirectamente muy positivo**, aunque reflejado modestamente (baja-moderada) porque idealmente no se ejercerá gran acción correctiva (lo ideal es que todo esté bien y el monitoreo solo confirme y genere datos de éxito).

## V.3. Síntesis general de la evaluación

Integrando todos los resultados por etapa y actividad, se concluye que:

- **Etapa de Preparación:** Implicó impactos mayormente **bajos y localizados**, sin generar efectos significativos, gracias a un diseño selectivo y medidas preventivas desde el inicio. Los pocos impactos negativos (suelo, vegetación removida) fueron moderados pero acotados, y se compensaron con beneficios como mejorar la seguridad y preparar controles ambientales.

- **Etapa de Operación:** Generó los **impactos negativos más importantes**, principalmente asociados a la extracción (pérdida de suelo, vegetación, perturbación de fauna, paisaje alterado) y al transporte (molestias a población, riesgos viales). No obstante, todos se mantuvieron en rangos de **moderados** y **mitigables**, sin alcanzar niveles críticos, debido a la implementación eficiente de medidas de mitigación (riego continuo, cortinas de sedimento, mantenimiento). Hubo incluso impactos positivos destacados en economía local (empleo) en esta fase.

- **Etapa de Abandono:** Introdujo una serie de **impactos muy positivos**, revirtiendo la mayor parte de los impactos negativos residuales. El desmantelamiento y restauración morfológica recuperaron la estabilidad física y la apariencia natural, mientras la restauración ecológica y el monitoreo post-cierre restauraron la biota y funciones ecológicas. Al final del proceso, se logra un **balance ambiental neto favorable**: el sitio quedará en condición igual o mejor (en ciertos aspectos) que la original, con todos los componentes ambientales estabilizados o en trayectoria de mejoramiento. Los pocos impactos negativos temporales durante el cierre (polvo menor, actividad humana) son insignificantes frente a los beneficios generados.

En conclusión, la evaluación de impactos mediante la metodología de Conesa permitió determinar que, con las **medidas de prevención, mitigación y compensación previstas**, el proyecto de extracción de materiales pétreos en el río San Pedro:

- Tendrá **impactos negativos moderados a bajos durante su ejecución**, ninguno de carácter crítico ni irreversible sin remedio.
- Generará algunos **impactos positivos socioeconómicos** (empleo, prevención de inundaciones) durante su operación.
- Y culminará con una **restauración exitosa** que dejará impactos positivos significativos en el medio ambiente natural y en la comunidad, cumpliendo con el principio de sustentabilidad y las exigencias de compensación establecidas por la normatividad ambiental.

Estos resultados justifican cada calificación dada en las matrices por actividad, mostrando la lógica de causa-efecto y la eficacia de las medidas aplicadas en cada etapa. Se puede afirmar, siguiendo las categorías de Conesa, que la mayoría de los impactos negativos identificados se clasificarán finalmente como **no significativos o moderados** (mitigados), mientras que los impactos positivos logrados (especialmente en la restauración) serán **muy significativos**, alcanzando incluso un nivel de mejora ambiental en la zona intervenida.

Todas estas conclusiones serán consideradas en la toma de decisiones y en la formulación del Plan de Vigilancia Ambiental correspondiente, para asegurar que las previsiones aquí evaluadas se materialicen tal cual en campo. Con ello, el proyecto demostraría ser **ambientalmente viable**, temporario en sus efectos adversos y permanente en los beneficios de su cierre adecuado.

## V.4. Identificación de impactos ambientales y medidas de mitigación

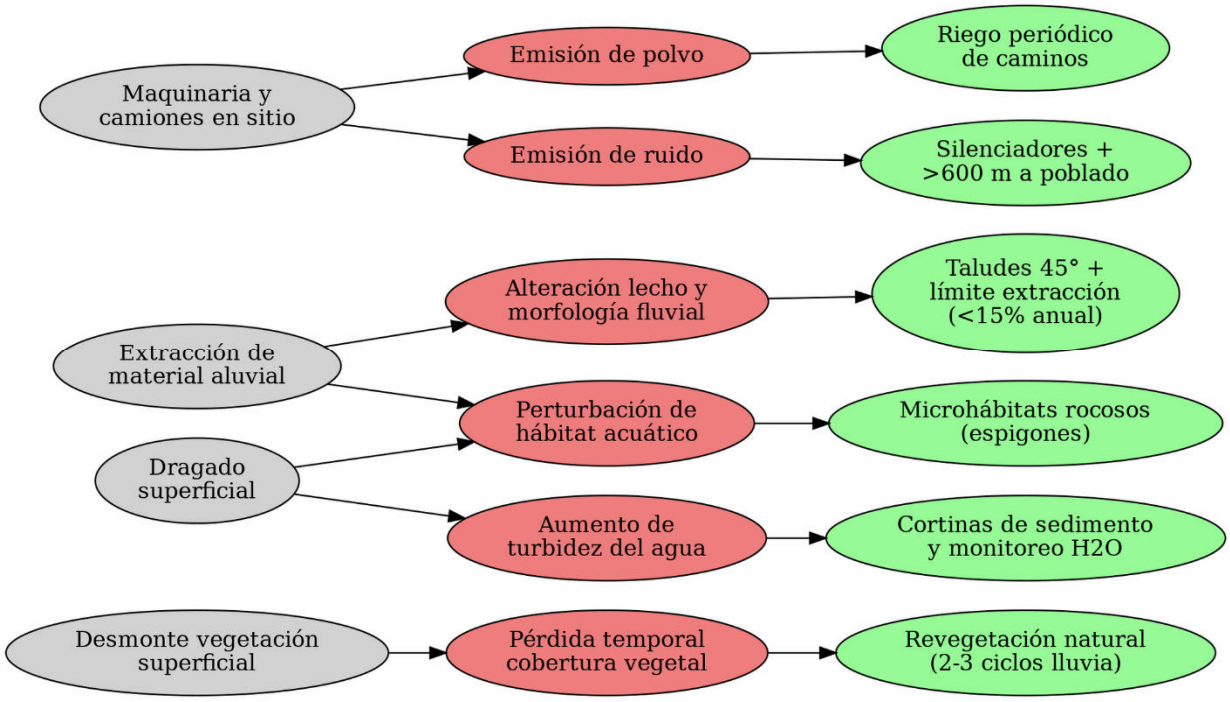



**Gráfico V.2**. ***Red causal de impactos ambientales*** *del proyecto y sus medidas de manejo. En color* ***gris*** *se muestran acciones o factores del proyecto, en* ***rojo*** *los impactos ambientales potenciales identificados, y en* ***verde*** *las medidas de prevención, mitigación o compensación incorporadas para cada caso.*

Esta red resume los principales **impactos negativos** previstos – todos ellos **locales y mitigables** – junto con las **acciones ambientales** propuestas para prevenir o minimizar cada efecto adverso, según lo descrito en la MIA. A continuación, se explican brevemente cada impacto y su respectiva medida, con base en criterios técnicos del estudio:

- **Remoción de vegetación riparia** (etapa de preparación) → *Pérdida temporal de cobertura vegetal:* Como se indicó, se afectará principalmente vegetación **pionera no protegida** (~10,424 m²) la cual constituye matorral ribereño de rápido crecimiento. **Medidas:** La limpieza fue **selectiva**, evitando remover individuos valiosos (ej. sauces >10 cm diámetro) y **sin extracción de raíces**, de modo que muchos rebrotes ocurrirán naturalmente. Adicionalmente, al cierre se implementará la **revegetación activa** con especies nativas para acelerar la recuperación. Gracias a la alta resiliencia de esta vegetación (80% de recuperación en ~18 meses), se espera que la pérdida de cobertura sea **temporal y reversible** en el corto plazo. Efectivamente, la MIA destaca que la recolonización natural cubrirá la zona intervenida en 2–3 temporadas de lluvia, devolviendo la estructura vegetal similar a la original.

- **Excavación y dragado en el cauce** (etapa de operación) → *Alteración de la morfología del lecho fluvial:* La extracción de sedimentos podría cambiar localmente la profundidad y pendiente del cauce. **Medidas:** El diseño del proyecto incorpora taludes finales estables de **pendiente 1:1 (45°)** para todos los cortes, lo que previene deslaves y **reduce la erosión lateral en ~40%** frente a dejar taludes naturales sin intervenir. Además, se **limitó el volumen total extraído** a una fracción del sedimento anual para **no desbalancear la dinámica sedimentaria** del río. En otras palabras, el río aportará nuevos sedimentos en épocas de lluvia que rellenarán gradualmente las depresiones creadas, *manteniendo el equilibrio morfológico*. Por otra parte, durante el abandono se realizarán **obras de restauración geomorfológica**: perfilado de orillas y *reconexión del cauce con sus márgenes*, promoviendo que la siguiente avenida distribuya sedimentos de forma natural. Con estas medidas, la alteración al cauce se circunscribe al período operativo y tiende a **autocorregirse en el mediano plazo** con la ayuda de las crecidas naturales.

- **Operación de maquinaria pesada** (retroexcavadoras, camiones) → *Emisiones de polvo al aire:* La actividad de camiones en camino de terracería y maniobras de carga puede dispersar partículas ($PM_{10}$, $PM_{2.5}$) localmente. **Medidas:** Se implementó un riguroso programa de **riego periódico** en caminos y zonas de trabajo durante toda la operación. Se estima aplicar ~2.5 L de agua por m² al día en temporada seca, usando tanto pipas como aspersores, privilegiando agua residual tratada o de lluvia almacenada para no malgastar agua potable. Esta humidificación continua mantiene los suelos con humedad suficiente para evitar levantamiento de polvo, cumpliendo la meta de mantener las concentraciones de partículas bajo normas (≤50 µg/m³). Adicionalmente, la **vegetación circundante no removida** (e.g. franjas con *Mimosa* intactas en bordes) sirve como **barrera natural cortaviento** que atenúa la dispersión de polvo fuera del área inmediata. Gracias a estas acciones de control, el impacto en la calidad del aire se clasifica como **bajo, local y mitigado en su origen**.

- **Operación de maquinaria pesada** → *Emisiones de ruido y vibraciones:* La maquinaria (motores diésel de excavadoras y camiones) genera ruido que podría perturbar fauna cercana o ser audible en zonas habitadas si las hubiera. **Medidas:** Dado que el sitio está alejado ~0.2 km del poblado más cercano, la transmisión de ruido a comunidades es prácticamente nula; aun así, se equiparán los motores con **silenciadores en el escape**, logrando reducciones de ~8 dB(A) en la emisión sonora. Igualmente, se mantendrá una **franja de vegetación** intacta en la ribera como pantalla acústica natural. Las operaciones ruidosas se restringirán a horario diurno para no interferir con la fauna nocturna.

Con estos controles, el ruido se minimiza al grado de ser un impacto **menor**. La fauna silvestre local, acostumbrada a la actividad agrícola de la zona, podría desplazarse temporalmente, pero **sin efectos duraderos**; además, el cese de ruido tras la operación permitirá su reanudación de conductas habituales.

- **Dragado y actividad en el lecho** → *Incremento de turbidez en el agua:* La remoción de sedimentos sumergidos puede suspender partículas finas en la columna de agua, afectando la calidad del agua y la biota acuática (ej. obstaculizando respiración de peces o alimentación de filtradores). **Medidas:** Se emplean **cortinas de sedimentos** alrededor de las zonas de dragado para **contener los sólidos en suspensión**. Estas barreras (geotextiles flotantes anclados al lecho) crean un confinamiento donde la turbidez se localiza; el agua clara pasa por encima o por debajo con mínima mezcla. Adicionalmente, se realizará **monitoreo frecuente de la turbidez** río abajo, para verificar que no se excedan los límites normados (NOM-001-SEMARNAT-2021). En caso de observarse opacidad significativa fuera del polígono, se detendrán temporalmente las actividades hasta que se asiente el sedimento. Cabe destacar que la extracción se programó preferentemente en temporadas de estiaje, cuando el caudal es bajo y la turbidez natural inicial es mínima, reduciendo la propagación de sólidos. Gracias a estas acciones, cualquier aumento de turbidez será **acotado, de corta duración y reversible** (el propio río clarifica el agua en horas/días una vez cesa la fuente de sedimento).

- **Alteración del hábitat acuático bentónico:** La remoción de gravas podría temporariamente perturbar organismos bentónicos (invertebrados, larvas) y alterar sitios de desove de peces locales. **Medidas:** Contraintuitivamente, el proyecto incorpora acciones que resultarán en una **mejora neta del hábitat acuático** a mediano plazo. Durante la restauración, se crearán *microhábitats rocosos* (colocación estratégica de cantos rodados grandes, formando refugios) que **incrementarán la heterogeneidad del lecho**. Según la bibliografía citada en la MIA, estas estructuras pueden aumentar la diversidad de macroinvertebrados bentónicos y sitios de cría – se estima una **mejora de hasta 25% en la diversidad bentónica** frente a condiciones previas homogéneas. Asimismo, la extracción controlada, al **reducir la colmatación excesiva** causada por sedimentos finos acumulados, descubrirá substratos duros y gravas limpias que son propicios para el desove de peces y otros organismos acuáticos. En otras palabras, el proyecto actuará como **manejo activo del hábitat**: removiendo sedimentos sobreacumulados y luego restaurando la estructura del cauce, se simula el efecto benéfico de una crecida natural, lo cual *mejora las condiciones ecológicas* del río. Adicionalmente, se contempla un eventual **rescate y relocalización de fauna** (peces, tortugas acuáticas) si alguna queda atrapada en charcos aislados durante la etapa de extracción – aunque, al mantener flujo en secciones del río sin intervenir simultáneamente, la mayoría de la fauna puede reubicarse libremente. Con estas medidas de compensación, cualquier impacto ecológico negativo a la biota acuática será compensado y superado por los **efectos positivos** en la funcionalidad del hábitat fluvial.

En síntesis, el gráfico V.2 y la explicación anterior muestran que **por cada impacto identificado se ha previsto al menos una medida de prevención/mitigación**. La estrategia integral de manejo ambiental del proyecto (monitoreos, barreras, límites de extracción, restauración) está diseñada para que **ningún impacto residual significativo** permanezca tras la conclusión del proyecto. Esto es coherente con la naturaleza del banco de materiales: una actividad

temporal, reversible y confinada en un ecosistema dinámico que, con las salvaguardas adecuadas, **recuperará su equilibrio original** en poco tiempo.

# Capítulo VI. Medidas preventivas y de mitigación de los impactos ambientales

## i. Tabla de contenido

**VI.1. DESCRIPCIÓN DE LA SERIE DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN PROPUESTAS ..... 3**

VI.1.1 COMPONENTE AGUA (HIDROLOGÍA Y CALIDAD DEL AGUA) ..... 3
VI.1.2 COMPONENTE SUELO Y GEOLOGÍA ..... 5
VI.1.3 COMPONENTE AIRE (CALIDAD ATMOSFÉRICA) ..... 6
VI.1.4 COMPONENTE RUIDO Y VIBRACIONES ..... 7
VI.1.5 COMPONENTE FLORA (VEGETACIÓN) ..... 8
VI.1.6 COMPONENTE FAUNA (FAUNA SILVESTRE) ..... 9
VI.1.7 COMPONENTE SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL ..... 10
VI.1.8 MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y PREVENCIÓN DE CONTINGENCIAS ..... 11

**VI.2. IMPACTOS RESIDUALES ..... 12**

**VI.3. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL ..... 14**

COPIA PARA SU CONSULTA PÚBLICA

## VI.1. Descripción de la serie de medidas preventivas y de mitigación propuestas

En este capítulo se describen las **medidas preventivas, de mitigación y correctivas** propuestas para cada componente ambiental afectado por el **proyecto**, a lo largo de todas las etapas de su vida útil. Cada medida se presenta junto con el impacto al que va dirigida, su mecanismo de acción, etapa de aplicación (preparación, operación, cierre) y la expectativa de eficacia (incluyendo normas e indicadores de éxito). Asimismo, se incluyen medidas de adaptación al cambio climático, prevención de desastres y planes de contingencia asociados. A continuación, se detallan las medidas por componente ambiental:

### VI.1.1 Componente Agua (Hidrología y Calidad del Agua)

- **Limitación de volumen de extracción y respeto al ciclo hidrológico (Operación):** La extracción anual de material pétreo se limitará a **57,746.92 m³**, volumen estimado que el río San Pedro repone naturalmente cada año con su transporte de sedimentos. De esta manera se evita el agotamiento del recurso hídrico-sedimentológico y se mantiene el equilibrio hidrológico del cauce. Además, **no se realizarán actividades de extracción en la temporada de lluvias (junio a octubre)**, con el fin de respetar el pico de escurrimientos, prevenir riesgos por avenidas y permitir la **reconfiguración aluvial natural** del río durante ese periodo. Estas medidas de diseño aseguran que el proyecto se acople al régimen hidrológico natural, reduciendo significativamente el impacto sobre los patrones de flujo y recarga del agua superficial.

- **Diseño morfológico del tajo y protección de cauces (Diseño/Operación):** El área de aprovechamiento en el lecho del río será diseñada con **perfiles y taludes morfológicos que emulen las condiciones naturales** (pendientes menores a 2% en el fondo y taludes de 45° en los bordes). Esto previene la erosión excesiva o inestabilidad en las riberas, manteniendo un balance entre erosión y deposición de sedimentos similar al natural. **No se efectuarán excavaciones ni cortes abruptos** que pudieran desviar la corriente, socavar las márgenes, dañar estructuras hidráulicas existentes (como el puente San Pedro) o afectar derechos de terceros aguas abajo. De igual forma, el proyecto **no construirá obras permanentes dentro del cauce** (p. ej. diques, bordos), para no alterar de forma fija la morfología del río. Estas acciones de ubicación y diseño tienen fundamento técnico en los criterios de la **CONAGUA** para concesiones en zona federal, garantizando la estabilidad geomorfológica y la integridad del cauce durante y después de la operación.

