MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

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

DIRECION GENERAL DE
IMPACTO Y RIESGO
AMBIENTAL

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO (DTU) MODALIDAD B- PARTICULAR

Proyecto: **"**Ampliación de patios de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca**"**.



Mayo 2026

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO MODALIDAD REGIONAL B

RESUMEN EJECUTIVO

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO Y DEL PROMOVENTE.

I.1 Datos Generales del proyecto

I.1.1 Nombre del proyecto

I.1.2. Ubicación del proyecto

I.1.3. Duración del proyecto.

I.2. Datos Generales del promovente

I.2.1 Nombre o Razón Social

I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes

II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

II.1. Información General

II.1.1 Naturaleza del proyecto

II.1.2 Objetivo del proyecto

II.1.3 Justificar por qué los terrenos son apropiados al nuevo uso

II.1.4 Ubicación física

II.1.5 Urbanización del área

II.1.6 Inversión requerida

II.2. Características particulares del Proyecto

II.2.1 Dimensiones del proyecto

II.2.2 Representación gráfica regional

II.2.3 Representación gráfica local

II.2.4 Preparación del Sitio

DESMONTE

DESPALME

RELLENO

NIVELACIÓN



COMPACTACIÓN

II.2.5 Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto

II.2.6 Descripción de obras asociadas al proyecto

II.2.7 Estimación del volumen por especie de materias primas forestales derivadas del cambio de uso de suelo

Datos de Campo

Estimación del volumen por especie del predio

Procedimiento para la estimación de volúmenes

Volumen total por especies maderables

Estimación del número de individuos de las especies arbustivas, herbáceas, palmas y cactáceas

II.2.8 Estimación económica de los recursos biológicos forestales del área sujeta al cambio de uso del suelo

Valor Económico de los Recursos Forestales

Estimación del valor económico de los recursos no maderables

Estimación del valor económico de los recursos Faunísticos

Valor de la Captura de Carbono

Estimación de los Servicios Ambientales

II.2.9 Construcción

II.2.10 Operación y mantenimiento

II.2.11 Desmantelamiento y abandono de las instalaciones

II.2.12 Programa de trabajo

II.2.13 Generación y manejo de residuos líquidos y emisiones a la atmósfera

II.2.14 Residuos

III. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO.

III.1. Ordenamientos jurídicos federales

III.1.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente



III.1.2 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de evaluación de impacto ambiental

III.1.3 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

III.1.4 Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

III.1.5 Ley General de Vida Silvestre

III.1.6 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)

III.1.7 Ley Federal de Responsabilidad Ambiental

III.2. Programas de ordenamiento ecológico del territorio (POET)

III.2.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)

III.2.2 Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio de Oaxaca (POERTEO)

III.3. Decretos y programas de conservación y manejo de las áreas naturales protegidas

III.3.1 Áreas Naturales Protegidas

III.3.2 Regiones Terrestres Prioritarias

III.3.3 Regiones Hidrológicas Prioritarias

III.3.4 Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS)

III.3.5 Convenio Ramsar

III.3.6 Humedales de la República Mexicana Inventario Nacional de Humedales INH

III.4. Normas Oficiales Mexicanas

III.5. Planes o programas de desarrollo urbano (PDU)

III.5.1 Plan de Ordenamiento Territorial Salina Cruz

III.5.2 Plan Municipal de desarrollo (2025-2027)

III.6. Otros instrumentos

III.6.1 Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030

III.6.2 Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP) del Puerto de Salina Cruz 2022-2027

III.6.3 Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente para el Estado de Oaxaca



III.6.4 Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos del Estado de Oaxaca

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

IV.1. Delimitación del área de estudio donde pretende establecerse el proyecto

IV.2. Caracterización y análisis del Sistema Ambiental (SA)

IV.2.1. Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SA

IV.2.2.1 Medio abiótico

Fisiografía

Geología

Edafología

IV. 2. 2. Estado de conservación del suelo

IV.2.2.1 Estimación de la pérdida del suelo por efecto hídrico y eólico en el Sistema Ambiental

Erosión eólica

Estimación de la Erosión Eólica Actual

IV.2.2.2 Estimación de la pérdida del suelo por efecto hídrico y eólico en el CUSTF

Degradación de suelos

Hidrología

Hidrología Superficial

Coeficiente de escurrimiento (Ce)

Hidrología Subterránea

Riesgos naturales

Riesgo sísmico

Tormentas tropicales

Inundaciones

Riesgo por tsunami



Inestabilidad de laderas

IV.2.2.3 Medio biótico

Vegetación

Vegetación secundaria arbustiva y arbórea de selva baja caducifolia

Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia

Diversidad florística

Composición florística

Curva de acumulación de especies

IV.2.2.4 Medio socioeconómico

Demografía

Economía

IV.2.2.5 Paisaje

IV.3. Servicios ambientales que pudieran ponerse en riego por el cambio de uso del suelo propuesto

IV.4 Diagnóstico ambiental

1. Captura y almacenamiento de carbono

2. Generación de oxígeno

3. Protección a la Biodiversidad (Flora y Fauna)

A. Flora

B. Fauna

Bibliografía

V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.

V.1. Identificación de impactos

V.2. Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales

V.3. Caracterización de los impactos

V.4. Indicadores de impacto

V.5. Valoración de los impactos





V.6 Evaluación sin medidas de mitigación

V.7. Evaluación con medidas de mitigación

V.8. Conclusiones

VI. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y SOCIAL QUE MOTIVE LA AUTORIZACIÓN EXCEPCIONAL DEL CAMBIO DE USO DE SUELO.

VI.1 Justificación técnica

VI.1.1. Estado actual del suelo y su relación con la permanencia de la biodiversidad

Conclusiones

VI.1.2. Análisis Hidrológico e implicaciones ecológicas

Hidrología Superficial del sitio

Balance hídrico

Conclusiones

VI.1.3. Diagnóstico de biodiversidad

Vegetación

Composición faunística

Conclusiones

VI.2 Justificación económica

VI.3 Justificación social

Beneficios sociales directos

Impacto en el bienestar social

Contribución al desarrollo regional

VII. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS SOBRE LOS RECURSOS FORESTALES.

VII.1. Descripción de las medidas de prevención y mitigación

VII.2. Impactos residuales

VII.3. Información necesaria para la fijación de montos para fianzas

VII.4. Estimación del costo de las actividades de restauración con motivo del cambio de uso del suelo





VIII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

VIII.1. Descripción y análisis del escenario sin proyecto

VIII.2. Descripción y análisis del escenario con proyecto

VIII.3. Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de mitigación

VIII.4. Pronóstico ambiental

VIII.5. Programa de manejo ambiental

VIII.6 Seguimiento y control

Indicadores de desempeño de medidas aplicadas al factor Suelo

Indicadores de desempeño de medidas aplicadas al factor Hidrología

Indicadores de desempeño de medidas aplicadas al factor Fauna

Indicadores de desempeño de medidas aplicadas al factor Paisaje

Indicadores de desempeño de medidas aplicadas al factor flora

IX. PROGRAMA DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE ESPECIES DE FLORA Y FAUNA

IX.1 Propuesta “Programa de Rescate de Flora”

IX.1.1 Antecedentes

IX.1.2 Objetivo del programa

IX.1.3 Fundamentación legal y normatividad aplicable

IX.1.4 Criterios y metodología para el rescate

IX.1.6 Personal responsable y equipo técnico

IX.1.7 Cronograma de actividades

IX.1.8 Conclusiones

IX.2 Propuesta “Programa de Rescate de Fauna”

IX.2.1 Antecedentes

IX.2.2 Objetivo General

IX.2.3 Marco normativo y técnico de referencia

IX.2.4 Metodología del Programa

IX.2.4.1 Caracterización y Diagnostico





IX.2.4.2 Estrategia de Rescate, Ahuyentamiento y Reubicación

IX.2.4.3 Cronograma de actividades de Rescate y Reubicación de Fauna

Bibliografía

X. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TECNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACION SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES.

X.1 Presentación de la información.

X.2 Cartografía.