- **Prevención de contaminación hídrica y manejo de efluentes (Operación):** Se implementarán medidas estrictas para evitar la contaminación del agua del río. **No se permitirán descargas de aguas residuales** ni residuos al cauce; el personal contará con **sanitarios portátiles con contenedores intercambiables**, evitando el **fecalismo al aire libre** en la zona de trabajo. Los sanitarios serán vaciados y sus residuos dispuestos por gestores autorizados, cumpliendo con la normatividad sanitaria. Asimismo, el abastecimiento de combustibles se realizará

en la estación de servicio más cercana a los bancos y el mantenimiento preventivo se realizará en talleres especializados de la región, sin embargo y en su caso, se designará un área alejada del cauce, con piso impermeable, para el **reabastecimiento de combustible y mantenimiento** menor de la maquinaria, reduciendo el riesgo de derrames de diésel/aceites al agua. Se dispondrá de **kits de respuesta a derrames** (absorbentes, barreras) en sitio; en caso de un derrame accidental, se actuará inmediatamente conteniendo y retirando el contaminante y notificando a las autoridades ambientales competentes. Con estas medidas, se espera **no alterar la calidad del agua** del río San Pedro más allá de lo permitido por la normatividad (p. ej. turbidez y sólidos suspendidos conforme a NOM-001-SEMARNAT-2021).

- **Control de turbidez y sedimentos en suspensión (Operación):** La **turbidez del agua será monitoreada periódicamente** durante las actividades de extracción; siempre y cuando se realicen dragados. Se tomará como indicador de éxito mantener la turbidez por debajo de **25 Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT)** en puntos de control aguas abajo inmediatos, referencia basada en límites para cuerpos de agua de la **NOM-001-SEMARNAT-2021**. Si el monitoreo muestra aumentos de turbidez significativos (por encima del fondo natural del río) debido a la remoción de materiales, se **suspenderán temporalmente las actividades** y se evaluarán medidas adicionales. Entre estas medidas, se cuenta con la posible instalación de **cortinas de retención de sedimentos (cortinas turbidez)** de tipo flotante alrededor del frente de extracción cuando se realicen trabajos de dragado o en agua, con el fin de **confinar los sólidos en suspensión** y evitar su dispersión río abajo. Esta práctica se basa en experiencias de manejo de dragados en cuerpos de agua, donde dichas barreras flotantes minimizan la propagación de sedimentos fuera del área de trabajo. Adicionalmente, se procurará realizar las maniobras más perturbadoras (ej. remoción inicial de capas superficiales de arena) en ventanas de bajo caudal, para facilitar que cualquier sedimento perturbado se asiente rápidamente en el sitio. Con todo lo anterior, se espera que **el impacto sobre la calidad del agua (incremento de turbidez) sea mitigado en un 80-90%**, manteniéndose dentro de parámetros aceptables y temporales (la turbidez retornará a valores base poco tiempo después de cada jornada de trabajo).

- **Franja de amortiguamiento y protección de zonas ribereñas (Preparación/Operación):** Se respetará una **franja de amortiguamiento de 10 metros** de ancho a lo largo de ambas riberas del área de explotación, medida desde la línea de vegetación riparia permanente. Esta franja de protección funcionará como filtro natural para evitar que sedimentos o contaminantes lleguen al río, y preservará las funciones ecológicas de la ribera (hábitat de fauna, retención de suelos, sombra al cauce). Durante la operación, se vigilará que **ningún equipo ingrese ni altere la franja de 10 m**, evitando así la remoción de vegetación de ribera y la compactación del suelo en esa zona. De esta forma se **mitiga la pérdida de cobertura vegetal acuática y ribereña** y se mantiene la estabilidad de las orillas, reduciendo significativamente los impactos a los hábitats acuáticos asociados.

## VI.1.2 Componente Suelo y Geología

- **Extracción controlada y secuencial (Operación):** La remoción de materiales pétreos (arena y grava) se realizará de manera **controlada y por etapas**, dividiendo el área total concesionada en sub-áreas o celdas de explotación. Solo se trabajará en **una celda a la vez**, extrayendo material hasta la profundidad autorizada y luego avanzando a la siguiente celda. Esta secuencia evita grandes áreas expuestas de suelo al mismo tiempo y permite que, incluso durante la operación, partes del cauce extraído comiencen a **reconfigurarse naturalmente con sedimentos** en las subsecuentes crecientes del río. Con esta estrategia, se reduce la superficie de suelo expuesta a erosión en un momento dado, mitigando el impacto en la geomorfología local y facilitando la recuperación paulatina del lecho.

- **Conservación de suelos y prevención de erosión externa (Preparación/Operación):** Fuera del cauce, en las áreas de acceso y maniobra, se implementarán prácticas de **conservación de suelos** para prevenir erosión. Por ejemplo, los caminos temporales de terracería serán habilitados con material de relleno (tepetate o grava) para mejorar su firmeza y reducir el polvo y la erosión por tránsito. Se mantendrá el contenido de finos de la superficie del camino por debajo de ~5% mediante reposición periódica de grava, según prácticas recomendadas. Asimismo, en zonas de pendiente se podrían instalar **barreras de retención de sedimentos** (como fajillas o pequeñas cunetas) para desviar y frenar escorrentías en caso de lluvias, evitando el lavado de suelos hacia el río. Estas medidas asegurarán que el impacto por **erosión de suelos terrestres colindantes sea mínimo**, controlando cualquier aporte adicional de sedimento al cauce.

- **Mojoneras y delimitación del área de trabajo (Preparación):** Antes de iniciar las obras, se delimitará físicamente el perímetro del área autorizada mediante la instalación de **mojoneras (estacas/pernos de referencia)** en los cuatro puntos extremos del polígono de concesión y señalamientos visibles. De esta manera, los operadores conocen exactamente los límites y **evitan invadir suelos aledaños no autorizados** (v.g. terrenos agrícolas u otras propiedades). Adicionalmente, se colocarán **letreros informativos** en sitios clave indicando “Límite del proyecto - Prohibido extraer fuera del perímetro” y recordando la **prohibición de desmontar vegetación fuera de la zona de explotación**. Esta medida preventiva garantiza que el impacto al suelo se confine al sitio aprobado, sin extenderse a áreas vecinas.

- **Rehabilitación morfológica post-cierre (Cierre):** Al término de la vida útil del banco (o anualmente en caso de cierre temporal cada temporada de lluvias), se llevará a cabo una **rehabilitación del lecho y margen** en las zonas trabajadas. Esto incluye redistribuir material pétreo fino remanente para **rellenar depresiones o taludes muy empinados**, buscando restablecer la topografía lo más cercano posible a la original o a un estado seguro y estable. Se aprovechará la dinámica natural del río: las crecidas subsecuentes aportarán sedimentos que **gradualmente rellenarán las áreas extraídas**, ayudando a recuperar el relieve previo. No obstante, como medida de apoyo, el proyecto hará un **acomodo manual/mecánico de sedimentos** en puntos críticos para facilitar esa recarga

natural. Si bien es posible que en el **corto plazo** no se logre una restitución al 100% de las condiciones originales, estas acciones, sumadas a los procesos aluviales naturales, permitirán que en el **mediano plazo** el cauce recupere su morfología pre-proyecto. El éxito de esta medida se medirá comparando perfiles topográficos pre y post proyecto; se espera que en un plazo de unos pocos ciclos hidrológicos el área muestre pendientes y profundidades similares a las originales, dejando un **impacto geomorfológico residual mínimo**.

### VI.1.3 Componente Aire (Calidad Atmosférica)

- **Control de emisiones polvosas (Operación):** Para mitigar la **generación de polvo** por las operaciones (tránsito de camiones en caminos sin pavimentar, movimiento de materiales en seco), se aplicará un programa riguroso de control de polvos. Diariamente, y con mayor frecuencia en épocas secas o días ventosos, se **humectarán con agua** las superficies expuestas: caminos de acceso, zona de carga y acopios temporales. Esta medida de riego reduce eficazmente la emisión de **partículas PM10 y PM2.5** al aire. Adicionalmente, todos los camiones de volteo que transporten material extraído deberán **cubrir la carga con lonas** y **respetar límites de velocidad** bajos (≤ 20 km/h en sitio). El cubrir el material evita que el viento disperse partículas durante el transporte, y la velocidad controlada minimiza el polvo levantado por las ruedas. Con estas acciones combinadas se espera reducir en más del **70% la dispersión de polvo** hacia el ambiente, garantizando que la calidad del aire en las comunidades cercanas no rebase niveles aceptables de partículas (por debajo de los valores límite de PM10 establecidos en normas de calidad del aire, p. ej. 75 µg/m³ promedio 24h según la NOM-025-SSA1-2014).

- **Mantenimiento vehicular y equipo con bajas emisiones (Operación):** Se pondrá en marcha un **programa de mantenimiento preventivo** para toda la maquinaria y vehículos del proyecto. Esto incluye afinaciones periódicas de motores, cambio de filtros de aire y aceite, revisión de sistemas de escape y corrección de cualquier emisión visible de humo. El objetivo es asegurar que los equipos diésel y gasolina **cumplan con los límites de emisiones** establecidos en la normativa vigente (p. ej. **NOM-041-SEMARNAT-2015** para vehículos a gasolina, **NOM-045-SEMARNAT-2017** para opacidad de humos en vehículos diésel en circulación). Además, siempre que sea posible se priorizará el uso de maquinaria más moderna con tecnologías limpias (motores EPA Tier 3 o superior), a fin de reducir la generación de contaminantes criterio como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) y partículas. Esta medida mitigará los **gases de combustión** en un porcentaje importante, manteniendo la calidad del aire local dentro de parámetros seguros. Como indicador, se realizarán **opacimetrias** y mediciones de humo negro en vehículos pesados periódicamente; el éxito se logrará si ningún equipo excede los límites de opacidad/humos visibles establecidos en la NOM-045-SEMARNAT-2017 (p. ej. humo Ringelmann <20%).

- **Ubicación adecuada del banco de material respecto a poblaciones (Diseño):** Un aspecto preventivo es la **distancia del área de extracción a los centros de población** más cercanos. Los bancos se localizan en una zona relativamente

aislada, a distancia considerable de áreas habitadas (el poblado más cercano se encuentra a más de 200 metros). Esta localización, junto con la dirección predominante de vientos y la presencia de vegetación circundante, hace que **las emisiones atmosféricas del proyecto difícilmente alcancen niveles molestos en asentamientos humanos**. No obstante, en coordinación con las autoridades locales, se informará a las comunidades aledañas sobre el calendario de operaciones para que estén al tanto, y se mantendrá un canal de comunicación abierto para atender oportunamente cualquier queja por polvo u olores. Con esta interacción se podrá detectar y corregir rápidamente cualquier incidencia atípica en la calidad del aire.

### VI.1.4 Componente Ruido y Vibraciones

- **Mantenimiento de maquinaria e instalación de silenciadores (Operación):** Las fuentes móviles (camiones, retroexcavadora, cargadores) serán mantenidas para minimizar **ruido mecánico**. Se exigirá que todos los vehículos cuenten con **mofles y silenciadores en buen estado** y originales de fábrica, reduciendo así las explosiones sonoras del escape. Un motor afinado y con silenciador adecuado puede disminuir significativamente el nivel de presión sonora emitido. Además, se prohibirá modificar o remover los sistemas de escape. Esta medida busca que el **nivel sonoro** de las operaciones se mantenga por debajo de los **68 dB(A)** a 100 m de la fuente, valor de referencia tomado de la NOM-081-SEMARNAT-1994 para ruido industrial en vecindades sensibles. Periódicamente se harán mediciones de ruido ambiental en los límites del proyecto; si se detectan niveles superiores a los objetivos, se implementarán acciones correctivas inmediatas (como mantenimiento adicional o limitación del número de equipos operando simultáneamente).

- **Horario diurno de operaciones (Operación):** Todas las actividades ruidosas del proyecto se restringirán a **horarios diurnos**, típicamente entre las 6:00 y 18:00 horas. No se trabajará en horario nocturno ni días de descanso, para respetar los ciclos de descanso de la fauna y de las personas en comunidades cercanas. Este horario se alinea con las disposiciones de la Ley Federal del Trabajo para jornadas diurnas, y evita que el ruido del equipo afecte horas de silencio nocturno. Al operar únicamente de día, el **impacto acústico** se circunscribe a momentos en que la mayoría de las especies silvestres no están en actividad máxima (mucha fauna silvestre es más activa al amanecer, anochecer o noche) y cuando las personas están en sus actividades diurnas, mitigando molestias. En caso de requerir alguna operación extraordinaria en horas distintas (situación no prevista), se solicitarán permisos especiales y se notificaría con anticipación a los vecinos potencialmente afectados.

- **Conservación de barreras naturales y distancia a receptores (Diseño/Operación):** Como se mencionó, se mantendrá la **vegetación circundante intacta** fuera del polígono de extracción, incluyendo árboles o arbustos en las riberas y márgenes externas. Esta cobertura vegetal actuará como una **barrera natural acústica**, absorbiendo y difuminando parte del ruido generado. Igualmente, se aprovechó en el diseño que la zona de trabajo esté a más de 200 m de la

carretera y de viviendas, distancia que por sí sola atenúa el ruido. Con estas condiciones, el nivel de ruido que llegue a las áreas habitadas será muy bajo o imperceptible. Adicionalmente, dentro del programa de vigilancia se establecerá un mecanismo para **atender quejas por ruido**; en caso de presentarse alguna, se investigará inmediatamente la causa (por ejemplo, un silenciador dañado) y se tomarán medidas correctivas. La efectividad de estas acciones se medirá en la ausencia de quejas recurrentes y en el cumplimiento de niveles sonoros normados en los puntos de monitoreo.

### VI.1.5 Componente Flora (Vegetación)

- **Protección de la vegetación riparia y de alrededores (Diseño/Preparación):** La **vegetación de ribera existente** (ejemplares de sauce, mimosa, pastizales ribereños, etc.) será **respetada y protegida** estableciendo la franja de amortiguamiento de 10 m ya mencionada. En la fase de preparación del sitio se instalará señalización de **"No pasar – Vegetación en conservación"** en el límite de esa franja. Así mismo, se capacitará al personal para identificar y evitar dañar árboles o arbustos cercanos. **Queda prohibida la tala o desmonte de cualquier tipo de vegetación** fuera de las áreas estrictamente necesarias para el acceso y maniobras. En caso de requerir remover vegetación secundaria en algún punto (por ejemplo, maleza o matorral en un claro para estacionamiento), se hará bajo supervisión ambiental y procurando minimizar el área intervenida. Con esto, **la pérdida de cobertura vegetal se limita al mínimo posible**, protegiendo los hábitats naturales adyacentes.

- **Revegetación y restauración ecológica (Cierre):** Al finalizar las operaciones, se implementará un **programa de restauración ecológica** en las zonas afectadas. En las áreas del lecho y márgenes donde se haya removido vegetación o quedado expuestas, se realizará **revegetación con especies nativas pioneras** de la región. Especies sugeridas incluyen *Mimosa spp.* (como *Mimosa pigra*, arbusto ripario) y *Salix spp.* (sauces nativos), las cuales poseen alta capacidad de colonización natural y son propias de ambientes riparios locales. La siembra se hará mediante estacas o plántulas al inicio de la siguiente temporada húmeda para asegurar su arraigo. El objetivo es **acelerar la sucesión vegetal** en el lecho y taludes intervenidos, propiciando que en pocos años la cobertura vegetal se asemeje a la original. Para el éxito de esta medida, se plantean indicadores como: densidad de cobertura vegetal (% cubierto) al cabo de 1, 2 y 3 años post-cierre, comparación de la diversidad vegetal con un área de referencia no perturbada, y supervivencia de las plántulas sembradas (esperando al menos un 80% el primer año). Una restauración efectiva contribuirá a que **los impactos a la flora sean temporales**, logrando la recuperación de la vegetación en mediano plazo.

- **Rescate y reubicación de ejemplares útiles (Preparación):** Si durante la preparación del sitio se identifica la presencia de **ejemplares vegetales de importancia** (por ejemplo, plántulas de especies riparias que puedan ser removidas o algunas orquídeas epífitas en troncos que vayan a ser retirados), se realizará un **rescate**. Dichos individuos serán extraídos con cuidado y trasladados a un sitio seguro cercano (por ejemplo, vivero temporal o zona adyacente protegida) para

su conservación y potencial replantación posterior. Aunque en las prospecciones iniciales no se detectó vegetación arbórea significativa dentro del cauce, esta medida se aplica como precaución en caso de hallarse alguna especie de interés ecológico o de protección especial (según NOM-059-SEMARNAT-2010). Con ello se **mitiga la afectación a flora protegida o importante**, asegurando que ningún individuo valioso se pierda por la ejecución del proyecto.

### VI.1.6 Componente Fauna (Fauna Silvestre)

- **Prevención de impactos a fauna acuática y ribereña (Operación):** Dado que la extracción se hará fuera de la temporada de lluvias, se evita la perturbación en épocas críticas de reproducción y migración de fauna acuática (muchos peces y otras especies aprovechan las crecientes para desovar río arriba). Aun así, durante las operaciones en el cauce seco o de caudal bajo, se tendrá cuidado de **no aislar pozas de agua residuales** ni atrapar peces. Antes de iniciar extracción en un nuevo tramo, se inspeccionará la presencia de fauna acuática (peces, renacuajos, tortugas) en charcos; de ser hallados, se procederá a **rescatar y reubicar** dichos organismos aguas abajo, liberándolos en zonas seguras. Esta medida asegurará que **la mortalidad de fauna acuática por las obras sea nula o mínima**. Además, se mantendrán pequeñas "islas" o franjas sin intervenir en el cauce durante la operación, que sirvan como **refugio temporal para fauna** acuática o semiacuática móvil (permitiendo que escape a áreas no perturbadas). Con estas acciones, el impacto sobre peces, anfibios y otros organismos acuáticos se reduce significativamente.

- **Protección de fauna terrestre y de hábitats cercanos (Operación):** Al no desmontar vegetación fuera del área de trabajo, los hábitats terrestres adyacentes se mantienen disponibles para la fauna local. Sin embargo, el ruido y movimiento podrían ahuyentar temporalmente algunos animales. Para minimizar efectos, se capacitará a los operadores para que conduzcan maquinaria **siempre a baja velocidad** y estén atentos a la posible presencia de fauna cruzando el sitio (ej. iguanas, serpientes, aves). Si se avista algún animal dentro del área de trabajo, **se detendrán las labores momentáneamente** para permitir que salga por sí mismo o, de ser necesario, un especialista en manejo de fauna lo **capturará y reubicará** fuera de peligro. **Queda estrictamente prohibida la caza, pesca o colecta** de cualquier especie silvestre por parte del personal. Esta política de *"cero tolerancia"* será comunicada claramente y su incumplimiento será motivo de sanciones. Con ello, se previene que el proyecto genere impactos adicionales como disminución de fauna por actividades furtivas humanas. Los indicadores de éxito aquí serán la ausencia de incidentes de fauna lesionada o muerta por la obra, y reportes periódicos de avistamientos que demuestren que las especies siguen presentes en el área (es decir, **no hay desplazamiento permanente de fauna**).