X.3 Fotografías

X.4 Videos

X.5 Otros anexos

- Memorias
- Anexos



CAPITULO I

DATOS GENERALES DEL PROYECTO Y DEL PROMOVENTE



CONTENIDO

I.1 Datos Generales del proyecto 3
I.1.1 Nombre del proyecto 3
I.1.2. Ubicación del proyecto 3
I.1.3. Duración del proyecto. 3
I.2. Datos Generales del promovente 3
I.2.1 Nombre o Razón Social 3
I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes 3

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Duración del proyecto. 3
Tabla 2 Datos de los profesionales que realizaron el Documento Técnico Unificado. 4



I.1 Datos Generales del proyecto
I.1.1 Nombre del proyecto

"Ampliación de patios de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca".

I.1.2. Ubicación del proyecto

El proyecto se ubica al Sureste de las instalaciones de la Administración del Sistema Portuario Nacional Salina Cruz (ASIPONA), Municipio de Salina Cruz, Oaxaca.

I.1.3. Duración del proyecto.

Tabla 1 Duración del proyecto.

ETAPAS	TIEMPO	TOTAL
Preparación del sitio	5 MESES[1]	20 MESES
Construcción	7 MESES[2]	28 MESES
Operación y mantenimiento	30 AÑOS	----------
Abandono del sitio	---	----------

NOTA: 1. Preparación del sitio, se llevará a cabo por etapas distribuidas en 4 años, con duración por año de 5 meses.
2. La Etapa de Construcción, se llevará a cabo por etapas distribuidas en 4 años, con duración por año de 7 meses.

I.2. Datos Generales del promovente
I.2.1 Nombre o Razón Social

Administración del Sistema Portuario Nacional Salina Cruz, S.A. de C.V.

En **Anexo 1,** se presenta el Acta constitutiva.

I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes

API940725CBA

En **Anexo 2,** se presenta Constancia de Situación Fiscal.

I.2.3 Datos del Representante Legal

Vicente Barajas Boites

En **Anexo 3,** se presenta Acta de asamblea en el cual se designa como **director general** a Vicente Barajas Boites y en **Anexo 4,** la identificación oficial vigente.

I.2.4 Dirección del Promovente para oír y recibir notificaciones

Interior del Recinto Fiscal, sin número, Colonia Cantarranas, Municipio de Salina Cruz, Oaxaca.

I.3. Responsable de la elaboración del documento técnico unificado

Yaucalli, S.C.
[redacted]

I.3.1 Nombre del responsable técnico del documento técnico unificado en materia de impacto ambiental

Nombre
Ing. Nicolás Carlos Baños González

Se presenta en **Anexo 5,** la identificación oficial vigente del responsable técnico.

Cédula Profesional:
2211709
[redacted]

[redacted]

I.3.2 Registro Federal de Contribuyentes o CURP

[redacted]

I.3.3 Dirección del responsable técnico del documento

I.3.4 Datos de inscripción en el Registro de la persona que haya formulado el documento en materia forestal y, en su caso, del responsable de dirigir la ejecución del cambio de uso de suelo.

SECCION 4A, LIBRO 1º VOLUMEN 1, A FOJAS 88 Nº 279
DEL 25 DE SEPTIEMBRE DE 1996 Y LIB.OAX TUI VOL.1.NUM.26.

Se presenta en **Anexo 6,** el Registro Forestal Nacional.

En relación con la **ejecución del cambio de uso de suelo**, en su momento se someterá a proceso de licitación para elegir al responsable de dicha actividad; una vez determinado, se notificará a la autoridad competente para su conocimiento.



CAPITULO II

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO





CONTENIDO

II.1. Información General 5
II.1.1 Naturaleza del proyecto 5
II.1.2 Objetivo del proyecto 5
II.1.3 Justificar por qué los terrenos son apropiados al nuevo uso 6
II.1.4 Ubicación física 10
II.1.5 Urbanización del área 17
II.1.6 Inversión requerida 19
II.2. Características particulares del Proyecto. 19
II.2.1 Dimensiones del proyecto 19
II.2.2 Representación gráfica regional 21
II.2.3 Representación gráfica local 21
II.2.4 Preparación del Sitio 22
DESMONTE 27
DESPALME 29
RELLENO 30
NIVELACIÓN 32
COMPACTACIÓN 32
II.2.5 Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto 33
II.2.6 Descripción de obras asociadas al proyecto 36
II.2.7 Estimación del volumen por especie de materias primas forestales derivadas del cambio de uso de suelo 37
Datos de Campo 37
Estimación del volumen por especie del predio 51
Procedimiento para la estimación de volúmenes 51
Volumen total por especies maderables 53
Estimación del número de individuos de las especies arbustivas, herbáceas, palmas y cactáceas 55





II.2.8 Estimación económica de los recursos biológicos forestales del área sujeta al cambio de uso del suelo 57
Valor Económico de los Recursos Forestales. 57
Estimación del valor económico de los recursos no maderables. 58
Estimación del valor económico de los recursos Faunísticos. 59
Valor de la Captura de Carbono 59
Estimación de los Servicios Ambientales. 61
II.2.9 Construcción 62
II.2.10 Operación y mantenimiento 66
II.2.11 Desmantelamiento y abandono de las instalaciones 69
II.2.12 Programa de trabajo 71
II.2.12 Generación y manejo de residuos líquidos y emisiones a la atmósfera 73
II.2.13 Residuos 74

Índice de Tablas

Tabla 1. Cuadro de construcción del polígono general del proyecto. 12
Tabla 2. Cuadro de construcción de Vegetación secundaria de mangle (CUSTF). 13
Tabla 3. Preparación del sitio 23
Tabla 4. Resumen del Programa de Obras y Actividades de la etapa de preparación del sitio. 25
Tabla 5. Listado de personal, materiales, maquinaria y equipo que serán usados en la Etapa de preparación del sitio. 27
Tabla 6. Coordenadas UTM de la superficie de obras temporales 34
Tabla 7. Memoria de campo estrato arbóreo 38
Tabla 8. Memoria de campo del estrato arbustivo. 48
Tabla 9. Memoria de campo del estrato herbáceo. 50
Tabla 10. Memoria de campo de Palmas y cactáceas 50
Tabla 11. Ecuaciones o modelos que se aplican por especie o por grupo de especies y/o por región 52



Tabla 12. V. T. A. (m3) a remover en estrato arbóreo, por especie en vegetación de manglar presente en el predio sujeto a CUSTF. 54
Tabla 13. Número de individuos del estrato arbustivo. 55
Tabla 14. Número de individuos del estrato herbáceo. 55
Tabla 15. Número de individuos de palmas y cactáceas. 56
Tabla 16. Se presenta el valor económico del volumen de las especies presentes en la vegetación secundaria de mangle en el sitio sujeto a CUSTF. 58
Tabla 17. Valor económico de las especies no maderables dentro del área del proyecto. 59
Tabla 18. Contenido de Carbono en las especies de árboles dentro del área sujeta a CUSTF. 60
Tabla 19. Contenido de Carbono y precio en el área de CUSTF. 61
Tabla 20. Costos de PSA Biodiversidad y Captura de carbono. 61
Tabla 21. Estimación económica del área sujeta a CUSTF. 62
Tabla 22. Programa de trabajo para el desarrollo de las distintas etapas del proyecto. 72
Tabla 23. Residuos Peligrosos. 74
Tabla 24. Residuos de manejo especial que incluyen escombros menores, aceros, tarimas y componentes industriales. 74
Tabla 25. Residuos Sólidos Urbanos que procederán del consumo cotidiano y embalajes de materiales 74

Índice de Figuras

Figura 1 Macrolocalización del polígono general del proyecto 11
Figura 2. Polígono general del proyecto. 11
Figura 3. Vegetación secundaria de mangle (CUSTF). 13
Figura 4 Preparación de Sitio: Superficies CUSTF y Sin vegetación Forestal 1er año... 23
Figura 5. Preparación de Sitio: Superficies CUSTF y Sin vegetación Forestal 2do año. 24
Figura 6. Preparación de Sitio: Superficies CUSTF y Sin vegetación Forestal 3er año.. 24
Figura 7. Preparación de Sitio: Superficies CUSTF y Sin vegetación Forestal 4to año.. 25



II.1. Información General

II.1.1 Naturaleza del proyecto

La **naturaleza del proyecto es industrial-portuaria**, la cual se desarrollará al interior del **Recinto Portuario de Salina Cruz**, en un área **de 9.08ha ver Figura 2**, la cual es propiedad federal y administrada por la **Administración del Sistema Portuario Nacional**. Su ejecución implicará **obras de infraestructura básica y acondicionamiento físico del terreno** que actualmente presenta vegetación secundaria de mangle en un **área de 3.92 ha**, ver **Figura 3** y un **área sin vegetación forestal de 5.16 ha,** con el propósito de transformarlo en un espacio funcional para actividades logísticas portuarias y complementarias.

El tipo de uso propuesto no implica aprovechamiento forestal ni agrícola, sino la preparación del sitio para la instalación de una plancha de concreto, terreno compactado y destinado como patio de maniobras, para carga proveniente del puerto, bajo un enfoque de desarrollo controlado y ordenado en cumplimiento con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).

El proyecto es compatible con los criterios del Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio del Estado de Oaxaca (POERTEO), en la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) 024, cuyo uso condicionado es la industria.

II.1.2 Objetivo del proyecto

El presente proyecto denominado **"Ampliación de patios de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca"**, tiene como **objetivo general** gestionar de manera responsable y conforme a la normatividad ambiental aplicable el **Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) sobre una superficie de 3.92 ha,** caracterizada por la presencia de cobertura vegetal conformada por elementos arbóreos y arbustivos propios de una vegetación secundaria de manglar (*Conocarpus erectus* y remanentes aislados de *Avicennia germinans*, la comunidad vegetal dominada por especies secundarias, oportunistas y exóticas-invasoras *Azadirachta indica*, *Cryptostegia grandiflora*, *Urochloa mollis* y *Pithecellobium dulce)*, asegurando que las actividades de remoción y preparación del sitio se realicen bajo criterios de protección, conservación y mitigación que mantengan, en la mayor medida posible, la funcionalidad ecológica del ecosistema.

Este objetivo implica la aplicación de medidas de rescate, reubicación, restauración y compensación ambiental orientadas a la recuperación de especies de manglar y a la preservación de los servicios asociados.





De esta manera, el proyecto tiene como objetivo habilitar y acondicionar el polígono general del proyecto de 9.08 ha mediante actividades de limpieza de residuos sólidos, retiro de vegetación, nivelación y construcción de plataformas, con el fin de permitir la ampliación y modernización de los patios de almacenamiento y maniobras del puerto de Salina Cruz. Estas acciones buscan incrementar la eficiencia operativa, mejorar el manejo de carga general y graneles, y fortalecer la infraestructura estratégica del **Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec (CIIT)**, garantizando que su desarrollo se lleve a cabo bajo un enfoque de sustentabilidad ambiental y cumplimiento normativo.

II.1.3 Justificar por qué los terrenos son apropiados al nuevo uso

La superficie sujeta a cambio de uso de suelo, cuenta con un antecedente derivado del **Oficio No. SGPA/DGIRA/DG/04039**, de fecha **24 de agosto de 2021**, la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental resolvió en materia de impacto ambiental el proyecto denominado **"Modernización del Puerto Petrolero y Comercial del Puerto Petrolero de Salina Cruz, Oaxaca"**, promovido por **Administración Portuaria Integral de Salina Cruz, S.A. de C.V.** Dentro de dicha resolución, en el numeral correspondiente a la **Condicionante 9**, se estableció la obligación de que la promovente complementara y presentara ante esa DGIRA, dentro del plazo señalado, el **Programa de reforestación con especies nativas**, en la cual, se tomó como referencia una superficie de 1.92 hectáreas como parte de una poligonal de conservación.

Lo anterior, se definió de esa manera ya que, en la información presentada del proyecto, se indicó que dentro del recinto portuario existía un área de vegetación de manglar con una superficie aproximada de **1.92 hectáreas**, distribuida en tres polígonos. No obstante, desde entonces se reconoció expresamente que dicha zona **ya no contaba con conectividad con cuerpos de agua naturales**, toda vez que su funcionamiento hidrológico natural se encontraba interrumpido y que el sitio se alimentaba únicamente por una descarga de **aguas negras provenientes de la ciudad de Salina Cruz**. Bajo ese escenario, también se señaló que el área no presentaba condiciones ecosistémicas óptimas para albergar biodiversidad en estado de conservación adecuado y que, además, constituía un sitio receptor de residuos, incluyendo **residuos sólidos urbanos**.





A partir de las condiciones descritas desde 2021 y de acuerdo a los recorridos de campo y muestreo de vegetación, actualmente se identificó una superficie adicional de 2.0 ha, sumando un total de 3.92 ha sujetas a cambio de uso de suelo, clasificándola como vegetación secundaria de mangle, se advierte que dicha área **no ha mostrado una mejoría ambiental sustantiva, el carácter secundario de la vegetación es un indicador de que la vegetación nativa ha sido desplazada tras la perturbación humana**, por lo que no ha sido posible la recuperación de sus funciones ecológicas originales ni el restablecimiento de atributos de integridad propios de un sistema de manglar en estado de conservación favorable. Por el contrario, persisten factores de deterioro asociados a la **recepción continua de residuos sólidos urbanos arrastrados desde la mancha urbana**, así como a la **incorporación de aguas residuales**, circunstancias que mantienen alteradas las condiciones físicas, hidrológicas y sanitarias del sitio.

En ese sentido, aun cuando en el área se han desarrollado acciones de conservación y manejo, dichas medidas no han sido suficientes para revertir los procesos de degradación histórica que afectan al sitio, precisamente porque subsisten las fuentes externas de afectación que condicionan su funcionamiento. Por ello, el área actualmente **no reúne condiciones óptimas ni atributos ecológicos funcionales que justifiquen su permanencia bajo un enfoque de conservación in situ en los mismos términos inicialmente previstos**, particularmente si se



considera que se trata de una superficie aislada, con hidrología alterada y sujeta a perturbaciones permanentes de origen antrópico.

Bajo esta lógica, y considerando que el **trámite actual corresponde a un Documento Técnico Unificado (DTU)** modalidad B para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales vinculado a la realización de las obras y actividades para la ampliación de patios, resulta técnicamente procedente dejar asentado que la valoración ambiental del sitio debe atender a sus **condiciones reales y actuales**, y no únicamente a la caracterización histórica contenida en instrumentos previos.

En consecuencia, una vez que el trámite en materia forestal sea resuelto, la promovente realizará las **gestiones correspondientes ante la DGIRA** con la finalidad de **actualizar el Programa de Reforestación con especies nativas impuesto por la autoridad en cumplimiento con la Condicionante 9** derivada de la resolución citada, así como los subprogramas y medidas vinculadas que resulten aplicables, en función de la nueva configuración del proyecto, del cambio de áreas y de la redefinición de los fines de conservación previamente considerados para dicho sitio.

Lo anterior permitirá que las obligaciones ambientales permanezcan alineadas con la realidad ecológica del área, con el instrumento autorizado en materia forestal y con las medidas de compensación, restauración o reubicación que, en su caso, determine la autoridad competente, evitando mantener esquemas de conservación sobre superficies que, por su grado de alteración y por la persistencia de fuentes externas de contaminación, ya no conservan las condiciones que originalmente sustentaron su tratamiento ambiental.

Una vez definido lo anterior, se concluye que los terrenos son **apropiados para el nuevo uso propuesto** por las siguientes razones técnicas y ambientales:

Ubicación estratégica: el sitio se encuentra dentro del Recinto Portuario, con acceso directo a infraestructura existente y vías de comunicación terrestre y marítima.

Compatibilidad con el uso de suelo: el uso propuesto se alinea con el **POERTEO (UGA 024)** que permite uso industrial condicionado.