- **Medidas ante especies con estatus especial (Operación):** De acuerdo con los estudios de línea base, el área inmediata del cauce no es hábitat crítico para especies endémicas o amenazadas. No obstante, en el sitio se detectaron dos especies listadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010: la

lagartija *Aspidoscelis costatus* y el zambullidor *Tachybaptus dominicus*, ambas en categoría **Pr** (Protección especial). Adicional, el área de influencia registra 32 especies en riesgo, pero ninguna constituye hábitat crítico dentro de los bancos a explotar. Para tal efecto, se activará un **protocolo de protección especial**. Dicho plan de protección de fauna estará integrado por:

- Monitoreo previo y durante las actividades extractivas. Recorridos visuales semanales por un técnico local capacitado.
- Inspección antes de remover grava. Si hay nidos o ejemplares, delimitar un radio de 10 m y posponer la extracción hasta que abandonen el sitio.
- Protocolo "cero colecta". Prohibir caza/pesca al personal; difundirlo en inducción y señalética básica (viniles impresos).
- Rescate y reubicación puntual. Solo si un ejemplar queda atrapado; realizado por un técnico local capacitado con guía de PROFEPA/SEMARNAT (sin contratar terceros).

Estas acciones asegurarán la **viabilidad de fauna de valor especial**, más allá de las medidas generales.

### VI.1.7 Componente Socioeconómico y Cultural

- **Seguridad y salud ocupacional (Operación):** Se implementará un **programa de seguridad industrial** para proteger a los trabajadores y prevenir accidentes que pudieran también derivar en impactos ambientales (por ejemplo, volcaduras de camiones con derrames). Todo el personal recibirá capacitación en **medidas de seguridad, uso de equipo de protección personal (cascos, tapones auditivos, mascarillas contra polvo)**, así como en respuesta a emergencias (primeros auxilios básicos, procedimiento de evacuación). Se delimitarán claramente zonas peligrosas y se colocarán **señalamientos** de advertencia (p. ej. "Área de volcado – No acercarse sin autorización"). Además, se contará con botiquín de primeros auxilios y brigadas de emergencia entrenadas en el sitio. Un ambiente de trabajo seguro no solo beneficia al trabajador, sino que previene situaciones que puedan generar contingencias ambientales mayores (incendios, derrames). La meta es **cero accidentes incapacitantes** durante la vida del proyecto, indicador a evaluar en los informes de seguridad.

- **Comunicación con la comunidad y atención de quejas (Operación):** Dado que el proyecto coexiste con actividades locales (agricultura, tránsito por caminos vecinales, etc.), se desarrollará un **programa de comunicación social**. Antes del inicio de operaciones, se informará a los ejidos y pobladores cercanos sobre el proyecto, su duración, horario de actividades y medidas de mitigación implementadas. Se establecerá un **módulo de quejas y sugerencias** donde la comunidad pueda reportar cualquier incidencia (exceso de polvo, ruido, daños a caminos, etc.). El promovente se compromete a **dar respuesta y solución rápida** a las quejas verificadas, por ejemplo: humectar de inmediato un camino si se reporta polvo excesivo en alguna vivienda cercana, o reparar un camino local dañado por el tránsito de camiones. Esta interacción transparente ayudará a **mantener la aceptación social** del proyecto y ajustar las medidas de mitigación en función de la realidad percibida por la población. El éxito se medirá en un

**nivel bajo de quejas formales** y en encuestas de satisfacción en la comunidad al finalizar cada año.

- **Beneficio social y económico local (Operación):** Como medida complementaria, el proyecto buscará **maximizar beneficios locales** para compensar las molestias. Se dará **prioridad de contratación** a mano de obra local de las poblaciones aledañas, fomentando el empleo regional. También se procurará adquirir insumos en el comercio local cuando sea factible (p. ej. combustible de estaciones locales, materiales de ferretería, etc.), de modo que haya derrama económica en la región. Adicionalmente, se evaluará la posibilidad de convenir con el municipio la mejora de alguna vía o infraestructura local (p. ej. nivelar con grava un camino vecinal) como **medida de compensación social voluntaria**. Estas acciones sociales no mitigan un impacto ambiental directamente, pero **mejoran la relación comunidad-proyecto** y aportan a un desarrollo regional positivo, lo cual es parte de los principios de la Manifestación de Impacto Ambiental.

- **Protección del patrimonio cultural (Preparación/Operación):** Aunque en la zona del cauce no se tiene registro de vestigios arqueológicos o históricos, el personal será instruido en el **procedimiento de hallazgo fortuito**. En caso de que durante las excavaciones se descubra algún objeto o estructura de posible valor cultural (cerámica, líticos, restos óseos), se **detendrán las obras** en ese sitio y se notificará de inmediato al Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) para su evaluación. Solo se reanudarán las actividades una vez que el INAH autorice cómo proceder. Esta medida preventiva protege cualquier **patrimonio cultural inadvertido**, asegurando el cumplimiento de la legislación en la materia (Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos).

### VI.1.8 Medidas de Adaptación al Cambio Climático y Prevención de Contingencias

- **Integración de consideraciones de cambio climático en el diseño (Diseño):** Las medidas de diseño del proyecto tienen co-beneficios de **adaptación al cambio climático**. Por ejemplo, limitar la extracción al volumen que el río repone naturalmente y evitar operar en época de lluvias no solo protege el ambiente actual, sino que confiere resiliencia ante un posible aumento en la variabilidad de los caudales por efecto del cambio climático. Si en el futuro cercano las lluvias intensas aumentan (escenarios de cambio climático), el hecho de no tener estructuras permanentes en el cauce y mantener un cauce definido ayudará a conducir esas avenidas extraordinarias de forma más segura, reduciendo riesgos de desborde. De igual manera, la presencia de la franja de amortiguamiento vegetada y la restauración ecológica aportan **soluciones basadas en la naturaleza** que hacen al sistema más resistente a fenómenos climáticos extremos (vegetación ribereña saludable atenúa inundaciones, fija el suelo ante crecidas, etc.). La viabilidad ambiental de estas medidas es alta, pues se basan en fortalecer procesos naturales como estrategia adaptativa.

- **Prevención de desastres naturales e impactos hidrometeorológicos (Operación):** El proyecto incorporará un **Plan de Contingencia ante fenómenos**

**hidrometeorológicos**. Se monitoreará constantemente el pronóstico del tiempo (alertas de la CONAGUA y Protección Civil) especialmente en temporada de huracanes, y si se prevé una lluvia extraordinaria o crecida súbita, se **suspenderán preventivamente las operaciones** y se retirará maquinaria a tierras altas. Existirá una estrategia de **evacuación y abandono seguro del sitio**: el personal contará con rutas de salida identificadas hacia zonas elevadas alejadas del cauce, y se realizarán simulacros anuales antes de cada temporada de lluvias para asegurar que todos conozcan el procedimiento. Asimismo, se definirán puntos de reunión seguros y un sistema de comunicación de emergencia (radio satelital o teléfono celular) para contactar apoyos externos si fuese necesario. De esta forma se mitiga el riesgo para las personas y se evita que un evento extremo cause daños mayores (por ejemplo, maquinaria siendo arrastrada que genere contaminación). Estas acciones se alinean con las estrategias nacionales de adaptación al cambio climático y gestión de riesgos establecidos en la Ley General de Cambio Climático y el Sistema Nacional de Protección Civil.

- **Plan de contingencias ambientales (Operación):** Además de eventos climáticos, se contará con un **Plan de Contingencia Ambiental** para incidentes como **derrames de combustible**, **incendios** en el sitio, u otros accidentes ecológicos. Este plan incluirá: equipamiento de respuesta (extintores, mantas absorbentes, pala, costales), capacitación de brigadas internas, y protocolos de notificación inmediata a autoridades. En caso de un derrame significativo, por ejemplo, el personal aplicará el plan usando barreras y absorción para contenerlo y evitar su dispersión; simultáneamente se avisará a la PROFEPA/Protección Civil según corresponda. Para incendios, todos los motores contarán con extintores a bordo y se prohibirá quemas o fogatas en el área; si un fuego inicia en vegetación cercana, la brigada interna actuará y solicitará apoyo de bomberos si excede su control. **La planificación y ejercicios de simulacro** garantizarán que la respuesta sea rápida y efectiva, minimizando cualquier impacto ambiental adverso derivado de emergencias.

En resumen, las medidas anteriores abarcan tanto la **prevención y mitigación de impactos directos** del proyecto en sus diferentes componentes ambientales, como la **prevención de riesgos y adaptación** a las condiciones cambiantes del entorno (clima, fenómenos naturales). Cada medida está respaldada en fundamentos técnico-jurídicos (p. ej. lineamientos de CONAGUA, normas oficiales mexicanas aplicables, experiencias exitosas en proyectos similares) y se considera **viable de implementar** dentro de la operación propuesta. A continuación, se evalúan los **impactos residuales** que permanecerían tras aplicar todas estas medidas y se presenta el **programa de vigilancia ambiental** para asegurar su cumplimiento.

## VI.2. Impactos residuales

Se entiende por **impactos residuales** aquellos efectos ambientales negativos que **persistirán una vez aplicadas todas las medidas de mitigación propuestas**. Es esencial identificarlos, ya que representan el impacto **final** neto del proyecto sobre el ambiente. A continuación, se describen los principales impactos residuales estimados para el proyecto y su

magnitud, considerando únicamente las medidas de mitigación que con certeza serán implementadas. Asimismo, se discuten posibles **impactos adicionales** que pudieran derivarse de la implementación de las medidas de mitigación, integrándolos a la evaluación final.

**Residual en componente suelo/geomorfología:** El **efecto residual primario** del proyecto es la alteración física del lecho del río por la extracción de hasta 57,746.92 $m^3$ anuales de materiales. Aunque esta perturbación está atenuada por la restricción volumétrica y la recuperación natural anual de sedimentos, subsistirá una modificación temporal de la morfología durante cada ciclo seco. Es decir, **durante la fase operativa** el cauce presentará huecos o depresiones donde se extrajo material (impacto al relieve), pero **cada temporada de lluvias** los sedimentos aportados volverán a llenar parcial o totalmente esas depresiones. Por lo tanto, el impacto geomorfológico residual año con año es de **magnitud moderada a baja y corto plazo**, ya que tiende a autorestaurarse. Al concluir el proyecto por completo (tras ~10 años de operación) y ejecutar la rehabilitación propuesta, se espera que el cauce **recupere en el mediano plazo su configuración original o muy similar**, quedando un impacto geomorfológico residual **mínimo** o prácticamente **nulo** en el largo plazo.

**Residual en calidad de agua:** Gracias a las medidas de control de turbidez y prevención de derrames, **no se anticipan impactos residuales significativos en la calidad del agua**. Puntualmente, durante las operaciones podría ocurrir algún incremento breve de turbidez aguas abajo. Sin embargo, estos aumentos serán episódicos y menores, disipándose rápidamente una vez cesa la actividad, por lo que **no permanecerán como daño permanente**. No se introducirá contaminación química residual en el río (al gestionarse correctamente residuos y combustible). Así, podemos considerar que el estado de la calidad hídrica regresará a sus condiciones base tras cada jornada, sin dejar un efecto remanente acumulativo.

**Residual en flora y fauna:** La pérdida de vegetación de ribera será prácticamente nula por la preservación de la franja buffer, y cualquier cobertura herbácea removida en el cauce será recolonizada naturalmente o mediante revegetación. Por ende, **no habrá pérdida permanente de cobertura vegetal**, quedando como residual solo la ausencia temporal de plantas en áreas de extracción hasta que rebroten. En cuanto a fauna, no se estima un desplazamiento permanente ni disminución poblacional residual. La fauna local podría evitar la zona de trabajo durante la operación por molestia, pero una vez finalizadas las actividades, **los animales retomarán el área**, que seguirá ofreciendo condiciones similares a las originales (especialmente tras la restauración). Un posible impacto residual positivo es que, al **reencauzar el río y extraer materiales excedentes**, se mejore el hábitat acuático al evitar anegamientos excesivos; aunque este beneficio es difícil de cuantificar, se ha sugerido que el proyecto **podría incluso generar mejoras** en la funcionalidad hidrológica que favorezcan a ciertas especies acuáticas. En síntesis, **no se prevén impactos ecológicos residuales adversos significativos**; la biota tiene alta probabilidad de recuperarse plenamente.

**Residual en aire y ruido:** Los impactos al aire (polvo, emisiones) y al ambiente sonoro son de **carácter instantáneo y local**, desapareciendo una vez cesan las actividades diarias. Con las medidas adoptadas, cualquier incremento de partículas o ruido será mínimo fuera del perímetro. No se espera entonces un impacto residual en calidad del aire ni niveles de ruido: tras finalizar el proyecto, **las condiciones atmosféricas y acústicas serán equivalentes a la línea base** pre-proyecto. Incluso durante la obra, las mediciones indican que en comunidades cercanas los cambios serán imperceptibles o dentro de normatividad, por lo que no quedará efecto residual alguno en estas componentes.

**Residual socioeconómico:** Desde la perspectiva social, no se contemplan impactos negativos residuales una vez concluido el proyecto. Algunos efectos durante la operación, como posibles molestias menores (tráfico de camiones, riesgo percibido), cesarán totalmente al terminar la extracción. Podría persistir **una mejora residual en la economía local** si se logra capacitación de trabajadores y fortalecimiento de proveedores locales durante el proyecto (impacto positivo residual). En contraparte, si ocurriera algún daño a infraestructura local (p. ej. deterioro de un camino) y no se mitigará adecuadamente, eso sí sería un residual negativo; pero el programa contempla su compensación o reparación, evitando que quede como pasivo.

**Impactos adicionales por las medidas:** Se ha considerado que algunas **medidas preventivas/mitigación conllevan pequeñas externalidades**. Por ejemplo, la humectación de caminos implicará **uso adicional de agua** (extraída posiblemente del mismo río); no obstante, el volumen utilizado para riego es muy bajo comparado al caudal y se realiza en época seca, por lo que no compromete el recurso. Otro efecto secundario es la **generación de residuos**: los filtros de aceite y aceite usado del mantenimiento de maquinaria serán residuos peligrosos por manejar, pero se gestionarán conforme a la ley (NOM-052-SEMARNAT-2005) para que no queden como contaminación residual. La revegetación, por su parte, podría introducir semillas o plántulas; sin embargo, al ser nativas, esto más bien enriquece el entorno. En conclusión, los **impactos ambientales definitivos** tras el proyecto, integrando residuales propios más aquellos por la implementación de medidas, serán **muy bajos**. Los impactos negativos habrán sido *ampliamente mitigados o compensados*, quedando principalmente **efectos temporales** durante la operación, pero sin daños permanentes. Este resultado es indicativo de que, con las medidas propuestas ejecutadas con certeza, el proyecto **no ocasionará un deterioro ambiental significativo a largo plazo**.

## VI.3. Programa de vigilancia ambiental

Para garantizar la correcta implementación de las medidas antes descritas y el cumplimiento de los compromisos ambientales, se establece un **Programa de Vigilancia Ambiental**. El objetivo general de este programa es **asegurar, mediante un sistema de seguimiento y verificación, que las acciones de mitigación y prevención se lleven a cabo en tiempo y forma**, y que efectivamente logren los resultados esperados en la protección del ambiente. Además, el programa permite detectar desviaciones o imprevistos para aplicar *medidas correctivas* oportunamente. A continuación, se presenta la estructura del programa, que abarca desde lineamientos generales hasta acciones específicas, organizado en **líneas estratégicas** y componentes operativos clave.

**Objetivo General:** Velar por el **cumplimiento cabal de las medidas de mitigación** propuestas en el Estudio de Impacto Ambiental durante todas las fases del proyecto (preparación, operación, y cierre), asegurando que se alcancen los niveles de desempeño ambiental deseados (conforme a normativa y a las condiciones base) y que se tomen acciones inmediatas ante cualquier contingencia o desviación. Esto se logrará mediante la supervisión continua, la medición de indicadores ambientales y la implementación de planes de contingencia.

**Líneas Estratégicas:** Se definen varias **líneas estratégicas de vigilancia ambiental**, entendidas como agrupaciones de impactos potenciales similares o de medidas por su tipo, para

facilitar un enfoque integral. Cada línea estratégica engloba uno o más componentes ambientales o zonas vulnerables, con el fin de atender de manera sistemática los impactos acumulativos. Las principales líneas estratégicas identificadas son:

- **Estrategia 1: Protección de la calidad del agua e integridad del cauce.** Incluye todas las medidas orientadas a prevenir contaminación hídrica, controlar la turbidez y mantener la dinámica fluvial (se relaciona con componentes agua y suelo).

- **Estrategia 2: Control de emisiones atmosféricas y sonoras.** Agrupa las acciones de mitigación de polvo, gases y ruido, para asegurar un ambiente sano en el aire y tranquilidad acústica (componente aire y ruido).

- **Estrategia 3: Conservación de ecosistemas terrestres y acuáticos.** Se enfoca en las medidas de protección de flora y fauna, restauración ecológica y mantenimiento de hábitats (componente biológico).

- **Estrategia 4: Seguridad, salud y vinculación comunitaria.** Engloba medidas socioeconómicas, de seguridad industrial, comunicación social y prevención de riesgos a comunidades, buscando mitigar impactos sociales y mejorar beneficios.

- **Estrategia 5: Prevención y respuesta a contingencias.** Reúne los planes de emergencia tanto ambientales (derrames, accidentes) como por eventos naturales (inundaciones, clima extremo), asegurando resiliencia ante lo inesperado.

Bajo estas líneas, el Programa de Vigilancia ordena las **medidas y acciones de mitigación por fase del proyecto** (preparación, operación, cierre). Para cada acción se definirán indicadores de cumplimiento (ambientales o de desempeño), frecuencias de monitoreo, responsables y procedimientos de reporte. Una matriz de planeación presenta de forma resumida la relación entre impactos potenciales, medidas adoptadas en cada fase, indicadores e instituciones responsables de la verificación.