Condiciones físicas favorables: el terreno presenta **pendiente media de 2.8%**, relieve plano y suelos technosoles con alta capacidad de soporte.

Ausencia de conflictos agrarios o de tenencia: el predio pertenece a **dominio público federal** y se encuentra libre de ocupaciones.

Viabilidad ambiental: De acuerdo a antecedentes de la zona y a lo señalado en el Resolutivo No. SGPA/DGIRA/DG/04099, del proyecto denominado “Modernización del Puerto Petrolero y





Comercial del Puerto Petrolero de Salina Cruz, Oaxaca" páginas 121 y 122, el polígono del proyecto se encuentra *"…**dentro del recinto portuario y cuenta con vegetación de manglar,*** señala también que ***…dicha zona ya no cuenta con conectividad con cuerpos de agua naturales, por lo que actualmente su flujo hidrológico natural está interrumpido y sólo se alimenta de una descarga de aguas negras proveniente de la ciudad de Salina Cruz. Bajo este escenario, la promovente señaló que la zona de manglar no posee atributos ecosistémicos para albergar biodiversidad bajo condiciones óptimas y además representa un foco de infección, debido a que además de las descargas de aguas negras que recibe, es receptor de residuos sólidos urbanos".***

De acuerdo a la información recabada en campo, y debido a las condiciones en las que actualmente se encuentra el polígono del proyecto, y en específico el área sujeta a cambio de uso de suelo, se identificó **vegetación secundaria de mangle existiendo dos especies en estatus de conservación (*Conocarpus erectus y Avicennia germinans*) y especies herbáceas adaptadas a condiciones de disturbio.** La **NOM-022-SEMARNAT-2003** define al manglar como una comunidad vegetal que se desarrolla en "***Terrenos inundables de zonas costeras sujetos a la influencia de mareas***". En el sitio sujeto a cambio de uso de suelo se determinó que, no existe aporte natural de agua dulce proveniente de escurrimientos superficiales o corrientes permanentes, no existe intercambio hidrodinámico con sistemas lagunares, estuarinos o marinos, no se registra influencia mareal ni inundación periódica y el régimen de humedad no responde a procesos naturales costeros.

En términos de la Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003, esta zona no es considerada como Humedal Costero entendiéndose éste como un ***"Ecosistema costero de transición entre aguas continentales y marinas, cuya vegetación se caracteriza por ser halófita e hidrófila, estacional o permanente, y que dependen de la circulación continua del agua salobre y marina…".*** Por lo anterior se corrobora que, esta zona no sustenta aporte de aguas continentales y marinas, ni es sitio de transición entre las mismas, solo sustenta vegetación secundaria de mangle. El aporte de humedad es a través de la descarga de aguas residuales provenientes de la zona urbana de Salina Cruz, por los que las condiciones en las que se encuentra actualmente (presencia de agua residual como aporte único a la vegetación y acumulación de residuos sólidos urbanos) presentan una tendencia de deterioro para la vegetación. En cuanto a la **fauna silvestre**, se identificaron algunas especies bajo categoría de riesgo, como la **iguana mexicana de cola espinosa (*Ctenosaura pectinata*)** y la **mazacuata (*Boa imperator*)**, clasificadas como **Amenazadas (A)**, así como aves endémicas como la **matraca nuca canela (*Campylorhynchus humilis*)** y el **colibrí frente verde (*Ramosomyia viridifrons*).** Para mitigar posibles impactos sobre estas especies, el proyecto contempla la aplicación de un ***Programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna que pudieran resultar afectadas y su adaptación al nuevo hábitat, en caso de autorizarse el cambio de uso de suelo***; así como el ***Programa de reforestación*** por compensación a fin de preservar algunas especies de mangle, dado su estatus de conservación. Por lo anterior, el proyecto no se





encuentra dentro de los supuestos del objeto y campo de aplicación de la citada Norma Oficial Mexicana, al no considerarse el sitio sujeto a cambio de uso de suelo, un humedal costero.

De acuerdo al análisis comparativo de la composición florística del área sujeta a cambio de uso de suelo y del Sistema Ambiental, referido en el Capítulo IV del presente estudio, el análisis pone en evidencia que la superficie sujeta a cambio de uso de suelo de 3.92 ha, **carece de las condiciones físico-bióticas necesarias para su regeneración natural, debido a impactos acumulados como descargas de aguas residuales, depósito de residuos sólidos urbanos, presencia de fauna nociva y ruptura del flujo de germoplasma. Este conjunto de presiones hace evidente una tendencia hacia la reducción progresiva de la vegetación, comprometiendo su permanencia a corto y mediano plazo.**

En este contexto, las obras y actividades derivadas del **cambio de uso de suelo en el predio no representan una pérdida significativa de cobertura forestal funcional, dado que la vegetación existente (vegetación secundaria de mangle) no cumple actualmente un papel ecológico equiparable al del manglar presente en el Sistema Ambiental**. Sin embargo, al identificar la presencia de especies listadas **en la NOM-059-SEMARNAT-2010**, **categoría Amenazada (A), tales como *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus***, las cuales, de acuerdo con la Lista Roja de la UICN, se encuentran en la categoría LC (Preocupación menor), subraya la importancia de implementar una propuesta del ***Programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna que pudieran resultar afectadas y su adaptación al nuevo hábitat, en caso de autorizarse el cambio de uso de suelo***, dada su relevancia ecológica. Esta medida permitirá asegurar la permanencia de estos individuos en áreas con mayor integridad ecológica.

II.1.4 Ubicación física

La Administración del Sistema Portuario de Salina Cruz (ASIPONA SC), propone el aprovechamiento de una fracción ubicada al Sureste del Recinto Portuario. Dentro de este polígono se identifica una superficie de **3.92 ha ocupado por vegetación secundaria de mangle**, conformada por comunidades que han experimentado procesos de perturbación y regeneración natural. El resto del predio, correspondiente a **5.16 ha,** se caracteriza por la ausencia de cobertura vegetal forestal. Resultando un total de 9.08 ha correspondiente al polígono general del proyecto, ver Anexo 7 y 8.



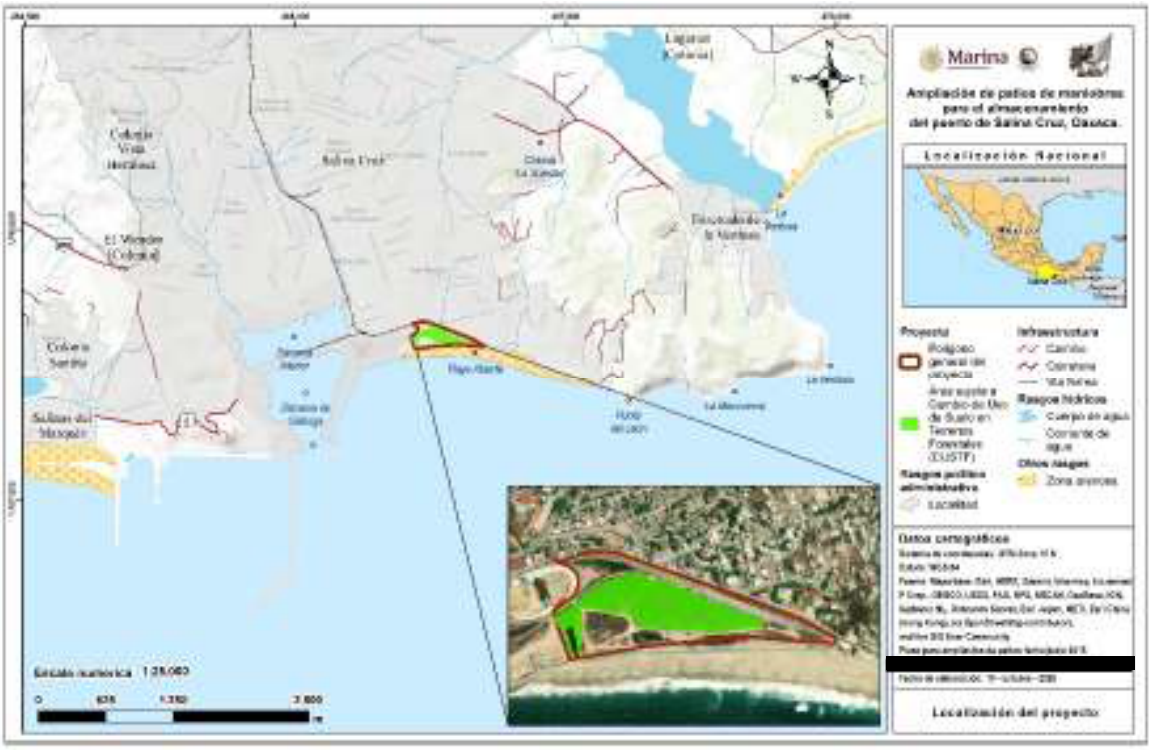


Figura 1 Macrolocalización del polígono general del proyecto



Figura 2. Polígono general del proyecto.

Tabla 1. Cuadro de construcción del polígono general del proyecto.

CUADRO DE CONSTRUCCION DEL POLIGONO GENERAL DEL PROYECTO						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				Y	X
				1	1,789,127.7293	266,081.2098
1	2	N 69°39'23.11" E	29.015	2	1,789,137.8162	266,108.4147
2	3	N 76°09'30.73" E	55.354	3	1,789,151.0590	266,162.1617
3	4	N 88°04'47.95" E	33.62	4	1,789,152.1855	266,195.7632
4	5	S 79°35'20.72" E	27.985	5	1,789,147.1285	266,223.2871
5	6	S 69°04'26.67" E	320.866	6	1,789,032.5277	266,522.9899
6	7	S 67°26'58.71" E	150.245	7	1,788,974.9093	266,661.7478
7	8	S 59°29'21.29" E	91.582	8	1,788,928.4133	266,740.6486
8	9	S 36°40'00.91" W	13.466	9	1,788,917.6122	266,732.6074
9	10	N 83°59'19.57" W	200.345	10	1,788,938.5930	266,533.3639
10	11	S 86°35'06.56" W	237.561	11	1,788,924.4427	266,296.2250
11	12	S 81°39'57.12" W	192.869	12	1,788,896.4872	266,105.3929
12	13	N 19°03'42.50" W	109.726	13	1,789,000.1961	266,069.5579
13	14	N 05°25'35.87" W	13.716	14	1,789,013.8506	266,068.2607
14	15	N 54°55'27.83" E	59.914	15	1,789,048.2805	266,117.2939
15	16	N 31°06'08.52" E	22.891	16	1,789,067.8812	266,129.1189
16	17	N 03°49'06.76" E	20.94	17	1,789,088.7744	266,130.5134
17	18	N 20°10'30.18" W	15.701	18	1,789,103.5118	266,125.0984
18	19	N 46°56'49.97" W	25.803	19	1,789,121.1269	266,106.2433
19	1	N 75°13'30.51" W	25.889	1	1,789,127.7293	266,081.2098

Ver anexo 9 en digital



Figura 3. Vegetación secundaria de mangle (CUSTF).

Tabla 2. Cuadro de construcción de Vegetación secundaria de mangle (CUSTF).

CUADRO DE CONSTRUCCION DEL ÁREA CUSTF						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				Y	X
				1	1788997.859	266070.365
1	2	N 54°52'40.70" E	20.4	2	1789009.593	266087.048
2	3	N 56°04'50.45" E	37.72	3	1789030.64	266118.345
3	4	S 55°39'50.69" E	3.02	4	1789028.936	266120.84
4	5	N 54°02'30.71" E	6.61	5	1789032.816	266126.188
5	6	N 42°03'28.91" W	2.84	6	1789034.922	266124.288
6	7	N 55°13'04.90" E	11.63	7	1789041.558	266133.842
7	8	N 56°26'05.04" E	18.82	8	1789051.966	266149.528
8	9	N 53°48'23.98" E	18	9	1789062.598	266164.057
9	10	N 57°15'19.84" E	16.89	10	1789071.732	266178.261
10	11	N 64°27'48.69" E	17.45	11	1789079.254	266194.006
11	12	N 70°25'38.81" E	18.44	12	1789085.432	266211.382
12	13	N 76°51'42.74" E	16.95	13	1789089.283	266227.884
13	14	N 81°02'33.72" E	18.01	14	1789092.087	266245.672
14	15	N 90°00'00" E	18.35	15	1789092.087	266264.026
15	16	N 90°00'00" E	20.1	16	1789092.087	266284.128
16	17	S 78°40'16.64" E	11.98	17	1789089.733	266295.879
17	18	S 73°25'10.89" E	24.42	18	1789082.764	266319.286
18	19	S 70°08'20.33" E	16.27	19	1789077.236	266334.588
19	20	S 68°33'41.90" E	7.78	20	1789074.394	266341.827



CUADRO DE CONSTRUCCION DEL ÁREA CUSTF						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	C O O R D E N A D A S	
EST	PV				Y	X
20	21	S 66°45'44.39" E	33.2	21	1789061.297	266372.329
21	22	S 64°32'25.97" E	44.98	22	1789041.963	266412.938
22	23	S 65°58'13.74" E	62.84	23	1789016.374	266470.332
23	24	S 65°55'16.88" E	33.65	24	1789002.646	266501.051
24	25	S 68°22'26.25" E	27.31	25	1788992.582	266526.436
25	26	S 70°28'47.37" E	26.02	26	1788983.889	266550.959
26	27	S 72°08'51.05" E	9.39	27	1788981.01	266559.897
27	28	S 66°48'26.66" E	5.81	28	1788978.723	266565.235
28	29	S 57°47'46.48" E	4.76	29	1788976.189	266569.259
29	30	S 44°42'03.66" E	2.62	30	1788974.323	266571.104
30	31	S 43°30'50.46" E	4.29	31	1788971.212	266574.058
31	32	S 28°51'52.18" E	5.04	32	1788966.795	266576.493
32	33	S 24°37'08.33" E	5.18	33	1788962.09	266578.649
33	34	S 08°50'15.09" E	3.35	34	1788958.779	266579.164
34	35	S 11°53'31.67" W	3.05	35	1788955.796	266578.536
35	36	S 50°25'05.62" W	2.13	36	1788954.438	266576.893
36	37	S 85°14'18.78" W	4.84	37	1788954.037	266572.07
37	38	S 88°46'06.70" W	8.41	38	1788953.856	266563.665
38	39	N 90°00'00" W	6.54	39	1788953.856	266557.13
39	40	N 83°25'32.75" W	6.04	40	1788954.548	266551.127
40	41	N 83°38'22.86" W	7.47	41	1788955.376	266543.701
41	42	N 90°00'00" W	5.44	42	1788955.376	266538.259
42	43	S 86°23'15.50" W	10.03	43	1788954.744	266528.249
43	44	S 85°32'08.11" W	9.64	44	1788953.993	266518.641
44	45	S 85°31'14.13" W	8.86	45	1788953.302	266509.811
45	46	S 85°42'53.63" W	7.8	46	1788952.719	266502.029
46	47	S 85°12'22.17" W	8.16	47	1788952.037	266493.899
47	48	S 85°50'24.61" W	4.63	48	1788951.701	266489.281
48	49	S 80°42'02.79" W	4.71	49	1788950.94	266484.634
49	50	S 77°38'13.15" W	7.67	50	1788949.298	266477.142
50	51	S 79°24'26.81" W	6.43	51	1788948.116	266470.824
51	52	S 86°43'03.54" W	8.04	52	1788947.656	266462.798
52	53	N 87°20'36.80" W	7.39	53	1788947.999	266455.418
53	54	N 87°00'33.49" W	6.87	54	1788948.357	266448.556
54	55	N 84°06'13.69" W	4	55	1788948.768	266444.579
55	56	N 70°36'24.97" W	2.69	56	1788949.661	266442.043
56	57	N 82°47'20.57" W	4.38	57	1788950.21	266437.698
57	58	N 82°07'46.79" W	8.78	58	1788951.413	266429.001
58	59	N 84°04'56.19" W	13	59	1788952.753	266416.071
59	60	N 87°26'59.78" W	7.43	60	1788953.083	266408.653
60	61	N 85°55'41.08" W	11.18	61	1788953.877	266397.498
61	62	N 83°53'36.97" W	19.72	62	1788955.975	266377.893