A continuación, se detallan los componentes específicos del programa de vigilancia, estructurados conforme a los seis puntos requeridos por la autoridad:

1. **Medidas de ubicación y de diseño:** Esta sección del programa verifica que **desde el inicio del proyecto** se cumplan los criterios de localización y diseño establecidos para mitigar impactos. Incluye, entre otras acciones:
    - **Revisión de la delimitación y señalización:** Antes de iniciar obras, un supervisor ambiental confirmará en campo que las **mojoneras y letreros de límite** del proyecto estén correctamente colocados y respeten el polígono autorizado. Se levantará un acta de verificación, pues esto garantiza la correcta ubicación de las actividades.
    - **Supervisión de obras de preparación según diseño aprobado:** Se comprobará que cualquier habilitación de caminos, terraplenes u otras obras temporales respete lo proyectado en planos (ej. ubicaciones, material a utilizar) y que no invada áreas ecológicamente sensibles. Por ejemplo, antes de abrir un camino de acceso se cotejará su trazo con lo previsto para asegurar que **no cruce la franja de amortiguamiento** ni zonas fuera de permiso.

- **Verificación de elementos de diseño hidráulico:** Un especialista inspeccionará que la **configuración inicial de la extracción (taludes, pendientes)** corresponda a las medidas mitigadoras (pendiente <2%, talud 45°). Si la topografía del lecho no se adecúa a lo indicado, se requerirá ajuste inmediato antes de proseguir. Esta verificación ocurre al inicio y luego periódicamente.
- **Registro documental:** Cada medida de ubicación/diseño implementada se documentará (fotografías georreferenciadas de barreras de protección instaladas, bitácoras de nivelación de taludes, etc.). Los documentos formarán parte del expediente ambiental del proyecto, que estará disponible para inspecciones de SEMARNAT/PROFEPA.

2. **Procedimientos de construcción y operaciones:** Este componente del programa cubre la **supervisión durante la fase activa** del proyecto, tanto en las tareas de construcción/preparación como en la operación de extracción en sí. Los procedimientos clave incluyen:
   - **Checklist diario de cumplimiento ambiental:** Se desarrollará una lista de verificación que los encargados de turno llenarán cada día de operación, confirmando puntos como: humectación de caminos realizada (sí/no, hora), lonas en camiones (sí/no), sanitarios funcionando, límite de velocidad respetado, sin evidencia de derrames, etc. Esto institucionaliza las medidas de mitigación en la rutina operativa.
   - **Supervisión continua en campo:** Se contará con un **supervisor o encargado ambiental** presente durante las actividades críticas. Su función será vigilar *in situ* el cumplimiento de las medidas: por ejemplo, comprobar que antes de volcar material en camiones, estos estén cubiertos; observar que no haya trabajadores talando vegetación; asegurar que los equipos se mantienen en las zonas autorizadas, etc. Si detecta desviaciones, tiene la autoridad para **detener temporalmente la obra** y corregir.
   - **Manejo de residuos y materiales peligrosos:** Se implementarán procedimientos específicos para la disposición correcta de residuos. El supervisor revisará periódicamente el sitio de almacenamiento temporal de residuos sólidos (basura, sobrantes) y bitácoras de entrega a servicio municipal o reciclaje. En caso de residuos peligrosos (e.g. aceite usado), se exigirá evidencias de recolección por un tercero autorizado (manifiestos conforme a la **LGPGIR** y NOM-161-SEMARNAT-2011). El éxito de este procedimiento se mide en **cero disposiciones ilegales** de residuos.
   - **Control de entrada y salida de maquinaria:** Un procedimiento operativo controlará que solo ingresen al área máquinas en buen estado mecánico (se revisará emisión de humos y estado de mofles antes de permitirles operar). También, se llevará un registro de mantenimiento de cada equipo en sitio. Este control garantiza la aplicación de la medida de emisiones bajas.
   - **Informes y reuniones de seguimiento:** Semanalmente, el supervisor ambiental se reunirá con el promovente del proyecto para revisar los hallazgos de la semana (incumplimientos, incidentes, acciones tomadas) y planear mejoras. Adicionalmente, se elaborará un **Informe Periódico de Vigilancia** que recopile indicadores (ej. volumen extraído vs autorizado, número de quejas atendidas, resultados de monitoreo) y se entregará a la autoridad ambiental si así se establece en el resolutivo.

3. **Programa de monitoreo:** Es el conjunto de acciones sistemáticas de **medición de indicadores ambientales** para evaluar el desempeño de las medidas de mitigación a lo largo del tiempo. El programa de monitoreo contempla:
    - **Monitoreo de calidad de agua:** Se medirán parámetros indicadores en el río, como turbidez (NTU) y sólidos suspendidos, **aguas arriba y aguas abajo** del área de trabajo cuando se realicen dragados. La frecuencia será durante operaciones activas y después de eventos de lluvia fuerte. Los resultados se compararán contra los límites establecidos (p. ej. turbidez ≤25 NTU). Si se exceden, se investiga la causa y se refuerzan controles (por ejemplo, instalar cortinas de sedimentos adicionales). Este monitoreo confirma objetivamente si las medidas en agua funcionan.
    - **Monitoreo de aire y ruido:** Se supervisará periódicamente el nivel de percepción poli sensorial de la población respecto el material particulado PM10 en las inmediaciones y de **ruido ambiental** en dB(A) en puntos cercanos a posibles receptores (viviendas cercanas, escuela si la hay, etc.). Las mediciones de ruido se realizarán periódicamente, de día, para verificar que se mantienen por debajo de ~68 dB(A) en límites del proyecto.
    - **Monitoreo de suelos y vegetación:** Incluye inspecciones visuales post-lluvias para detectar **signos de erosión** en taludes o sedimentos fuera de lugar, a fin de repararlos. Asimismo, un biólogo evaluará anualmente la **recuperación de la vegetación** en áreas restauradas (cobertura %, altura promedio de rebrotes) comparándola contra los indicadores fijados. Este monitoreo permite ajustar las técnicas de revegetación (por ejemplo, resembrar si cierta área no se recupera como esperado).
    - **Indicadores socioeconómicos:** Aunque más cualitativos, se monitoreará el número de empleos locales generados, las quejas comunitarias registradas, los accidentes ocurridos, etc. Para cada indicador habrá una **meta** (ej. 0 quejas sin atender, 0 accidentes mayores, >50% mano de obra local) y se reportará su cumplimiento.
    - **Auditorías ambientales internas:** A mitad del proyecto y al final, se puede realizar una **auditoría** o evaluación independiente del cumplimiento ambiental, revisando documentación y condiciones en campo, para tener una visión integral del desempeño del programa de vigilancia.

4. **Planes de contingencia y respuesta de emergencia:** Este apartado del programa detalla cómo se maneja cualquier **situación de emergencia** que pudiera presentarse, minimizando daños. Los sub-planes incluyen:
    - **Plan de respuesta a contingencias ambientales:** Como ya se mencionó, para eventos como derrames de hidrocarburos, fallas catastróficas de maquinaria, incendios forestales o accidentes que impliquen riesgo ambiental, existirá un plan específico. El programa de vigilancia asignará **responsables claros** (ej. Jefe de Brigada de Derrames) y definirá pasos a seguir: contención, notificación, limpieza y restauración. Se mantendrán *drills* (simulacros) periódicos para derrame de diésel, a fin de evaluar la capacidad de respuesta del personal.
    - **Plan de emergencia hidrometeorológica:** Dado que la zona es propensa a crecidas, se tendrá un protocolo activo en temporada de lluvias. El programa de vigilancia incluirá el uso de alertas tempranas de CONAGUA; cuando los indicadores alcancen umbrales (ej. aviso de tormenta tropical próxima, o nivel del río subiendo rápidamente), se activará la evacuación. El supervisor ambiental junto

con el responsable del proyecto serán los encargados de ordenar el cese de actividades y coordinar la salida ordenada. Después del evento, antes de reanudar labores, evaluarán si hubo afectaciones (p. ej. si quedó maquinaria atrapada, verificar que no haya fugas).

- **Plan de evacuación y rutas de escape:** Se definirán y señalizarán físicamente rutas de evacuación hacia zonas seguras. El programa preverá **simulacros** con todo el personal, ajustando el plan según lecciones aprendidas. Un resultado esperado es un tiempo de evacuación inferior a 15 minutos desde la alerta hasta que todo el personal esté en lugar seguro.
- **Comunicación y coordinación externa:** El programa contemplará mantener contacto con **Protección Civil municipal** y cuerpos de emergencia locales. Números de teléfono de bomberos, ambulancias, autoridad ambiental y líderes comunitarios están listos en el plan. En caso de una emergencia mayor, el encargado ambiental del proyecto informará de inmediato a las autoridades y activará el apoyo externo necesario. Esta coordinación garantiza que la respuesta ante contingencias sea eficiente y respaldada institucionalmente.

5. **Medidas socioeconómicas:** El programa de vigilancia también abarca dar seguimiento a las acciones socioeconómicas comprometidas, asegurando que se lleven a cabo y logren su objetivo:
   - **Supervisión de contratación local y capacitación:** Se verificará periódicamente (p. ej. semestralmente) el porcentaje de trabajadores locales contratados. El encargado de contratación del proyecto emitirá reportes y el supervisor ambiental corroborará que se esté cumpliendo la meta (idealmente más del 70% del personal operativo de origen local). Asimismo, se evalúa la eficacia de las **capacitaciones ambientales** impartidas al personal mediante pequeñas evaluaciones o inspecciones: por ejemplo, se puede entrevistar al personal al azar para confirmar que conocen las prohibiciones de caza, o observar si aplican correctamente las medidas (indicando que la capacitación fue asimilada).
   - **Atención a la comunidad y quejas:** El programa de vigilancia designará a un **Enlace Comunitario** que registrará todas las interacciones con la comunidad. Cada queja recibida se documenta con fecha, datos del incidente y acciones tomadas. En reuniones mensuales internas, se revisa el estatus de cada caso para asegurarse de que ninguno quede sin resolver más de un cierto tiempo (p. ej. 2 semanas). También se mantiene un **registro de visitas** de autoridades ejidales o municipales, anotando compromisos adquiridos. Esto brinda transparencia y trazabilidad a las relaciones socioeconómicas.
   - **Verificación de cumplimiento de acuerdos y compensaciones locales:** Si se acordó, por ejemplo, arreglar un camino vecinal o dotar de agua a la comunidad, el programa establece hitos para su cumplimiento (fechas, responsables). Un auditor interno podría revisar que efectivamente se ejecuten estas acciones en el plazo comprometido. Estas medidas socioeconómicas, aunque voluntarias en algunos casos, forman parte del desempeño integral del proyecto.
   - **Monitoreo de impactos socioeconómicos:** Además de los indicadores duros (empleo, etc.), se pueden hacer encuestas anuales de percepción en la comunidad para evaluar si sienten algún impacto (positivo o negativo). El programa de vigilancia incluirá estos estudios de percepción cuyos resultados orientarán mejoras. Idealmente, la percepción comunitaria debe permanecer neutra o positiva respecto al proyecto, lo cual indicará un manejo socioeconómico exitoso.

6. **Compensación por pérdidas o daños:** Por último, el programa establece mecanismos para compensar cualquier daño no previsto o pérdidas que puedan ocurrir a pesar de las medidas:
    - **Fondo de contingencia para compensación:** El promovente reservará un fondo o garantía financiera destinada a **reparar daños ambientales o a terceros** en caso de presentarse. Por ejemplo, si una crecida relacionada con las actividades causara sedimentación en un canal de riego de un tercero, se costearán las labores de limpieza; o si pese a las precauciones se afectara una zona de cultivo adyacente, se indemnizará al propietario. El programa indica que, ante tal situación, se deberá realizar una evaluación técnica del daño y acordar con la parte afectada la compensación (ya sea económica o en acciones específicas).
    - **Compensación ecológica si aplica:** Si durante el monitoreo se detecta una afectación permanente no esperada en algún componente (por ejemplo, una disminución sostenida de algún tipo de fauna o la pérdida de algún servicio ambiental), se considerará implementar medidas de **compensación ambiental**. Esto podría ser, por ejemplo, apoyar la reforestación de otra área degradada en la cuenca, o aportar a programas de conservación de especies, de forma que se compensen los impactos residuales no mitigados. Estas medidas se diseñarían en coordinación con SEMARNAT, siguiendo los lineamientos de compensación ambiental (p. ej. reforestación 1:1 si hubiera pérdida de cobertura boscosa, cosa que no se prevé). El seguimiento del programa incluye verificar el cumplimiento de cualquier resolución al respecto.
    - **Cierre y entrega del sitio:** Al final del proyecto, se efectuará una **evaluación final ambiental** para comprobar que no quedan pasivos. De hallarse alguno, se corrige o compensa antes de la entrega final del sitio (por ejemplo, si la vegetación restaurada no alcanzó el criterio, el proyecto continuará las labores de mantenimiento hasta lograrlo, o entregará recursos a la autoridad para que continúe). Solo tras cumplir con todas las compensaciones pendientes se dará por concluido el programa de vigilancia.

En síntesis, el Programa de Vigilancia Ambiental establece una serie de pasos desde lo general a lo particular para asegurar la ejecución exitosa de las medidas de mitigación. Se inicia con lineamientos estratégicos claros y se desglosa en acciones puntuales bajo cada rubro (diseño, operación, monitoreo, contingencias, social, compensación). Con este programa, el proyecto **garantiza una supervisión proactiva y transparente**, proporcionando la certeza de que los impactos ambientales identificados serán controlados y minimizados conforme a la normatividad (NOMs, lineamientos de SEMARNAT) y a las mejores prácticas ambientales. El uso de indicadores ambientales específicos permitirá medir el grado de mitigación alcanzado en cada impacto adverso, tomando como referencia tanto el estado original de los recursos (línea base) como los criterios legales aplicables, asegurando así que el desempeño ambiental del proyecto **se mantenga dentro de estándares aceptables durante toda su vida útil**.

COPIA PARA SU CONSULTA PÚBLICA

# Capítulo VII. Pronósticos ambientales y, en su caso, evaluación de alternativas

## i. Tabla de contenido

**VII.1. PRONÓSTICOS AMBIENTALES ..... 3**

VII.1.1. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO SIN PROYECTO ..... 3
VII.1.2. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CON PROYECTO ..... 4
VII.1.3. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CONSIDERANDO LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN ..... 8
VII.1.4 PRONÓSTICO AMBIENTAL DE LA REGIÓN DE ESTUDIO ..... 11

**VII.2. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS ..... 14**

**VII.3. CONCLUSIONES ..... 17**

## ii. Tabla de ilustraciones

### ii.1. Tabla de gráficos

**GRÁFICO VII.1**. RADAR COMPARATIVO DE IMPACTOS AMBIENTALES CON Y SIN PROYECTO. ..... 13
**GRÁFICO VII.3**. INFOGRAFÍA INTEGRADA DE PRONÓSTICOS AMBIENTALES, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS Y CONCLUSIONES. ..... 20

COPIA PARA SU CONSULTA PÚBLICA

# VII.1. Pronósticos ambientales

## VII.1.1. Descripción y análisis del escenario sin proyecto

En el escenario **sin la ejecución del proyecto**, la región de estudio continuaría su evolución basada en las tendencias ambientales actuales, sin la intervención propuesta. En el caso del río San Pedro, se mantendría la problemática sedimentaria existente: la acumulación natural y no regulada de sedimentos en el cauce principal seguiría reduciendo progresivamente su **capacidad hidráulica**, generando **riesgos ambientales críticos** ya identificados en el diagnóstico. Estos riesgos incluyen, por un lado, el **incremento de las inundaciones** en las tierras agrícolas ribereñas durante eventos hidrometeorológicos extremos (p.ej. tormentas intensas), lo cual continuaría afectando cultivos y provocando pérdidas agrícolas periódicas. Por otro lado, la continua colmatación (sedimentación excesiva) del cauce conllevaría la **degradación progresiva de los hábitats acuáticos**, reduciendo la profundidad y la calidad de las aguas, afectando a peces y otras especies acuáticas que dependen de un lecho fluvial dinámico. En ausencia del proyecto, estos procesos de azolvamiento y pérdida de capacidad del río se agravarían con el tiempo, rompiendo potencialmente el equilibrio natural del sistema fluvial.

Adicionalmente, sin el proyecto es previsible la **continuidad de actividades antrópicas informales o ilegales** que ya afectan la región. Actualmente se ha documentado que existen extracciones clandestinas de material pétreo en varios puntos aguas arriba y abajo del área de estudio, realizadas sin control ni criterios técnicos, lo que genera alteraciones antrópicas acumulativas en la dinámica fluvial. En un escenario sin proyecto, estas prácticas podrían **mantenerse o incluso intensificarse**, dada la demanda regional de agregados pétreos, ocasionando **degradación continua de la vegetación** ribereña y de los cauces por la falta de restauración tras las extracciones. Esto implicaría que la vegetación pionera y de ribera seguiría sufriendo remociones no controladas, y los suelos expuestos serían propensos a erosión. Asimismo, la ausencia de una gestión integral del río permitiría un **aumento de los azolvamientos** (acumulación de sedimentos) en el cauce, exacerbando la reducción de su sección hidráulica y elevando el riesgo de desbordamientos e inundaciones en áreas aledañas. El **impacto social** también sería adverso: la persistencia de inundaciones severas podría traducirse en pérdidas económicas recurrentes por daños a los cultivos y propiedades ribereñas, afectando la seguridad alimentaria local y la economía agrícola. Igualmente, la extracción clandestina sin controles ambientales continuaría generando **impactos negativos no mitigados** (como turbidez en el agua, ruido, o destrucción de hábitat) y **sin compensación** para la comunidad o el ecosistema.