CUADRO DE CONSTRUCCION DEL ÁREA CUSTF						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	C O O R D E N A D A S	
EST	PV				Y	X
62	63	N 84°09'24.13" W	4.9	63	1788956.474	266373.018
63	64	N 90°00'00" W	7.07	64	1788956.474	266365.945
64	65	N 84°43'39.44" W	9.98	65	1788957.391	266356.005
65	66	N 84°32'26.02" W	11.77	66	1788958.51	266344.291
66	67	N 85°40'28.52" W	10.21	67	1788959.28	266334.112
67	68	N 82°03'10.57" W	9.34	68	1788960.572	266324.86
68	69	N 83°50'21.48" W	12.37	69	1788961.899	266312.564
69	70	N 81°22'35.41" W	12.71	70	1788963.805	266299.995
70	71	N 82°30'20.14" W	7.35	71	1788964.764	266292.709
71	72	N 82°59'30.38" W	4.4	72	1788965.301	266288.337
72	73	N 90°00'00" W	6.77	73	1788965.301	266281.566
73	74	S 86°13'19.25" W	7.81	74	1788964.787	266273.773
74	75	N 90°00'00" W	4.83	75	1788964.787	266268.944
75	76	N 56°42'34.26" W	3.65	76	1788966.788	266265.895
76	77	N 44°16'40.20" W	5.26	77	1788970.558	266262.22
77	78	N 18°13'45.54" W	4.1	78	1788974.457	266260.936
78	79	N 14°24'46.32" W	7.46	79	1788981.677	266259.08
79	80	N 26°12'40.41" W	6.08	80	1788987.133	266256.394
80	81	N 38°02'23.40" W	7.4	81	1788992.961	266251.834
81	82	N 53°14'58.26" W	8.56	82	1788998.081	266244.977
82	83	N 72°30'34.15" W	7.64	83	1789000.377	266237.693
83	84	N 82°02'22.65" W	5.72	84	1789001.169	266232.026
84	85	N 90°00'00" W	6.96	85	1789001.169	266225.07
85	86	S 88°02'34.17" W	10.19	86	1789000.821	266214.891
86	87	N 74°07'47.43" W	5.68	87	1789002.375	266209.424
87	88	N 68°37'30.91" W	10.45	88	1789006.183	266199.696
88	89	N 75°52'05.79" W	8	89	1789008.135	266191.942
89	90	N 80°24'10.02" W	19.25	90	1789011.345	266172.961
90	91	N 85°18'24.20" W	27.98	91	1789013.634	266145.07
91	92	N 61°39'08.23" W	3.49	92	1789015.291	266142.00
92	93	N 42°03'28.91" W	17.37	93	1789028.19	266130.361
93	94	S 47°58'12.70" W	5.81	94	1789024.298	266126.043
94	95	S 46°19'52.23" E	8.53	95	1789018.411	266132.21
95	96	S 35°41'49.52" E	6.42	96	1789013.195	266135.958
96	97	S 24°39'11.53" E	5.22	97	1789008.452	266138.135
97	98	S 19°21'50.94" E	4.38	98	1789004.322	266139.586
98	99	S 07°59'57.44" E	5.19	99	1788999.181	266140.309
99	100	S 00°00'00" E	9.91	100	1788989.27	266140.309
100	101	S 00°00'00" E	6.62	101	1788982.653	266140.309
101	102	S 05°31'15.81" W	4.49	102	1788978.179	266139.876
102	103	S 04°49'18.91" W	7.36	103	1788970.85	266139.258
103	104	S 04°19'47.44" W	8	104	1788962.872	266138.654





CUADRO DE CONSTRUCCION DEL ÁREA CUSTF						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	C O O R D E N A D A S	
EST	PV				Y	X
104	105	S 06°24'55.89" W	12.04	105	1788950.909	266137.309
105	106	S 00°00'00" E	15.09	106	1788935.822	266137.309
106	107	S 12°50'39.20" E	9.11	107	1788926.938	266139.334
107	108	S 58°13'43.61" W	9.98	108	1788921.682	266130.847
108	109	S 41°28'39.19" W	3.93	109	1788918.741	266128.247
109	110	S 50°31'04.65" E	4.65	110	1788915.784	266131.836
110	111	S 41°06'26.75" W	8.25	111	1788909.568	266126.412
111	112	N 61°43'01.61" W	3.77	112	1788911.353	266123.095
112	113	N 08°45'32.26" W	37.66	113	1788948.57	266117.361
113	114	N 05°47'48.30" W	14.57	114	1788963.065	266115.889
114	115	N 03°47'53.60" W	11.14	115	1788974.182	266115.151
115	116	N 27°26'32.63" E	4.53	116	1788978.205	266117.24
116	117	N 07°16'46.30" W	6.49	117	1788984.64	266116.418
117	118	N 34°24'37.84" W	17.53	118	1788999.105	266106.51
118	119	N 17°24'08.63" W	7.26	119	1789006.032	266104.339
119	120	N 32°14'34.70" E	4.54	120	1789009.87	266106.76
120	121	N 55°21'49.01" E	13.8	121	1789017.714	266118.115
121	122	N 50°17'26.48" E	9.16	122	1789023.568	266125.163
122	123	N 49°17'03.09" W	7.06	123	1789028.174	266119.811
123	124	S 53°30'26.35" W	6.6	124	1789024.252	266114.508
124	125	S 55°54'09.18" W	27.36	125	1789008.913	266091.851
125	126	S 15°00'41.08" W	10.83	126	1788998.454	266089.046
126	127	S 09°36'10.81" E	5.84	127	1788992.694	266090.021
127	128	S 41°09'35.86" E	6.42	128	1788987.858	266094.249
128	129	S 55°28'43.95" E	3.12	129	1788986.092	266096.816
129	130	S 65°34'04.81" E	3	130	1788984.852	266099.547
130	131	S 11°03'44.69" E	3.67	131	1788981.254	266100.25
131	132	S 15°05'33.33" W	4	132	1788977.388	266099.208
132	133	S 16°21'03.38" W	4.69	133	1788972.885	266097.886
133	134	S 27°26'56.85" E	3.97	134	1788969.364	266099.715
134	135	S 50°04'45.06" E	4.57	135	1788966.434	266103.217
135	136	S 43°01'25.88" E	2.12	136	1788964.887	266104.661
136	137	S 00°00'00" E	7.06	137	1788957.83	266104.661
137	138	S 00°00'00" E	4.19	138	1788953.636	266104.661
138	139	S 07°44'22.13" W	3.45	139	1788950.217	266104.196
139	140	S 10°15'27.61" W	5.44	140	1788944.86	266103.227
140	141	S 23°42'51.05" E	1.8	141	1788943.214	266103.95
141	142	S 43°54'40.77" E	5.35	142	1788939.361	266107.659
142	143	S 00°00'00" E	2.56	143	1788936.805	266107.659
143	144	S 19°44'22.52" E	6.03	144	1788931.13	266109.696
144	145	S 00°00'00" E	6.24	145	1788924.887	266109.696
145	146	S 21°19'41.61" E	12.73	146	1788913.028	266114.326