Desde una perspectiva más amplia, el escenario sin proyecto incorporaría además las **tendencias de cambio climático y de uso de suelo existentes** en la región costera y la cuenca. Se espera que el **cambio climático** incremente la frecuencia e intensidad de eventos meteorológicos extremos (tormentas torrenciales, huracanes) en el Pacífico mexicano, lo cual en ausencia de intervenciones podría intensificar la erosión de cuencas arriba, aportando **mayores caudales pico y cargas de sedimento** al río San Pedro. Esto agravaría el ciclo de colmatación del cauce y las inundaciones. Asimismo, el ascenso gradual del nivel del mar proyectado a lo largo de las próximas décadas podría empezar a influir en la zona costera baja de la cuenca (e.g. zona de marismas en la desembocadura del río San Pedro), causando mayor **intrusión salina** tierra adentro y pérdida de humedales costeros. Sin medidas adaptativas, es posible que para finales de siglo partes de los humedales costeros se inunden permanentemente,

alterando la dinámica hidrológica río-mar. También las tendencias socioeconómicas actuales (por ejemplo, crecimiento poblacional, expansión agrícola o ganadera en la región) podrían ejercer **presiones adicionales sobre el ambiente**: más tierras ribereñas destinadas a cultivo podrían significar menor vegetación natural reteniendo suelos, aumentando la escorrentía y aportes sedimentarios al río; de igual forma, mayores extracciones de agua para riego reducirían caudales ecológicos, afectando la capacidad del río de transportar sedimentos al mar. En resumen, **sin el proyecto la región enfrentaría un futuro donde las dinámicas naturales continúan degradándose**: un río cada vez más somero y propenso a desbordarse, humedales costeros amenazados por el cambio climático, y un uso de recursos sin ordenamiento que conlleva pérdida paulatina de servicios ambientales (protección contra inundaciones, pesca, recarga de acuíferos, etc.). Este escenario representa la **tendencia inercial** de deterioro ambiental, en el cual no se introducen intervenciones para corregir o mitigar dichos problemas.

### VII.1.2. Descripción y análisis del escenario con proyecto

En el escenario **con la realización del proyecto (sin considerar aún medidas de mitigación)**, se superpone al escenario tendencial anterior el efecto de las **acciones e impactos directos** derivados de la preparación y operación del "Banco de extracción de materiales pétreos El Chalán". Es decir, se evalúa cómo cambiaría el sistema ambiental regional al introducir la ejecución del proyecto tal cual está planteado, agregando sus **impactos ambientales relevantes (severos o críticos)** sobre la línea base regional.

**Sin medidas de mitigación**, la implementación del proyecto implicaría primeramente **impactos directos sobre el ecosistema ribereño local**. Durante la etapa de preparación y operación, se requerirá remover vegetación y modificar el lecho en las áreas de extracción dentro del cauce. En total se calcula la remoción de aproximadamente *1.04 hectáreas* (10,423 m²) de **vegetación pionera no protegida** en los bancos de material seleccionados. Esta pérdida de cobertura vegetal, aunque se trate de comunidades pioneras de baja madurez ecológica, conlleva la eliminación de hábitats terrestres de ribera de manera temporal, incluyendo refugio y sitios de anidación para fauna menor (anfibios, reptiles, aves locales) asociada a la vegetación del cauce. También se verá alterado el hábitat bentónico y acuático en las zonas de extracción: la remoción de sedimentos y gravas del lecho fluvial **destruye hábitats** localizados (por ejemplo, zonas de desove de peces bentónicos, refugios entre gravas para invertebrados) en el polígono de aprovechamiento. Adicionalmente, la actividad de maquinaria pesada (retroexcavadoras, camiones de acarreo) generará **ruido y vibraciones** en el área, lo cual puede **ahuyentar la fauna silvestre** de los alrededores durante la fase de obras. Especies faunísticas sensibles (aves ribereñas, mamíferos pequeños) podrían desplazarse temporalmente fuera de la zona debido a la perturbación acústica y de movimiento.

Un impacto significativo sin las medidas de control sería el aumento de la **turbidez en la columna de agua** del río durante las extracciones. El dragado o excavación remueve sedimentos finos que quedan suspendidos, incrementando la concentración de sólidos en el agua. *De no implementarse barreras ni buenas prácticas*, esta turbidez elevada puede dispersarse río abajo, afectando la calidad del agua y los organismos acuáticos. Estudios indican que la alta turbidez por suspensión de sedimentos **interfiere en ciclos biológicos de peces**, por ejemplo afectando su alimentación (al reducir la visibilidad y tapar branquias) y alterando sus ciclos reproductivos, además de que la vibración y ruido asociados a la extracción pueden **desalojar** a peces y otras especies acuáticas de sus áreas habituales. Esto implicaría una posible **reducción**

**en las poblaciones locales de peces** y macroinvertebrados en el corto plazo, con repercusiones en la cadena alimenticia (afectando a aves piscívoras, por ejemplo) y en las actividades de pesca ribereña que pudieran existir aguas abajo. Asimismo, sin las medidas adecuadas, podría ocurrir una **afectación a la calidad del agua** por liberación de partículas y posibles contaminantes atrapados en los sedimentos (nutrientes, materia orgánica, o incluso sustancias tóxicas si las hubiera en el fondo), lo que impactaría la vida acuática e incluso el uso humano del agua río abajo. Por ejemplo, al dragar sedimentos anóxicos, se pueden liberar compuestos como sulfuros o metales pesados acumulados; sin control, estos contaminantes podrían incorporarse a la biota acuática, representando riesgos para la salud del ecosistema y de las personas que consuman peces contaminados.

Otro impacto importante del proyecto sin mitigación sería la **alteración geomorfológica** del cauce. La extracción de materiales en el lecho puede modificar la **dinámica natural del río** al cambiar la sección transversal y pendiente local. Si no se diseña cuidadosamente, podría provocar erosión aguas arriba (retroceso de la corriente para rellenar el vacío dejado) o erosión de las riberas adyacentes por cambios en la velocidad del flujo. Estudios en proyectos de dragado señalan que la remoción de sedimentos sin criterio puede desencadenar **cambios en la dirección y velocidad de la corriente**, potencialmente **provocando inundaciones o sequías río arriba o río abajo** inesperadas, y alterando el patrón natural de transporte sedimentario. En este caso particular, si no se respetara el balance sedimentario, la extracción podría *sobrepasar* la tasa de carga de sedimentos del río San Pedro, generando un **déficit de sedimentos** aguas abajo. Esto podría traducirse en una erosión compensatoria en otros tramos (el río socavando su lecho para recuperar sedimento) o en una menor aportación de sedimentos hacia la zona costera de marismas y estuarios. Consecuentemente, **humedales costeros y manglares** asociados a la desembocadura podrían experimentar, a largo plazo, una falta de sedimentos necesarios para contrarrestar la subsidencia y el aumento del nivel del mar, volviéndose más vulnerables a la erosión costera. Sin embargo, cabe aclarar que el proyecto plantea en su diseño límites de extracción precisamente para evitar este efecto (no extraer más del ~15% del aporte sedimentario anual natural) – pero en este **escenario sin medidas** asumimos que tales límites no se respetan estrictamente, por lo que el riesgo geomorfológico sería real.

En términos sociales y económicos, el escenario con proyecto (sin mitigación) tendría *efectos mixtos*. Por una parte, se generarían **beneficios socioeconómicos**: se crearían empleos durante la construcción y operación (empleo local en las labores de extracción, transporte, vigilancia, etc.), y habría una derrama económica indirecta en servicios locales (proveedores, transportistas, alimentos para trabajadores, etc.). Además, la extracción de material pétreo proveería insumos para la industria de la construcción regional, contribuyendo al desarrollo de infraestructura local. Sin embargo, estos beneficios podrían verse **contrarrestados por algunos impactos negativos** sin mitigar: por ejemplo, el tránsito constante de camiones de carga por vías locales aumentaría el **nivel de polvo y ruido** en comunidades cercanas, afectando la calidad de vida de los habitantes (molestias por ruido nocturno, posible deterioro de caminos locales sin pavimentar, mayor riesgo de accidentes viales con maquinaria). También podría haber **conflictos sociales** si algunas comunidades perciben la extracción como una actividad que beneficia a un sector (construcción) a costa de potenciales daños ambientales (pérdida de pescas ribereñas, riesgo de inundaciones si algo saliera mal, etc.), especialmente si no se comunican adecuadamente las acciones del proyecto.

Finalmente, es necesario considerar cómo este escenario con proyecto interactuaría con el **cambio climático y las condiciones futuras** de la zona litoral. El proyecto está localizado

tierra adentro en el cauce de un río, pero forma parte del sistema ambiental que incluye la zona costera (humedales de Marismas Nacionales en la desembocadura del río San Pedro, a decenas de kilómetros aguas abajo). Los **escenarios de cambio climático** global sugieren que la región enfrentará un **ascenso del nivel medio del mar** a lo largo del siglo XXI, junto con posibles cambios en los patrones de tormentas. Se han identificado tres escenarios climáticos de *elevación del nivel del mar* que corresponden a distintas trayectorias de emisiones de gases de efecto invernadero y derretimiento polar, que deberán considerarse para evaluar el futuro ambiental regional con el proyecto:

- **Escenario optimista (bajas emisiones, derretimiento bajo):** Corresponde a un mundo que logra limitar significativamente las emisiones de GEI en las próximas décadas. Bajo este escenario, el **aumento del nivel medio del mar** sería relativamente bajo y lento. Las proyecciones globales del IPCC AR6 señalan que, con reducciones drásticas de emisiones (escenario muy bajo SSP1-1.9/RCP2.6), el nivel del mar podría elevarse en promedio **~0.3 metros (30 cm) para el año 2100**. Un incremento de esta magnitud, aunque inevitable, permitiría que los ecosistemas costeros locales (playas, marismas, manglares) se adapten de forma más paulatina. En la zona litoral del Pacífico nayarita, un alza de ~30 cm podría resultar en cierta **erosión costera** y penetración de mareas un poco más tierra adentro, pero gran parte de los humedales podrían migrar o acumular sedimentos al mismo ritmo, manteniendo buena parte de sus funciones. Para el proyecto, este escenario optimista implicaría que **los impactos climáticos añadidos son menores**: la intrusión salina río arriba sería mínima, quizás imperceptible en el sitio del proyecto; y aunque la región experimentaría eventos de lluvia intensos, el proyecto mismo (que tiene una vida útil ~10 años) no afrontaría condiciones muy diferentes a las actuales en cuanto a régimen hidrológico. No obstante, incluso en este escenario, se prevé un **ligero incremento en la frecuencia de inundaciones costeras** durante mareas altas o tormentas, por lo que la planificación regional deberá incorporar medidas de adaptación, aunque menos urgentes que en otros escenarios.

- **Escenario intermedio (emisiones moderadas, derretimiento medio):** Corresponde a una trayectoria de desarrollo donde las emisiones globales alcanzan un pico y luego decrecen lentamente a niveles intermedios. En este caso, el **nivel del mar podría aumentar en el orden de ~0.5 a 1 metro hacia finales de siglo (2100)**. Muchos pronósticos nacionales y regionales consideran un **ascenso ~1 m como escenario medio** para 2100. Un aumento de ~1 metro tendría consecuencias notables en la zona litoral: estudios de modelación en costas mexicanas estiman que un **ascenso de 1 m inundaría aproximadamente 580,000 hectáreas de humedales costeros y planicies bajas** hacia 2100, afectando a más de **120 mil personas** en asentamientos costeros vulnerables. En Nayarit, áreas de manglar y marisma cercanas al estuario del San Pedro podrían sufrir inundación permanente o salinización, con la pérdida de servicios ambientales asociada (protección contra tormentas, pesca, filtración de agua). Para la región de estudio, este escenario significaría **mayores pérdidas de ecosistemas costeros** y quizás la necesidad de reubicar infraestructura o poblaciones costeras en la segunda mitad del siglo. El proyecto en sí, localizado río arriba no sería afectado directamente por la subida del mar durante su periodo operativo; sin embargo, en la escala regional habría impactos indirectos: por ejemplo, la **reducción o desplazamiento de manglares** podría disminuir la captura natural de carbono y la protección costera, haciendo a las comunidades más dependientes de infraestructuras de protección. Asimismo, con un nivel del mar más alto, la cuña salina podría penetrar más río arriba durante mareas altas o estiajes, quizás

alterando la calidad de agua en tramos bajos del río (aunque difícilmente hasta la ubicación del proyecto, que está bastante tierra adentro). Adicionalmente, un escenario intermedio implica un clima más cálido con **eventos extremos más frecuentes** (sequías y lluvias intensas); esto demandaría que el proyecto y la región se adapten, por ejemplo, manejando el río con mayor flexibilidad para crecidas (que el proyecto ya contempla al suspender operaciones por crecientes).

- **Escenario pesimista (emisiones altas, derretimiento acelerado):** Este corresponde a la hipótesis de desarrollo actual sin grandes esfuerzos de mitigación climática, con un agravamiento del derretimiento de glaciares y capas polares. Diversos estudios advierten que en un escenario de **altas emisiones (RCP8.5/SSP5) el nivel del mar podría aumentar hasta cerca de 1 metro o más para 2100**, e incluso algunos escenarios extremos consideran subidas de **hasta ~2 metros** si se desencadenan retroalimentaciones en las capas de hielo. De hecho, científicos han modelado que *un incremento de 2 m* inundaría más de **800,000 hectáreas** de zonas costeras bajas en México, afectando potencialmente a **unas 440 mil personas** y poniendo en riesgo amplias áreas agrícolas, pesqueras y ganaderas en las costas. Bajo este escenario, la **zona litoral adyacente estaría gravemente amenazada**: manglares, esteros, lagunas costeras y playas podrían desaparecer o retroceder significativamente al no tener espacio ni sedimento suficiente para mantenerse ante la rápida subida del mar. La intrusión salina contaminaría acuíferos costeros y podría llegar mucho más río arriba, alterando ecosistemas de agua dulce. Las **pérdidas económicas y ambientales** serían muy altas debido a la disminución drástica de servicios ecosistémicos (protección contra tormentas, captura pesquera, turismo ecológico en humedales). Para la región del río San Pedro, un mar 1-2 m más alto hacia fin de siglo podría significar que las partes más bajas de la cuenca (por ejemplo, la zona de marismas cerca de la desembocadura) se conviertan en bahías abiertas o mar interior, transformando completamente el paisaje. En cuanto al proyecto, si bien su horizonte directo es a corto-mediano plazo, en un contexto pesimista de cambio climático se requerirían **medidas adaptativas robustas**: por ejemplo, a futuro habría que elevar o reubicar infraestructuras costeras, y posiblemente el plan de manejo del río debería integrar soluciones basadas en la naturaleza (restauración de humedales, reforestación ribereña) para reforzar la resiliencia frente a eventos extremos más severos. En síntesis, el escenario pesimista proyecta **cambios ambientales críticos a nivel regional**, con los cuales el proyecto tendría que lidiar en términos de asegurar que sus beneficios (p.ej. control de inundaciones locales) no queden rebasados por las tendencias globales (p.ej. inundaciones costeras mayores).

En resumen, el escenario **con proyecto (sin mitigación)** transforma el sistema ambiental de dos maneras: (1) mediante los **impactos directos locales** en el río San Pedro y sus riberas (pérdida de vegetación pionera, alteración de hábitats acuáticos, ruido, turbidez, cambios geomorfológicos locales, etc.), algunos de los cuales son negativos y severos sin control; y (2) a través de la interacción con las **tendencias globales** (especialmente el cambio climático y sus efectos en la zona costera), las cuales pueden amplificar ciertos riesgos regionales (inundaciones, erosión costera) aunque no son causadas por el proyecto. Este apartado evidencia que, sin aplicar las medidas de prevención y mitigación, el proyecto podría generar **impactos ambientales críticos en el corto plazo** (por ejemplo, afectación de la biota acuática y la estabilidad del cauce) que se suman a un panorama futuro ya desafiante por el cambio climático. En la siguiente sección se analizará cómo estos impactos pueden ser manejados y compensados

mediante las medidas de mitigación propuestas, cambiando así el pronóstico ambiental hacia un escenario más favorable.

### VII.1.3. Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de mitigación

En este apartado se considera el **escenario con el proyecto incorporando todas las medidas de mitigación** propuestas, así como las medidas de compensación por los impactos residuales. Es decir, se analiza cómo sería el futuro ambiental de la región si el proyecto se ejecuta aplicando eficazmente las acciones de prevención, mitigación y compensación planteadas, y cómo estas medidas **mejoran o modifican** las condiciones del escenario con proyecto descrito previamente. El objetivo es destacar las **mejoras potenciales** en la región de estudio gracias a la correcta implementación de dichas medidas.

Para el proyecto "El Chalán" se han diseñado múltiples **medidas de mitigación** integrales, enfocadas tanto en la reducción de impactos durante la operación como en la restauración posterior del sitio y la compensación de efectos inevitables. *Aplicando estas medidas*, el escenario resultante muestra diferencias sustanciales frente al caso sin mitigación:

- **Protección y restauración de la vegetación ribereña:** Una de las medidas clave es el establecimiento de **franjas de amortiguamiento de 10 m de ancho** a lo largo de la ribera, donde no se intervendrá la vegetación riparia permanente. Estas franjas funcionan como zonas protectoras que **preservan las funciones ecológicas esenciales** del río, manteniendo corredores de hábitat continuos y evitando la erosión directa de las orillas. Asimismo, después de concluir la extracción en cada banco, se implementará un programa de **revegetación y rehabilitación ecológica** de las áreas intervenidas. Dado que la vegetación original es de tipo pionero y de regeneración relativamente rápida, se estima que, con las acciones de restauración activa (siembra de especies nativas de rápido crecimiento, fertilización orgánica, control de especies invasoras), la cobertura vegetal puede **recuperarse hasta un ~80% en un lapso de 18 meses** posteriores a la intervención. Esto significa que la pérdida de vegetación sería **temporal** y que en pocos años el cauce retomaría una condición similar o incluso mejor en términos de cobertura vegetal que la línea base. La restauración incluirá la creación de áreas verdes multifuncionales: por ejemplo, se reforestarán las riberas con especies nativas (como sauces *Salix* spp. y otras riparias) para estabilizar el suelo y proveer sombra al río, lo que beneficia la temperatura del agua y la fauna acuática. También se contempla un programa de **rescate y reubicación de flora y fauna** antes de las obras: cualquier ejemplar de fauna que se encuentre (tortugas de río, aves anidando, etc.) será capturado y trasladado a zonas seguras río arriba; de igual forma, se colectarán semillas o plántulas de las especies vegetales pioneras predominantes para utilizarlas luego en la revegetación, conservando así el banco genético local.

- **Manejo morfológico y prevención de erosión:** El proyecto ha integrado en su diseño constructivo medidas ingenieriles para **minimizar alteraciones geomorfológicas**. Por ejemplo, al extraer materiales se **darán pendientes estable**s a los taludes resultantes (perfiles de talud de *45°*) en las orillas de los bancos explotados, lo cual reduce la erosión lateral potencial en aproximadamente un **40% comparado con taludes abruptos sin**

**intervenir**. Esto significa que las orillas post-extracción tendrán una inclinación moderada que el propio río puede recubrir con sedimentos finos y vegetación rápidamente, evitando desmoronamientos súbitos. Además, el volumen y ritmo de extracción anual están ajustados para **no exceder el equilibrio morfodinámico**: se extraerán **menos del 15% de la recarga sedimentaria anual del río**, asegurando que la cantidad de sedimento removido no supere lo que el río naturalmente transporta cada año. De esta manera, se **mantiene el balance sedimentario** y no se generan déficits que pudieran causar erosión río abajo. El cauce, tras las extracciones, tenderá a reconfigurarse de forma controlada: en temporadas de avenidas, el río depositará nuevos sedimentos en los huecos dejados, acelerando la *reconstitución natural* del lecho. El proyecto actuará así casi como una "remoción controlada" similar a eventos naturales (crecidas) que movilizan sedimento, pero con la diferencia de que esta remoción está técnicamente planificada para evitar daños. Los estudios técnicos previos validaron que la **dinámica fluvial del San Pedro tiene alta capacidad de autocorrección**, y con la extracción regulada se **replican eventos naturales de remoción de sedimentos** que históricamente mantenían la salud del cauce. En esencia, con mitigaciones el proyecto *corrige* paulatinamente alteraciones acumuladas (como los bancos excesivos de sedimento formados por décadas de colmatación e intervenciones clandestinas), restaurando una **sección hidráulica más óptima** para el río. Esto redunda en menores riesgos de desborde: se proyecta que, tras la extracción y conformación de cauce, la capacidad del río aumente lo suficiente para **disminuir la frecuencia y magnitud de inundaciones en las parcelas agrícolas adyacentes** durante eventos extremos. Así, un beneficio claro de las medidas es la **mejor gestión de riesgos hidrológicos regionales**.

- **Control de la calidad del agua y protección de la vida acuática:** Con las medidas de mitigación, los impactos sobre el medio acuático se reducen notablemente. Se implementarán **cortinas de sedimentos o turbiedad** cuando sea necesario (por ejemplo, si se usan dragas o durante extracciones en el agua) para evitar que los sedimentos en suspensión se dispersen aguas abajo. Estas barreras físicas (p. ej. barreras flotantes con faldón geotextil) retienen los sólidos suspendidos dentro del área de trabajo, permitiendo que el agua que sale del polígono de extracción **cumpla con los límites máximos permisibles de turbidez** de la normatividad ambiental. Con ello, se protege la calidad del agua para la biota acuática y para los usos humanos río abajo (agricultura, consumo ganadero, etc.). Adicionalmente, el plan de manejo ambiental incluye **horarios y épocas de trabajo restringidas**: las actividades de extracción en el cauce se realizarán preferentemente en época de estiaje (cuando el caudal es bajo) para minimizar la interferencia con temporadas reproductivas de peces (muchas especies desovan en temporada de lluvias) y reducir la turbidez en momentos críticos. También se evitarán trabajos nocturnos que pudieran desorientar a fauna acuática (muchos peces y anfibios tienen comportamientos nocturnos). Estas medidas temporales, junto con un **monitoreo periódico de la calidad del agua** (medición de sólidos suspendidos, turbidez, oxígeno disuelto), aseguran que el **ecosistema acuático se vea mínimamente perturbado**. De hecho, gracias a la implementación cuidadosa, se espera que las comunidades acuáticas se recuperen rápidamente post-extracción; incluso se planea la **creación de microhábitats acuáticos mejorados** durante la rehabilitación: por ejemplo, se depositarán en ciertas áreas del cauce rocas grandes (roqueríos) que sirvan como **sustratos de desove para peces** y refugio para macroinvertebrados, lo cual podría incrementar la **diversidad bentónica hasta en un 25%** por encima de la situación actual. Esto es un efecto positivo neto: al finalizar el proyecto, el río podría sostener una comunidad

acuática más diversa y saludable que la original, al haberse controlado la colmatación y añadido elementos estructurales beneficiosos (piedras, refugios) en el lecho.

- **Medidas preventivas ante eventos extremos y adaptación climática:** Un componente crucial de la mitigación es la adopción del **principio precautorio** en la operación. El proyecto contará con protocolos para **suspender automáticamente las actividades si el caudal del río supera 40 m³/s**, que corresponde aproximadamente al 90% del umbral de inundación definido para esa sección. Esta medida garantiza que durante crecientes o eventos hidrológicos extremos, no haya maquinaria ni trabajos que puedan agravar la situación (por ejemplo, evitando que una inundación disperse materiales o cause un accidente). Asimismo, se hará **monitoreo morfológico periódico** (topografías post-crecida) para detectar cualquier cambio inesperado en el cauce y responder a tiempo. De esta forma, el proyecto se adapta dinámicamente a las condiciones cambiantes del río, incorporando consideraciones de eventos que podrían intensificarse con el cambio climático. Otras medidas de adaptación incluidas son: diseño de accesos y rampas fuera de zonas inundables (respetando la llanura de inundación de recurrencia 100 años), y mantenimiento de diques naturales. En suma, con estas acciones el proyecto **no interfiere con los procesos hidrológicos naturales críticos**; por el contrario, respeta los pulsos del río y evita operar en condiciones que pudieran ser peligrosas, protegiendo tanto al ambiente como a la infraestructura.

- **Compensación de impactos residuales:** A pesar de todas las medidas anteriores, algunos impactos residuales (aquellos que no se pueden eliminar del todo) serán **compensados** para asegurar que no haya pérdidas netas en la región. Por ejemplo, aunque la vegetación pionera se recuperará en su mayor parte, cualquier *pérdida residual* de cobertura vegetal podrá ser compensada mediante **reforestación en áreas equivalentes o mayores** en la cuenca baja del San Pedro, enfocándose en sitios degradados fuera del polígono, pero ecológicamente relacionados (por ejemplo, plantaciones de mangle o vegetación ribereña en las orillas de marismas si corresponde, o apoyo a la restauración dentro de la Reserva de Marismas Nacionales cercana). Así se mejora la conectividad ecológica regional. Si se identifica algún impacto residual en fauna (por ejemplo, perturbación a aves acuáticas durante la obra), se instrumentarán medidas compensatorias como **programas de conservación** (vigilancia y control de caza furtiva en la zona durante el proyecto, apoyando a autoridades ambientales) o incluso la creación de hábitats alternativos (p. ej. instalación de plataformas de anidación artificial para aves ribereñas si fuera necesario). Para impactos socioeconómicos residuales, como el posible deterioro de caminos locales por el tráfico de camiones, el promovente se comprometerá a **rehabilitar y mejorar** esas vialidades al término del proyecto, dejándolas en mejor estado que al inicio, y a establecer acuerdos comunitarios (por ejemplo, horarios de transporte que eviten horas pico en las comunidades). Otro aspecto de compensación es en materia de **educación ambiental**: el proyecto implementará talleres y capacitación dirigidos a la población local y trabajadores sobre la importancia de la cuenca, las funciones de los humedales y prácticas sustentables, fomentando así una mayor conciencia y participación comunitaria en la vigilancia ambiental. Estas acciones compensatorias apuntan a dejar un **legado positivo** más allá de la vida del proyecto, equilibrando cualquier efecto negativo que persista.

En síntesis, el **escenario con proyecto y con sus medidas de mitigación** muestra un pronóstico ambiental significativamente más **favorable** que el escenario con proyecto sin

mitigación. Los impactos adversos quedan *reducidos* a niveles mayormente **moderados o menores**, e incluso algunos se revierten en **efectos positivos netos**: por ejemplo, el control de sedimentación mejora el régimen del río y la seguridad hídrica local; la restauración ecológica y los hábitats añadidos incrementan la biodiversidad local; la suspensión de operaciones en crecientes mantiene intactos los procesos naturales del río. La región en estudio, bajo este escenario, podría experimentar **mejoras medibles** en ciertos indicadores ambientales: menor área bajo riesgo de inundación, mayor calidad de agua en el río, mantenimiento de corredores biológicos ribereños, etc. Todo ello sin sacrificar el aprovechamiento sostenible del recurso pétreo, logrando un **balance positivo entre desarrollo ecológicamente ordenado y conservación**. En resumen, con las medidas de mitigación y compensación implementadas a cabalidad, el proyecto se integraría armoniosamente al sistema ambiental regional, potenciando su resiliencia frente a cambios futuros (incluyendo los climáticos) y minimizando la huella ecológica a largo plazo.

### VII.1.4 Pronóstico ambiental de la región de estudio

Tras analizar los tres escenarios anteriores (sin proyecto, con proyecto sin mitigación, y con proyecto con mitigación), es posible delinear un **pronóstico ambiental integral** para la región de estudio. Este pronóstico considera las tendencias futuras bajo la alternativa que efectivamente se espera llevar a cabo – es decir, asumiendo que el proyecto se realizará *incorporando las medidas de mitigación propuestas*. Así, se proyecta cómo evolucionará el sistema ambiental regional en el mediano y largo plazo con la presencia del proyecto en operación, comparándolo con la evolución que tendría sin el mismo.

Bajo la implementación del proyecto con sus mitigaciones, el **pronóstico ambiental es mayormente positivo** en comparación al escenario sin proyecto. En el mediano plazo (próximos 5–10 años), se anticipa una **mejoría en la funcionalidad del río San Pedro**: la extracción controlada de sedimentos habrá incrementado la sección hidráulica del cauce en tramos críticos, lo que resultará en una **disminución de la incidencia de inundaciones** dañinas en tierras agrícolas colindantes. Los agricultores locales podrían experimentar menos pérdidas por anegamiento de cultivos durante temporadas de lluvias intensas, gracias a que el río recuperaría parte de su capacidad de conducción. Al mismo tiempo, el cauce presentará una **morfología más equilibrada**; lejos de los extremos de colmatación severa o erosión descontrolada, el lecho tenderá a una configuración dinámica pero estable, con bancos de arena y grava dentro de rangos naturales. El monitoreo continuo y las eventuales correcciones adaptativas asegurarán que no se desarrollen problemas geomorfológicos imprevistos. De hecho, el éxito de este manejo podría servir como **modelo de gestión fluvial** en la región, demostrando cómo la intervención humana planificada puede coexistir con los procesos naturales en beneficio mutuo.

En cuanto a la **calidad ecológica** del río, se pronostica una **conservación e incluso mejora de la biodiversidad local**. Las medidas de restauración y creación de microhábitats habrán dado fruto: en las áreas antes degradadas por sedimentación ahora existirán nuevos espacios para la fauna acuática (p. ej. pozas más profundas, sustrato rocoso añadido). Se espera registrar un aumento en la abundancia de macroinvertebrados bentónicos (indicadores de salud acuática) y de ciertas especies de peces nativas que se favorecen con corrientes más limpias y fondos menos azolvados. La vegetación riparia, al ser protegida y complementada con reforestación, habrá **recuperado su continuidad**, proporcionando sombra, hojarasca y áreas de refugio que enriquecen la cadena trófica acuática. En suma, el río podría mostrar signos de

**recuperación ecológica**, revirtiendo tendencias de degradación que traía históricamente. Esto se traduciría en la preservación de servicios ambientales clave: agua más limpia, retención natural de sedimentos, polinización y control biológico en las riberas, entre otros.

A nivel regional, el pronóstico con proyecto-mitigado indica que la **resiliencia ambiental de la zona costera y la cuenca baja será mayor** que sin el proyecto. Aunque el cambio climático continuará su curso (por ejemplo, elevando gradualmente el nivel del mar y generando eventos climáticos extremos), la presencia del proyecto habrá aportado ciertas **mejoras adaptativas**: por ejemplo, al mantener el cauce del San Pedro más despejado, se facilita el **flujo de agua hacia los humedales costeros** en temporadas de avenidas, lo cual ayuda a esos humedales a recibir sedimento y nutrientes necesarios para contrarrestar parcialmente la subida del mar. En otras palabras, un cauce con más capacidad puede trasladar crecidas extraordinarias hasta la desembocadura de forma más eficiente, depositando sedimentos en las marismas (en lugar de desbordar antes y dejarlos tierra adentro inútilmente). Esto podría contribuir a que los **manglares y marismas de Marismas Nacionales** acumulen lodo y arena, elevando su superficie y mitigando los efectos de la intrusión marina. Asimismo, la reducción de inundaciones catastróficas en áreas productivas aumentará la **seguridad alimentaria y económica** de las comunidades locales, haciéndolas más capaces de afrontar otros impactos (por ejemplo, si las cosechas no se pierden por inundación, los campesinos tienen más recursos para adaptarse a sequías u otras amenazas climáticas). Cabe señalar que, si bien el proyecto no influye directamente en la tasa de cambio climático, **sí fortalece la capacidad adaptativa local** al mejorar la gestión hídrica y conservar ecosistemas que brindan protección natural (los bosques ribereños restaurados actúan como cinturones verdes contra crecidas, filtrando agua y reteniendo suelo).

En el largo plazo (2050 en adelante), el pronóstico ambiental dependerá en buena medida de **cómo evolucione el contexto climático global y las políticas de la región**. Si se concretan los escenarios optimistas de emisiones, la región podría experimentar cambios graduales a los cuales los ecosistemas manejados podrían adaptarse sin mayores sobresaltos. En cambio, si predomina el escenario pesimista de aceleración del nivel del mar (~1 m o más hacia 2100), incluso con el proyecto implementado la zona costera enfrentará **retos serios**: inundación permanente de las partes más bajas, salinización de suelos y acuíferos costeros, etc. En tal caso, el pronóstico ambiental indicaría la necesidad de **acciones adicionales de adaptación** más allá del alcance del presente proyecto (por ejemplo, proyectos complementarios de reubicación de diques naturales, restauración masiva de manglares tierra adentro, construcción de infraestructura de protección en comunidades costeras). No obstante, gracias a la experiencia adquirida con el proyecto, las instituciones locales contarían con datos y capacidades técnicas para emprender estas acciones: el monitoreo ambiental establecido podría prolongarse en el tiempo, sirviendo para detectar variaciones en el régimen del río y las marismas debidas al cambio climático, y ajustando las estrategias adaptativas en consecuencia.

En conclusión, el **pronóstico ambiental de la región con el proyecto mitigado** es **significativamente más favorable** que el escenario tendencial sin intervención. El proyecto actuaría como un factor de **mejora ambiental regional**, al reducir riesgos (inundaciones, erosión) y revitalizar procesos ecológicos en el río, en contraste con la continuidad del deterioro que se proyectaba sin el proyecto. Así, la región de estudio se perfila hacia un futuro donde el **desarrollo y la conservación logran un balance**, incrementando la sustentabilidad del uso de recursos naturales. Cabe recalcar que este pronóstico positivo depende de la implementación estricta de las medidas de mitigación y de un seguimiento ambiental de largo plazo; es decir, **solo se materializará plenamente si se mantiene el compromiso de manejo responsable**

más allá de la vida inmediata del proyecto. Manteniendo ese compromiso, la región estará mejor preparada para enfrentar los desafíos ambientales venideros, desde eventos climáticos extremos hasta presiones antrópicas, con un ecosistema fluvial-coastal más sano y manejado de forma integral.

***Representación gráfica***

Según la metodología de Conesa, la evaluación de impacto ambiental compara la situación del medio ambiente "con y sin intervención" de la actividad propuesta. Los impactos sobre indicadores clave (agua, suelo, aire, paisaje, fauna y entorno social) pueden valorarse según criterios como magnitud y duración. Un gráfico comparativo (por ejemplo, un diagrama de radar) permite visualizar para cada indicador los valores pronosticados con proyecto versus sin proyecto, destacando efectos positivos o negativos y su persistencia esperada. En el eje radial se incluyeron los indicadores ambientales mencionados, trazando una serie poligonal para el escenario "con proyecto" y otra para "sin proyecto", usando colores contrastantes. Cada punto refleja la magnitud del impacto (tamaño de área). El gráfico resultante facilita ver de un vistazo cuáles aspectos mejorarían (p.ej. menor riesgo de inundaciones) o empeorarían (p.ej. remoción temporal de vegetación) en cada escenario.

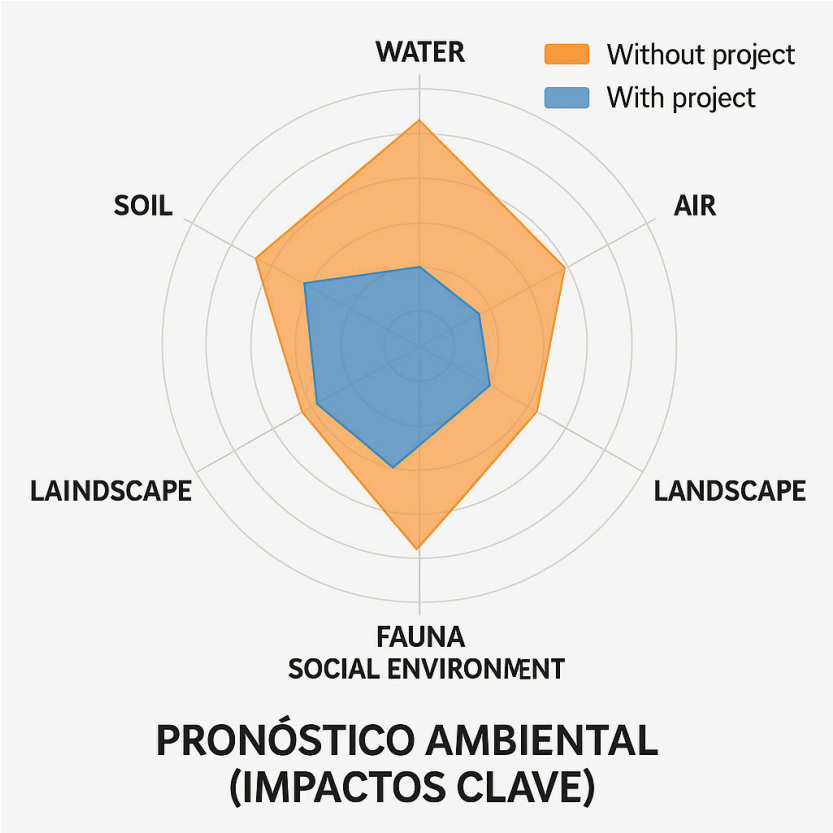



**Gráfico VII.1**. Radar comparativo de impactos ambientales con y sin proyecto.

Nota: El gráfico radar comparativo de indicadores ambientales con proyecto (azul) y sin proyecto (naranja) – cada vértice corresponde a un indicador (agua, suelo, aire, paisaje, fauna, entorno social). La magnitud de impacto y su duración pueden representarse mediante el área encerrada por cada polígono y el trazado de sus puntos. Esta visualización, basada en la comparación "con/sin proyecto" de Conesa, destaca de forma clara las diferencias de impacto neto en cada indicador.