CUADRO DE CONSTRUCCION DEL ÁREA CUSTF						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	C O O R D E N A D A S	
EST	PV				Y	X
146	147	S 00°00'00" E	5.15	147	1788907.874	266114.326
147	148	S 43°29'09.27" W	4.57	148	1788904.558	266111.181
148	149	N 90°00'00" W	3.39	149	1788904.558	266107.791
149	150	N 69°23'07.00" W	6.37	150	1788906.801	266101.829
150	151	N 19°03'42.50" W	24.74	151	1788930.179	266093.751
151	152	N 38°55'50.29" E	4.69	152	1788933.824	266096.695
152	153	N 14°04'19.05" E	7.12	153	1788940.731	266098.426
153	154	N 13°02'20.44" W	7.26	154	1788947.800	266096.789
154	155	N 45°20'21.68" W	3.25	155	1788950.087	266094.475
155	156	N 20°59'02.88" W	3.69	156	1788953.535	266093.153
156	157	N 03°46'21.32" E	7.2	157	1788960.715	266093.626
157	158	N 16°21'23.85" W	4.52	158	1788965.051	266092.353
158	159	N 48°54'52.88" W	11.99	159	1788972.933	266083.313
159	160	N 66°24'54.34" W	5.57	160	1788975.162	266078.208
160	1	N 19°03'42.50" W	24.01	1	1788997.859	266070.365

Anexo 10 y 11

II.1.5 Urbanización del área

El área destinada para el desarrollo del proyecto se ubica dentro de la zona urbana de la ciudad de Salina Cruz, Oaxaca, específicamente al interior de las instalaciones del Puerto de Salina Cruz, a cargo de la Administración del Sistema Portuario Nacional de Salina Cruz (ASIPONA SC). El sitio de del proyecto corresponde a un área terrestre institucionalizada para actividades logísticas y operativas portuarias, por lo que cuenta con un contexto urbano-industrial consolidado que facilita la provisión de infraestructura y servicios básicos.

El acceso terrestre al punto especifico del proyecto se realiza a través de la puerta K3, vialidad que forma parte del sistema interno de circulación del Recinto Portuario y que garantiza la conectividad operativa con las zonas de almacenamiento, muelles, patios de maniobra y demás áreas estratégicas del puerto. Dicho acceso reúne las condiciones adecuadas de capacidad, pavimentación y control logístico para la operación segura del flujo de vehículos, maquinaria y personal asociado a las actividades del proyecto.

Si bien las obras y acciones contempladas demandaran la disponibilidad de servicios urbanos fundamentales, tales como suministro de agua potable, energía eléctrica, red telefónica, y de transmisión de datos, así como de infraestructura sanitaria, estos podrán ser gestionados y asegurados de manera eficiente mediante contratación de proveedores autorizados dentro del Recinto Portuario o a través de empresas públicas y privadas que cuenten con los permisos correspondientes. Entre los servicios a contratar se incluyen los siguientes:



- **Suministro de agua potable:** El abastecimiento de agua para todas las actividades y necesidades operativas del proyecto será contratado a través de los servicios de pipas autorizadas por empresas proveedoras certificadas. El volumen requerido será administrado conforme a la programación de obra, evitando pérdidas y garantizando un uso eficiente del recurso.

- **Servicios sanitarios y manejo de aguas residuales:** Durante la fase de preparación de sitio, construcción se contratarán sanitarios móviles o módulos sanitarios portátiles, certificados para uso industrial. El manejo y disposición final de las aguas residuales generadas se realizará exclusivamente mediante empresas autorizadas para la recolección, transporte y tratamiento, asegurando el cumplimiento de la normatividad aplicable en materia de descargas.

- **Energía eléctrica temporal y permanente:** La energía eléctrica necesaria para maquinaria, iluminación, herramientas y servicios operativos será contratada mediante plantas generadoras móviles certificadas o, en caso de ser requerido mediante conexión regulada con la infraestructura eléctrica del Recinto Portuario. Todas las instalaciones y conexiones cumplirán con las normas técnicas vigentes para garantizar seguridad y continuidad operativa.

- **Servicios de telecomunicaciones (voz y datos):** Los sistemas de comunicación, que incluyen telefonía, internet y transmisión de datos para operación y control logístico, serán contratados mediante proveedores autorizados dentro del puerto o compañías externas que cuenten con la infraestructura adecuada y permisos correspondientes.

- **Drenaje pluvial y manejo de escurrimientos:** Las obras pluviales contempladas para el proyecto serán conectadas al sistema existente del Recinto Portuario. De requerirse mantenimiento, desazolve o servicios adicionales, estos serán contratados mediante empresas especializadas en infraestructura hidráulica.

- **Iluminación y señalización:** La instalación, mantenimiento y eventual ampliación del sistema de iluminación exterior y de la señalética operativa se realizará mediante la contratación de empresas certificadas, asegurando el cumplimiento de estándares de eficiencia energética y seguridad industrial.

- **Servicios complementarios (maquinaria, transporte, recolección de residuos):** Cualquier estructura, equipo o servicio adicional requerido como alquiler de maquinaria pesada, retiro y manejo de residuos sólidos, control de accesos, equipos de seguridad, entre otros será contratado mediante proveedores debidamente autorizados, garantizando la trazabilidad y correcta gestión de cada componente.

El proyecto contempla la construcción de una plataforma de concreto y la integración de todos los sistemas contratados, con el objetivo de habilitar un área funcional para el almacenamiento



y manejo de carga comercial. La totalidad de los servicios contratados se integrará conforme a los criterios técnicos y normativos aplicables, garantizando condiciones operativas seguras, eficientes y compatibles con la infraestructura portuaria existente.

II.1.6 Inversión requerida

La inversión para el desarrollo de la obra civil considera un monto aproximado de **$342,978,066.41** y la Inversión destinado a actividades de medidas ambientales **$2,500,000.00.**

II.2. Características particulares del Proyecto.

II.2.1 Dimensiones del proyecto

El proyecto denominado **"Ampliación de patios de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca",** se localiza dentro del Recinto Portuario de Salina Cruz, en la zona costera del Golfo de Tehuantepec, cercano al litoral del Océano Pacífico, en el estado de Oaxaca, México. La administración del Sistema Portuario Nacional de Salina Cruz (ASIPONA SC) es la entidad responsable de la administración, operación y gestión del área donde se desarrollará el proyecto.

La ASIPONA Salina Cruz tiene su domicilio en, Interior Recinto Fiscal S/N, Colonia Cantarranas, C.P. 70680, Salina Cruz, Oaxaca.

El polígono correspondiente al área del proyecto **"Ampliación de patios de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca",** comprende una **superficie total de 90,890.935m^2 (9.08ha) Figura 1, las coordenadas geográficas se indican en la Tabla 1. El área requerida para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), corresponde a una superficie de 39,200.00m^2 (3.92ha), ver figura 2, las coordenadas se indican en la Tabla 2.**



Figura 1. Polígono General del Proyecto.



Figura 2. Área sujeta a cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF).

II.2.2 Representación gráfica regional

De acuerdo con la **Figura 3**., se identifica la localización geográfica y geopolítica de ubicación del área sujeta a Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF). La cartografía se elaboró con base en el Sistema de Coordenadas UTM, Zona 15 N, con Datum WGS 84, utilizando información proveniente de fuentes oficiales y cartografía base de ESRI, INEGI y ASIPONA Salina Cruz. En el mapa se representan los principales elementos de infraestructura (carreteras, vías férreas y caminos), así como los rasgos hidrológicos, administrativos y naturales relevantes, permitiendo contextualizar espacialmente el sitio del proyecto en relación con su entorno inmediato y regional.



Figura 3. Ubicación geográfica y geopolítica del proyecto.

II.2.3 Representación gráfica local

El proyecto "**Ampliación de patios de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca",** se localiza al interior del Recinto Portuario de Salina Cruz, el cual físicamente esta contiguo con: (**Figura 4**):

- **Al Norte**, limita con calle Benito Juárez
- **Al Oeste**, con Puerto Petrolero Salina Cruz
- **Al Este**, con Malecón Salina Cruz
- **Al Sur**, con el Océano Pacifico



Figura 4. Delimitación física del "Polígono General del Proyecto"

II.2.4 Preparación del Sitio

La duración del proyecto es de 4 años. Durante 5 meses de cada uno de los 4 años en una porción de la superficie total del proyecto, se ejecutarán todas las actividades necesarias para el CUSTF (desmonte, despalme, relleno, nivelación y compactación), así como, las actividades relativas al despalme, relleno, nivelación y compactación de la superficie que no está sujeta a autorización de CUSTF por no tener vegetación; todas estas actividades posibilitarán la posterior construcción de la plancha de concreto.