## VII.2. Evaluación de alternativas

Como parte del análisis, se llevó a cabo una **evaluación de alternativas** para el proyecto, considerando diferentes opciones de ubicación, tecnologías, escala y enfoque, así como estrategias de compensación, con el fin de seleccionar la alternativa óptima desde puntos de vista ambiental, técnico, económico y social (evaluación multicriterio). A continuación, se presentan las principales alternativas consideradas y los criterios de selección empleados por el promovente:

- **a) Alternativa de ubicación:** Se examinó la posibilidad de situar el banco de extracción en otros sitios alternativos a lo largo del río San Pedro o en diferentes cuerpos de agua de la región. Sin embargo, con base en análisis de prefactibilidad, **no se identificaron sitios alternos viables dentro del cauce** que ofrecieran las mismas ventajas que la ubicación propuesta. El sitio seleccionado se encuentra en un tramo del río con características favorables: **alta disponibilidad de material de buena calidad**, baja sensibilidad ecológica (78% de su superficie sin cobertura vegetal significativa, solo vegetación pionera dispersa), ausencia de fauna protegida en la microzona, y distancia prudente (>2 km) de humedales sensibles. Alternativas ubicadas más río arriba fueron descartadas porque presentaban mayor cobertura boscosa riparia (lo que implicaría mayor impacto ambiental) y un acceso más difícil, y sitios más río abajo se acercaban a zonas inundables o a la Reserva de Marismas Nacionales, aumentando riesgos ecológicos. Asimismo, se consideró la opción de obtener materiales pétreos de **fuentes terrestres (bancos de material en tierra firme)** en lugar de en el cauce fluvial; no obstante, esa alternativa habría implicado excavar en cerros o terrenos boscosos, generando deforestación y otros impactos posiblemente mayores que trabajar en el cauce (que naturalmente acumula sedimento). Por tanto, la **alternativa de no realizar el proyecto en el río** y suplir la demanda de agregados con bancos terrestres fue considerada no deseable desde el punto de vista ambiental. Finalmente, la comparación clave se hizo entre la **ubicación propuesta vs. la opción de no intervenir ningún sitio** ("escenario sin proyecto"). En ese análisis, el sitio propuesto mostró beneficios importantes: mitigaría problemas existentes (azolve, inundaciones) y crearía empleos, mientras que no intervenir dejaría que la degradación del río continuara e incluso empeorara por la extracción ilegal sin control. En síntesis, la **ubicación elegida** demostró ser la alternativa óptima por **minimizar impactos ecosistémicos** y maximizar efectividad, en comparación con otras ubicaciones o la inacción.

- **b) Alternativa de tecnología/proceso:** Se evaluaron distintos métodos para llevar a cabo la extracción de materiales pétreos. Las opciones incluyeron: **dragado hidráulico** (succión con bomba) vs. **extracción mecánica en seco** (uso de retroexcavadoras durante estiaje), así como el uso de **maquinaria pesada especializada** vs. métodos semimanuales. La alternativa seleccionada fue realizar la mayor parte de la extracción **en seco, durante la época de bajo caudal**, utilizando retroexcavadoras y cargadores sobre neumáticos, ya que esto permite un control más preciso de la operación y genera menos turbidez que un dragado en agua. El dragado hidráulico continuo fue descartado por su mayor impacto en turbidez y la dificultad de contener sedimentos en suspensión en corriente activa. Asimismo, se consideró inviable la extracción manual o con equipo menor (pala, baldes) debido al **volumen requerido (~57,746 m³)** y al horizonte temporal

limitado del proyecto; métodos manuales habrían sido demasiado lentos y peligrosos para los trabajadores, además de económicamente poco viables. Se optó entonces por **maquinaria moderna de bajo impacto**, con motores certificados en emisiones (NOM-047) y utilizando diésel de ultra bajo azufre para reducir contaminantes atmosféricos. También se decidió no instalar una planta de trituración o cribado permanente en el sitio (las operaciones de cribado se harán con equipo móvil de forma intermitente), con tal de **minimizar el tiempo de residencia de maquinaria** y evitar ruidos continuos. En cuanto al transporte, se analizaron rutas y tipos de camiones: la alternativa elegida fue utilizar **camiones de carga de 7 y 14 m³** que optimizan la cantidad de viajes necesarios, reduciendo la intensidad de tráfico. Rutas alternas que atravesaban zonas pobladas fueron descartadas en favor de un camino existente de terracería de 1.3 km que conecta directamente con la carretera, evitando abrir nuevos caminos. En resumen, tecnológicamente se seleccionó la combinación de método y equipo que **minimiza los impactos** (turbidez controlada, menos ruido, sin nuevas vías) al mismo tiempo que asegura la eficiencia operativa.

- **c) Alternativa de escala o reducción de la superficie/volumen:** Se analizó la posibilidad de realizar el proyecto en **menor escala**, reduciendo la superficie a explotar o el volumen de material extraído, para disminuir aún más los impactos. Por ejemplo, se consideró limitar la extracción a solo 1–2 bancos de los 3 identificados o extraer un volumen menor al autorizado. Sin embargo, una reducción excesiva comprometería los **objetivos clave del proyecto**. El volumen propuesto (~57 mil m³ en 10 años) fue determinado para *aliviar adecuadamente el azolve* en el cauce principal y proveer material suficiente para ser económicamente viable. Extraer menos podría dejar el problema sedimentario parcialmente resuelto, manteniendo riesgos de inundación, y además podría hacer no rentable la inversión en maquinaria y permisos. No obstante, sí se ajustó la configuración espacial: en lugar de un solo gran tajo continuo, se **fragmentó la zona de extracción en tres bancos separados** dentro del cauce. Esta estrategia de dividir en bancos alternos con superficie total acotada (aprox. 10, 8 y 6 mil m² cada uno) permite **espacios intermedios sin perturbar**, facilitando que la fauna se desplace a áreas no intervenidas contiguas durante las operaciones y que la recuperación vegetal se dé por parches. Por tanto, la escala final elegida es un **compromiso óptimo**: lo suficientemente grande para lograr los beneficios hidrológicos y económicos (remoción significativa de sedimento) pero lo bastante acotada para no exceder la *capacidad de carga* ambiental del río en cada periodo. Adicionalmente, se decidió **escalar temporalmente** la extracción – no se explotarán todos los bancos simultáneamente, sino secuencialmente, uno por año, lo que reduce la huella activa en cada momento y facilita la regeneración sucesiva. Esto se puede interpretar como una reducción efectiva de la superficie en operación en un instante dado.

- **d) Alternativas de diseño y características del proyecto:** Bajo este rubro se contemplaron cambios en las **dimensiones, cantidad y distribución de obras** para optimizar el desempeño ambiental. Se evaluó, por ejemplo, la profundidad máxima de extracción: la alternativa final estableció no profundizar más allá de cierto nivel (manteniendo un lecho uniforme post-extracción) para evitar pozas muy profundas que pudieran alterar la temperatura del agua o atrapar peces. También se consideró la configuración de taludes: inicialmente se propuso talud 34° (1:1.5), pero luego de análisis de estabilidad y erosión, se **adoptó talud 45°** (1:1) como mejor alternativa, pese a remover ligeramente más material, porque brinda mayor estabilidad y seguridad. En cuanto a la **cantidad de**

**obras de infraestructura auxiliar**, se minimizó deliberadamente: por ejemplo, se decidió **no construir campamentos permanentes** ni oficinas fijas en el sitio; en su lugar, se usará un pequeño módulo portátil y los trabajadores serán transportados diariamente desde la localidad cercana, evitando instalaciones innecesarias. Asimismo, para el **almacenamiento temporal** de materiales se eligieron sitios elevados naturales en la margen (terrazas altas) en vez de tener que terraplenar nuevas áreas. En la planeación operativa, se compararon dos estrategias: extraer todo en jornadas intensivas en pocos años vs. extraer de forma repartida en más años; se optó por una **duración más prolongada (10 años)** con ritmo moderado de aprovechamiento, para dar tiempo a que el ambiente asimile gradualmente los cambios y permitir la **supervisión adaptativa** (ajustar el plan si se detectan impactos no previstos). En síntesis, cada característica del proyecto (desde las dimensiones de bancos hasta la logística de obras) fue afinada para **reducir la huella ambiental** y distribuir los impactos en el tiempo y espacio, en contraposición a alternativas más intrusivas o concentradas que fueron descartadas.

- **e) Alternativas de compensación de impactos residuales:** Finalmente, se evaluaron diferentes opciones para **compensar los impactos significativos inevitables** que el proyecto generará, de modo de equilibrar la balanza ambiental. Por ejemplo, para la pérdida de vegetación pionera (aunque temporal), se consideraron varias alternativas de compensación: reforestar en sitio al concluir (lo cual ya es parte de mitigación), *y además* hacer reforestación fuera de sitio en un área equivalente en la cuenca baja. Esta última alternativa– específicamente, propone al órgano ambiental la reforestación de una zona de humedal degradado cercana (afuera del polígono), sembrando mangle dulce u otras especies nativas, de forma que se **compense con creces cualquier pérdida neta de biomasa vegetal**. En cuanto a la fauna, una posible afectación residual es el estrés o desplazamiento temporal de fauna ribereña; se barajaron alternativas como aportar recursos a un programa de conservación de especies regional (p.ej. programa de protección de cocodrilo o jaguarundi si hubiese en la zona) vs. implementar un plan propio de protección local. Dado que en la región de influencia directa no hay especies endémicas o amenazadas críticas, se decidió como compensación **apoyar y fortalecer programas existentes en el ámbito regional**: por ejemplo, colaborar con la Reserva de Marismas Nacionales en sus esfuerzos de vigilancia o educación ambiental, mediante convenios de apoyo económico o técnico. Esto se consideró más efectivo que lanzar un programa aislado, ya que aprovecha estructuras ya establecidas para lograr beneficios tangibles a la fauna regional. Otra compensación considerada es en el ámbito social: se evaluó cómo compensar las posibles **molestias a la comunidad** (ruido, polvo, tránsito). Una alternativa fue **establecer un fondo comunitario** gestionado en conjunto con las autoridades locales, alimentado por un porcentaje de las ventas de material extraído, de modo que esos recursos financien proyectos prioritarios elegidos por la comunidad (puede ser infraestructura, becas, actividades productivas sustentables, etc.). La alternativa seleccionada en cambio fue invertir en obra pública local (mejoras a una escuela, centro de salud, etc.) como “pago” a la comunidad por las molestias. En resumen, las medidas de compensación definidas buscan *resarcir* cualquier daño persistente de manera **equivalente o superior**, y fueron elegidas tras considerar qué opciones brindarían **beneficios ambientales duraderos** y fortalecimiento institucional/ecosistémico en la región.

**Criterios de selección:** La alternativa del proyecto finalmente elegida (ubicación actual, tecnología mecánica en seco, escala de 3 bancos en 10 años, diseño con mitigaciones

integradas, y compensaciones asociadas) se eligió con base en **múltiples criterios**. En la evaluación multicriterio se ponderaron: **criterios ambientales** (minimización de afectación a ecosistemas sensibles, protección de especies, mantenimiento de procesos ecológicos), **criterios técnicos** (factibilidad de extracción, calidad y cantidad de material disponible, seguridad operativa), **criterios económicos** (viabilidad financiera, costo de medidas, rentabilidad), y **criterios sociales** (aceptación social, generación de empleo local, contribución a desarrollo comunitario). La alternativa seleccionada resultó ser la que **optimiza el balance** entre estos factores:

- Presenta **bajo impacto ambiental residual** en comparación con otras (al no tocar áreas protegidas ni vegetación de alto valor, y al incluir amplias mitigaciones).
- Es **técnicamente viable** y eficiente, aprovechando un sitio con accesibilidad y recurso suficiente sin requerir obras complejas.
- Es **económicamente razonable**, permitiendo un aprovechamiento rentable a la vez que se invierte en protección ambiental (cuyos costos fueron incorporados y son asumibles).
- Es **socialmente benéfica**, al evitar afectar asentamientos y al mismo tiempo proveer empleos y compensaciones a la comunidad.

Frente a la alternativa de no hacer el proyecto, la opción elegida destaca porque **soluciona problemas preexistentes** (reduce inundaciones y colmatación) en lugar de perpetuarlos. Frente a posibles ubicaciones o métodos alternos, la alternativa elegida **reduce significativamente los impactos** (menos deforestación que un banco terrestre, menos turbidez que dragado, etc.) al tiempo que **cumple con los objetivos del proyecto**. En conclusión, la alternativa presentada en esta MIA fue cuidadosamente seleccionada por el promovente tras analizar las posibles opciones bajo múltiples criterios, concluyendo que es la alternativa que **mejor concilia el desarrollo del proyecto con la protección ambiental y el bienestar social** en la región.

## VII.3. Conclusiones

En este capítulo se realizó una autoevaluación integral del proyecto, considerando los escenarios futuros con y sin el proyecto, así como la eficacia de las medidas de mitigación y las opciones alternativas analizadas. A manera de síntesis, se presenta a continuación un **balance impacto-desarrollo** que discute los beneficios potenciales del proyecto y su influencia en los procesos naturales de los ecosistemas locales y vecinos:

Del análisis se desprende que el proyecto, **bien implementado con todas sus medidas de mitigación**, puede generar **beneficios ambientales y socioeconómicos significativos para la región**, superando en varios aspectos los impactos negativos residuales. En términos de **desarrollo**, el proyecto aportará materia prima esencial (arena y grava) para la industria de la construcción local y regional, posibilitando obras de infraestructura (caminos, vivienda, etc.) que a su vez detonan progreso social y económico. Además, la ejecución del proyecto implica **inversión en la localidad** y creación de empleos directos e indirectos durante una década, dinamizando la economía municipal de Ruíz, Tuxpan y Rosamorada, Nayarit. Estos beneficios de desarrollo se combinan con la **resolución de una problemática ambiental**: la intervención planificada en el río San Pedro servirá como una medida de gestión de cuenca que **reduce el riesgo de desastres naturales** (inundaciones) y mejora la capacidad hidráulica para beneficio

de las actividades agrícolas y asentamientos humanos circundantes. En esencia, el proyecto funge tanto como un proyecto productivo *como* una acción de manejo ambiental, alineando objetivos de desarrollo (uso sostenible de un recurso mineral) con objetivos de **prevención de riesgos y rehabilitación ecológica** en el cauce.

Por otro lado, es innegable que el proyecto conlleva **impactos ambientales sobre los procesos naturales** de los ecosistemas presentes. Se va a intervenir un tramo de río, alterando temporalmente la dinámica fluvial y eliminando vegetación y hábitats en el área de extracción. Sin embargo, gracias a las estrategias de mitigación, estos impactos han sido acotados a un nivel manejable: la extracción se diseñó para *imitar* en lo posible la dinámica natural (removiendo solo el excedente de sedimento que el río por sí mismo transportaría), de modo que la **función hidráulica y sedimentológica** del río se mantenga. Los procesos ecológicos clave – como el **flujo de nutrientes**, la **conectividad del hábitat** a lo largo del río, y la **regeneración natural de la vegetación** – se verán afectados solo de forma transitoria y local, recuperándose en poco tiempo tras cada etapa del proyecto. De hecho, algunas funciones podrían verse **mejoradas**: por ejemplo, la diversificación del hábitat acuático con rocas y pozas puede intensificar procesos ecológicos beneficiosos (mayor reciclaje de nutrientes por biodiversidad incrementada, control natural de poblaciones de mosquitos por presencia de más depredadores acuáticos, etc.). En cuanto a los ecosistemas aledaños (marismas, manglares costeros), el proyecto prácticamente **no interfiere** en sus procesos naturales, al ubicarse río arriba y operar bajo límites que evitan alterar la descarga sedimentaria hacia la costa. Se tuvo especial cuidado en mantener una distancia suficiente y no introducir contaminantes que pudieran fluir aguas abajo. Así, los **procesos naturales de los humedales y esteros costeros** (filtración de agua, crianza de juveniles de peces, protección costera) no deberían resentir impacto; por el contrario, al mitigarse el azolve, es esperable que las marismas sigan recibiendo aportes sedimentarios regulares, lo cual es crucial para su sostenimiento frente al incremento del nivel del mar.

El **balance general impacto-desarrollo** del proyecto, por tanto, se inclina hacia la **viabilidad sustentable**, siempre y cuando se cumplan las condiciones establecidas. Los beneficios – en control de inundaciones, reactivación económica, disponibilidad de materiales, y mejora ambiental del cauce – son concretos y cuantificables, mientras que los impactos negativos han sido reducidos a niveles asumibles y serán compensados. En términos de desarrollo sostenible, el proyecto demuestra cómo una actividad extractiva puede planearse con una visión **integral de cuenca**, contribuyendo tanto al crecimiento económico como al **mejoramiento ambiental**. Esto es especialmente importante en contextos de cambio climático: el proyecto incrementa la resiliencia local (menos vulnerabilidad a inundaciones) y refuerza la capacidad de la comunidad y autoridades para manejar sus recursos naturales de forma adaptativa.

Finalmente, es importante destacar la **importancia del seguimiento y la responsabilidad compartida**. Para que este balance positivo se materialice, el promovente y las autoridades deberán asegurarse de implementar rigurosamente el **Programa de Monitoreo Ambiental** comprometido, verificando el cumplimiento de límites (ruido, turbidez, descargas) y el éxito de la restauración ecológica. La participación de la comunidad también será clave, pues los habitantes locales actuarán como vigilantes naturales reportando cualquier anomalía y aprovechando las oportunidades (empleo, fondo comunitario) que el proyecto brinda. Con esta colaboración tripartita (promovente-comunidad-autoridad), se consolidará el enfoque de **mejora continua**: cualquier impacto no previsto podrá ser detectado y corregido, y las medidas podrán ajustarse para maximizar beneficios ambientales.

En conclusión, el proyecto representa, tras su autoevaluación integral, una intervención con **balance favorable**: sus **beneficios** en reducción de riesgos hidrológicos y aporte al desarrollo regional **superan sus impactos ambientales negativos residuales**, los cuales han sido minimizados y serán compensados. Lejos de significar una agresión al entorno, el proyecto – ejecutado bajo los lineamientos propuestos – se convierte en un agente de **rehabilitación ambiental** del río San Pedro y un ejemplo de aprovechamiento racional de los recursos naturales. Su importancia radica en que **modificará ciertos procesos naturales** (principalmente la dinámica sedimentaria local) pero de manera **controlada y dirigida hacia la restauración**, más que hacia la degradación. De este modo, se espera que, al término del proyecto, la región en estudio **presente mejoras ambientales palpables** (un río en mejor equilibrio, ecosistemas ribereños saludables) al mismo tiempo que habrá disfrutado de los beneficios socioeconómicos del desarrollo, demostrando en los hechos la viabilidad del **desarrollo sustentable** en el manejo de recursos naturales.

***Esquema de síntesis: impactos y mitigaciones esperados***

Como conclusión visual se presenta una infografía que integra los impactos identificados, las medidas de mitigación propuestas y los resultados esperados tras su aplicación. Esta infografía se estructura en tres bloques: (1) Impactos clave: por ejemplo, remoción de ~10 423 m² de vegetación ribereña y reducción de riesgo de inundaciones al retirar sedimentos; (2) Medidas de mitigación: resaltando las principales acciones (monitoreo antes y después de la extracción, señalización perimetral, control de polvo/ruido por riego de caminos y silenciadores, restauración pasiva de márgenes) para minimizar los impactos negativos; (3) Resultados esperados: evidencia de beneficios como la recolonización natural de la vegetación en 2–3 estaciones lluviosas y la restitución geomorfológica del cauce por dinámica hidrosedimentaria. En la infografía se destacan íconos (agua, planta, fauna, comunidad) y flechas o diagramas que relacionan cada impacto con su medida de mitigación asociada y su efecto pos-proyecto. Por ejemplo, la infografía señala que la medida de restauración pasiva garantiza la autorreparación del cauce (redistribución natural de sedimentos en crecientes) sin costos adicionales. En conjunto, este esquema sintetiza gráficamente la valoración de impactos y las estrategias de prevención previstas, enfatizando que, con las medidas adecuadas, el proyecto optimizará recursos y minimizará los riesgos ambientales negativos.




**Gráfico VII.2**. Infografía integrada de pronósticos ambientales, evaluación de alternativas y conclusiones.

Nota: Esquema resumen de los impactos ambientales principales, las medidas de mitigación correspondientes y los resultados esperados. Incluye iconos representativos (agua, suelo, fauna, sociedad) y flechas que vinculan cada impacto con su respectiva estrategia de control y el beneficio tras implementar la medida (por ejemplo, reforestación natural, reducida turbidez, menor riesgo de inundación).

# Capítulo VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental

## i. Tabla de contenido

**VIII.1. FORMATOS DE PRESENTACIÓN ..... 3**

VIII.1.1. PLANOS DEFINITIVOS ..... 3
VIII.1.2. CARTOGRAFÍA ..... 3
VIII.1.3. FOTOGRAFÍA. ..... 4
VIII.1.4. VIDEO. ..... 4
VIII.1.4. LISTAS DE FLORA Y FAUNA ..... 4

**VIII.2. OTROS ANEXOS ..... 4**

**VIII.3. GLOSARIO DE TÉRMINOS ..... 5**

**VIII.4. REFERENCIAS ..... 8**

COPIA PARA SU CONSULTA PÚBLICA

# VIII.1. Formatos de presentación

Se entrega ejemplar impreso de la manifestación de impacto ambiental, asimismo todo el estudio se presenta grabado en USB, incluyendo imágenes, planos, mapas y toda la información necesaria durante la elaboración del estudio. El documento es presentado en formato Word y respaldado en formato PDF.

## VIII.1.1. Planos definitivos

Los planos definitivos del proyecto se presentan en forma de anexo en el impreso de la manifestación de impacto ambiental y en formato digital mediante medio USB; conteniendo: el título, el número o clave de identificación, los nombres y firmas de quien lo elaboró, de quien lo revisó y de quien lo autorizó, la fecha de elaboración, la nomenclatura y simbología aplicadas, coordenadas geográficas, la escala y orientación, a una escala que permite apreciar los detalles del proyecto.

Listado de planos elaborados con motivo del proyecto:

1. Plano de planta de conjunto de los bancos de sedimentos con ortofoto.
2. Plano de planta de conjunto de los bancos de sedimentos.
3. Perfil longitudinal del banco de sedimentos 03 (polígono 1).
4. Secciones transversales del banco de sedimentos 03 (polígono 1).
5. Perfil longitudinal del banco de sedimentos 02 (polígono 2).
6. Secciones transversales del banco de sedimentos 02 (polígono 2) (parte 1).
7. Secciones transversales del banco de sedimentos 02 (polígono 2) (parte 2).
8. Secciones transversales del banco de sedimentos 02 (polígono 2) (parte 3).
9. Secciones transversales del banco de sedimentos 02 (polígono 2) (parte 4).
10. Perfil longitudinal del banco de sedimentos 01 (polígono 3).
11. Secciones transversales del banco de sedimentos 01 (polígono 3).
12. Cálculo de volúmenes de extracción.

## VIII.1.2. Cartografía

La caracterización y análisis del área de estudio se fundamentó en la integración de información geográfica georreferenciada mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG), empleando el software QGIS 3.40 con base en los siguientes insumos:

- **Cartografía base:** Cartas topográficas F13C18, F13C19, F13A89 del INEGI, escala 1:50,000, proyección UTM Zona 13N, datum ITRF2008 (EPSG:6368).
- **Imágenes satelitales:** Escena Google Earth (fecha: 01-ene-2024) y ortofotografía digital actualizada (26/04/2025, resolución 10 cm/píxel), utilizadas para delimitación de usos de suelo y vegetación riparia.
- **Mapas temáticos:** Integración de capas edafológicas, hidrológicas y de unidades de paisaje, conforme a Priego et al. (2008).
- **Coordenadas del polígono del área de influencia:** Se incorporaron las 261 coordenadas UTM (X, Y) de los vértices del polígono de 5.18 km² (véase Tabla IV.2 y Láminas II.2 a II.5).

- **Límites de análisis:** Se utilizaron búferes radiales (100, 250, 500, y 1,000 m) desde los bancos de extracción, para estimar la dispersión potencial de impactos en componentes físicos y biológicos.

Todos los mapas cuentan con título, escala gráfica y numérica, simbología, orientación y metadatos de elaboración, conforme a los lineamientos de la SEMARNAT.

### VIII.1.3. Fotografía.

Se integró un anexo fotográfico con tomas representativas del sitio del proyecto, identificando bancos de sedimentos, vegetación riparia, condiciones hidromorfológicas, zonas de amortiguamiento y puntos de acceso. Cada fotografía se numeró consecutivamente e incluye:

- Descripción breve del elemento visual destacado.
- Coordenadas geográficas del punto de toma.
- Dirección cardinal de la vista.
- Relación con el mapa base (croquis de ubicación de tomas).

El conjunto de imágenes respalda visualmente el diagnóstico ambiental previo a la ejecución del proyecto.

### VIII.1.4. Video.

En el caso particular del **proyecto**, no se contempla la integración de videos como parte del anexo técnico de la **MIA-P**. Esta decisión se fundamenta en que la información visual requerida para sustentar la caracterización del sitio, el análisis del sistema ambiental y la identificación de impactos ha sido debidamente cubierta mediante cartografía temática, imágenes satelitales, planos georreferenciados y un anexo fotográfico detallado con ubicación, descripción y orientación de las tomas. Por lo tanto, la incorporación de material videográfico no se considera necesaria ni aporta información adicional sustancial para los fines de evaluación establecidos por la autoridad ambiental.

### VIII.1.4. Listas de flora y fauna

Las listas de flora y fauna se encuentran incluidas en el capítulo IV del estudio; incluyen nombre científico, nombre común que se emplea en la región de estudio, aprovechamiento que se le da en la localidad y estatus de conservación.

## VIII.2. Otros anexos

Se incluye la siguiente documentación al presente estudio.

- Credencial de elector INE del promovente.
- Constancia de situación fiscal del promovente.
- CURP del representante legal.

## VIII.3. Glosario de términos

**Aprovechamiento aluvial**: Extracción de materiales pétreos (arena, grava, limo) depositados en el cauce de un río por procesos naturales de sedimentación.

**Área de influencia**: Zona espacial dentro de la cual se manifiestan los efectos ambientales, directos o indirectos, derivados del desarrollo del proyecto, y que puede dividirse en área de influencia directa (AID) e indirecta (AII).

**Azolve**: Acumulación excesiva de sedimentos en el lecho de un río o cuerpo de agua, que disminuye su capacidad hidráulica y puede causar desbordamientos o pérdida de funcionalidad.

**Banco de extracción**: Sitio autorizado dentro del cauce para la remoción sistemática y controlada de materiales pétreos, conforme a una autorización de la CONAGUA.

**Caudal ecológico**: Flujo mínimo de agua requerido para mantener las funciones ecológicas de un río o ecosistema acuático, permitiendo la supervivencia de su biota.

**Cauce federal**: Cuerpo de agua propiedad de la Nación cuyo control y administración corresponde a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), conforme a la Ley de Aguas Nacionales.

**Cortina de sedimentos**: Barrera física instalada en los perímetros de una obra para evitar la dispersión de partículas suspendidas hacia el cauce durante actividades de excavación o dragado.

**Cuenca hidrográfica**: Unidad territorial delimitada por una divisoria topográfica donde confluyen aguas superficiales hacia un cauce principal, influyendo directamente en su régimen hídrico y sedimentológico.

**Dinámica fluvial**: Conjunto de procesos físicos relacionados con el transporte de agua y sedimentos dentro de un sistema fluvial, incluyendo erosión, transporte y deposición.

**Dragado**: Técnica de remoción de sedimentos del fondo de un río o cuerpo de agua, que puede ser mecánico o hidráulico. En este proyecto se prevé dragado superficial ocasional.

**Especies pioneras**: Plantas de rápido crecimiento y baja especialización que colonizan suelos perturbados o inestables, como las márgenes fluviales, iniciando procesos de sucesión ecológica.

**Evaluación de impacto ambiental (EIA)**: Procedimiento técnico-administrativo que permite identificar, prever y valorar los efectos ambientales de un proyecto antes de su ejecución.

**Faja federal**: Zona de protección legal que se extiende a ambos lados del cauce de un río, delimitada por la Ley de Aguas Nacionales, donde se restringen ciertos usos para proteger la integridad del cuerpo de agua.

**Geomalla**: Malla de material geosintético utilizada para controlar la erosión, estabilizar suelos o delimitar zonas de trabajo, especialmente en márgenes de ríos.

**Impacto ambiental**: Modificación positiva o negativa en uno o varios componentes del medio ambiente provocada por una acción humana.

**Impacto residual**: Aquel efecto ambiental que permanece aún después de aplicar las medidas de mitigación previstas en el proyecto.

**Material pétreo**: Sólido mineral (grava, arena, tepetate, etc.) susceptible de ser extraído del medio físico para fines de construcción o ingeniería civil.

**Monitoreo ambiental**: Conjunto sistemático de actividades de medición y observación de variables ambientales para verificar el cumplimiento de normas y la eficacia de medidas preventivas.

**Nivel máximo ordinario (NMO)**: Nivel más alto que alcanzan las aguas de un cauce de forma regular durante eventos hidrológicos estacionales.

**Permiso de extracción**: Autorización emitida por la CONAGUA que permite la remoción de materiales del cauce de un río federal bajo condiciones técnicas y ambientales definidas.

**Plan de manejo ambiental**: Instrumento de planeación técnica que organiza, programa y describe las medidas de prevención, mitigación y compensación para minimizar los impactos ambientales del proyecto.

**Polígono de intervención**: Área geográfica exacta en la que se realizarán las actividades del proyecto, delimitada con coordenadas UTM y registrada ante la autoridad ambiental.

**Proyección cartográfica**: Sistema matemático que permite representar la superficie curva de la Tierra sobre un plano, indispensable para la georreferenciación de mapas y planos.

**Revegetación**: Proceso de recuperación de la cobertura vegetal en áreas perturbadas, mediante técnicas como la siembra directa, hidrosiembra o plantación de especies nativas.

**Ribera**: Franja de terreno adyacente al cauce, que puede presentar vegetación característica y funciones ecológicas relevantes como retención de sedimentos y hábitat de fauna.

**SIG (Sistema de Información Geográfica)**: Conjunto de herramientas informáticas que permiten capturar, almacenar, analizar y visualizar información espacial georreferenciada para el análisis ambiental y territorial.

**Talud**: Inclinación de un plano de terreno, particularmente en las márgenes del río o en los cortes generados por la extracción de material; su estabilidad es clave para evitar erosión o deslizamientos.

**Turbidez**: Grado de opacidad del agua causado por partículas en suspensión, expresado generalmente en Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT); afecta la calidad del agua para la vida acuática.

**UTM (Universal Transverse Mercator)**: Sistema de coordenadas cartográficas métricas que permite localizar con precisión cualquier punto sobre la superficie terrestre, comúnmente usado en proyectos ambientales y topográficos.

## VIII.4. Referencias

**Aparicio Mijares, F. J. (1992)**. *Fundamentos de hidrología de superficie*. Grupo Noriega Editores.

**Árbol, C.** (2024). *Ríos y montañas en riesgo: Una mirada crítica a la extracción de materiales pétreos en México*. Ciudad de México: Fundación Heinrich Böll, e.V.

**Arreguín Cortés, F. I., & López Pérez, M. (Coords.).** (2015). *Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático*. Toluca, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

**Arriaga, M.V. 1994**. Manual de reforestación con especies nativas. Instituto Nacional de Ecología, SEDESOL. 1ª. Edición. UNAM. México D.F. 219 p.

**Berlanga, H., V. Rodríguez-Contreras, A. Oliveras de Ita, M. Escobar, L. Rodríguez, L. Vieyra**. 2008 Red de Conocimientos sobre las Aves de México (AVESMX). CONABIO, 2008. En: http//avesmx.conabio.gob.mx, última consulta: 11 de julio de 2025.

**Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).** (2018). *Atlas del Agua en México 2018*. Ciudad de México: CONAGUA.

**Conesa Fernández-Vitoria, V. (2011)**. *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

**FAO.** (1994). Erosión de suelos en América Latina. Santiago de Chile: FAO.

**GBIF.org.** (2025) GBIF Occurrence Download, consultado el 5 de junio de 2025 en https://doi.org/10.15468/dl.vstskp

**Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).** (2005). *Guía para la interpretación de la cartografía: Topografía*. INEGI.

**Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).** (2021). *Guía para la interpretación de la cartografía: Uso del suelo y vegetación* (Serie VII, escala 1:250 000). INEGI.

**Lara, A., Laterra, P., Manson, R., & Barrantes, G. (Eds.).** (2013). *Servicios ecosistémicos hídricos: Estudios de caso en América Latina y el Caribe*. Valdivia, Chile: Red ProAgua, CYTED.

**Loc-Barragán, J. A., Smith, G. R., Woolrich-Piña, G. A., & Lemos-Espinal, J. A.** (2024). An updated checklist of the amphibians and reptiles of Nayarit, Mexico with conservation status and comparison with adjoining States. Herpetozoa, 37, 25-42.

**Meli, P., & Carrasco-Carballido, V. (2011).** *Restauración ecológica de riberas: Manual para la recuperación de la vegetación ribereña en arroyos de la Selva Lacandona* (Serie Diálogos, No. 5). Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

**Ortega-Solis, L. E., Rosales Huerta, U., Figueroa-Esquivel, E. M., & Puebla-Olivares, F.** (2017). Primer registro de anidación del chorlo de collar (*Charadrius collaris*) en la Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales, Nayarit. Huitzil, 18(1), 1-6.

**Ortiz Haro, G. A., Carrasco-G., F., & Mazari Hiriart, M.** (2023). *Recursos hídricos y cambio climático: una visión desde México*. Ciudad de México: UNAM.

**Pennington, T.D. y Sarukhán, J.** 1968. Árboles Tropicales de México. Manual para la Identificación de Especies.

**Peterson Roger Tory. Chalif Edward L.** Aves de México. Guía de campo. -Editorial. Diana. México

**Petr Myska.** (2013). Viva Natura guía de campo de anfibios, reptiles, aves y mamíferos de México occidental. Puerto Vallarta, Jalisco: CONABIO.

**Ramírez Silva, J. P., De a Rosa, D., Hernández Cadena, F. J., & Woolrich Piña, G. A.** 2016. Conservación de los mamíferos de Nayarit. pp 311 – 328 en Riqueza y Conservación de los

Mamíferos en México a Nivel Estatal (Briones – Salas, M., Hortelano – Moncada, Y., Magaña – Cota, G., Sánchez – Rojas, G., y Sosa – Escalante J. E. editores). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Asociación Mexicana de Mastozoología A. C. y Universidad de Guanajuato, Ciudad de México, México.

**Red Mexicana de Cuencas Hidrográficas.** (2016). *Adaptación al cambio climático: fundamentos desde el manejo de cuencas y del proceso de fortalecimiento de capacidades*. Ciudad de México: Red Mexicana de Cuencas Hidrográficas/Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).

**Rzedowski, J.** 1978. Vegetación de México. Limusa. México DF.

**Sáenz, D.C.** 2008. Guía de Reptiles y Anfibios de Arcediano. CEA-Jalisco.

**Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).** 2019. MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010. Diario Oficial de la Federación. D.F., México.

**Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).** (2019). *Guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental en modalidad particular*. Ciudad de México: SEMARNAT.

**Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales & Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (SEMARNAT-INECC).** (2018). *Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización de México ante la CMNUCC*. Ciudad de México: SEMARNAT/INECC.

**SEMARNAP.** Evaluación de la reforestación. Guía técnica del evaluador No 64. México D.F. 37 p.

**T. Schreuder y Colaboradores.** 2006.- Técnicas Estadísticas para Muestreo y Monitoreo de Recursos Naturales- Universidad Autónoma Chapingo, México D.F. 151 p.

COPIA PARA SU CONSULTA PÚBLICA