Tabla 3. Preparación del sitio

Superficie (m^2)	5 meses del Año 1	5 meses del Año 2	5 meses del Año 3	5 meses del Año 4	Superficie (m^2) subtotal
	Desmonte, despalme, relleno, nivelación y compactación				
Sujeta a autorización CUSTF	6, 841.07	10, 341.98	14,775.07	7,241.96	**Sujeta a autorización CUSTF** 39,200.08
Superficie (m^2)	**Despalme, relleno, nivelación y compactación**				**Superficie (m^2) subtotal**
No sujeta a autorización CUSTF	15,858.93	12,358.02	7,924.93	15,458.14	**No sujeta a autorización CUSTF** 51,600.02
Subtotal por año	22,700	22,700	22,700	22,700	**90,800.1 m^2**
Total	**90,800.1 m^2**				



Figura 4 Preparación de Sitio: Superficies CUSTF y Sin vegetación Forestal 1er año.



Figura 5. Preparación de Sitio: Superficies CUSTF y Sin vegetación Forestal 2do año.



Figura 6. Preparación de Sitio: Superficies CUSTF y Sin vegetación Forestal 3er año.



Figura 7. Preparación de Sitio: Superficies CUSTF y Sin vegetación Forestal 4to año.

La suma de estas superficies corresponde al polígono total del proyecto de **9.08 ha,** integrado por **3.92 ha sujetas a CUSTF y 5.16 ha sin vegetación.** En la siguiente tabla, se resumen las obras y actividades antes señaladas.

Tabla 4. Resumen del Programa de Obras y Actividades de la etapa de preparación del sitio.

| Resumen de programa de obras y actividades en la etapa de preparación del sitio | | |



condiciones del sitio. Asimismo, se instalará señalización visible que advierta sobre las restricciones de acceso, riesgos presentes y rutas seguras de circulación.

Esta medida permitirá diferenciar con precisión las zonas operativas del resto del entorno, evitar interferencias con actividades externas y asegurar que todas las acciones del proyecto se desarrollen dentro del área autorizada. La definición clara de los límites es esencial para garantizar el orden, la seguridad y el cumplimiento de los lineamientos establecen las autoridades competentes.

- **Seguridad.** Durante la etapa de preparación del sitio y el desarrollo de las actividades del proyecto, se implementarán **medidas estrictas de seguridad** orientadas a proteger al personal, la maquinaria y las instalaciones provisionales. Estas acciones tienen como finalidad prevenir accidentes, reducir riesgos operativos y garantizar el cumplimiento de los lineamientos establecidos y la normatividad aplicable en materia de seguridad industrial.

Las medidas incluyen la obligatoriedad del uso de **Equipo de Protección Personal (EPP)** —casco, chaleco reflectante, calzado de seguridad, guantes y lentes— para todo el personal que ingrese a la zona operativa. Se establecerán rutas seguras de circulación, puntos de reunión, señalización preventiva y controles de acceso para evitar la entrada de personas no autorizadas.

Asimismo, se mantendrá en sitio un programa de supervisión continua, bitácoras de seguridad, inducciones al personal y revisiones periódicas de maquinaria, herramientas y obras provisionales para asegurar que operen bajo condiciones adecuadas. También se contará con extintores, botiquines de primeros auxilios y sistemas básicos de respuesta inmediata ante incidentes.

La aplicación estricta de estas medidas asegura un ambiente de trabajo ordenado, seguro y operativamente eficiente, minimizando riesgos y garantizando la integridad del personal involucrado en el proyecto.

- **Letreros.** Como parte de las obras provisionales y de las medidas de seguridad en la etapa de preparación del sitio, se colocarán **letreros informativos y preventivos** en puntos estratégicos del área operativa. Su función es advertir riesgos, orientar al personal y asegurar el cumplimiento de las disposiciones establecidas por el promovente, y la normatividad vigente.

Los letreros incluirán señalización de **uso obligatorio de EPP**, advertencias de **peligro**, indicación de **accesos restringidos**, rutas de circulación, puntos de reunión y cualquier otra información necesaria para mantener el orden y la seguridad en la zona de trabajo. Estos elementos serán elaborados con materiales resistentes a la intemperie y con dimensiones que garanticen una correcta visibilidad.





Su colocación se realizará **fuera y dentro del perímetro delimitado**, en áreas de tránsito, accesos, zonas de maniobra y cercanías de maquinaria, asegurando que el personal y visitantes identifiquen claramente los lineamientos y riesgos desde su llegada al sitio.

La instalación de estos letreros es esencial para reforzar la prevención de accidentes, mantener el control operativo y asegurar un ambiente de trabajo seguro y organizado durante todo el desarrollo del proyecto.

Tabla 5. Listado de personal, materiales, maquinaria y equipo que serán usados en la Etapa de preparación del sitio.

Personal	Equipo y maquinaria	Materiales
Supervisor de obra, personal de seguridad y control ambiental, jefe de frente, operadores de maquinaria, cuadrillas de 10–15 trabajadores, topógrafo.	Retroexcavadoras CAT 320C con martillo hidráulico, grúa tipo Titanic, tractor D6, vibro compactador 14 ton, pipa de agua de 10 000 L, camiones de volteo, motosierra, compactador manual, herramientas menores (marros, picos, esmeriles.	Señalamientos, extintores, lonas, cintas de seguridad, combustible, lubricantes.

DESMONTE

El desmonte se define como la remoción, eliminación o habilitación de la vegetación forestal o arbustiva para destinar el terreno a usos distintos al forestal, ejecutada bajo control técnico, medidas de manejo y en apego a la autorización de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF). En este contexto, el desmonte constituye una actividad regulada que debe efectuarse bajo criterios de minimización de impactos y sujeción estricta a las superficies autorizadas.

Previo al inicio de los trabajos, se llevará a cabo la delimitación física y geoespacial del área a intervenir, correspondiente según la etapa, garantizando que las acciones se realicen exclusivamente dentro de los limites autorizados. Esta delimitación será verificada por el supervisor ambiental del proyecto antes del ingreso de maquinaria o personal operativo.

El desmonte programado contempla la remoción controlada de vegetación secundaria de manglar en cuatro fases anuales sucesivas, con superficies de **6,841.07 m^2 (año 1), 10,341.98 m^2 (año 2), 14, 775.07 m^2 (año 3) y 7,241.96 m^2 (año 4),** hasta alcanzar una superficie total de **3.92 ha.** Este esquema de intervención gradual permite reducir la presión sobre el ecosistema, facilitar el control ambiental y cumplir con los lineamientos regulatorios aplicables a la remoción de vegetación de manglar.





Previo a la remoción de vegetación (desmonte), se implementará el ***Programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna que pudieran resultar afectadas y su adaptación al nuevo hábitat, en caso de autorizarse el cambio de uso de suelo***, conforme al manejo aprobado por la autoridad ambiental y bajo supervisión de un especialista acreditado. Las actividades incluirán identificación, marcaje, colecta y traslado de individuos susceptibles de rescate, tales como *Incilius marmoreus, Boa imperator, Ctenosaura pectinata, Iguana iguana y Aspidoscelis deppii*, así como material vegetal (estacas y semillas) de Mangle (*Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus*).

La fauna será reubicada en el sitio propuesto localizado al norte del área CUSTF, a 2.91 km del polígono del proyecto, el cual cuenta con una superficie aproximada de 8.0 ha de vegetación de manglar (sitio denominado como de compensación ambiental por reforestación) registrada en el Inventario Nacional de Humedales de CONAGUA. El material vegetal (estaca y/o semilla) de *Conocarpus erectus* será trasladado al sitio receptor "Playas Escolleras", ubicado al suroeste del municipio de Salina Cruz, aproximadamente a 7 km de la cabecera municipal. En el caso de *Avicennia germinans*, dado que se identificó un único individuo, su reubicación se efectuará dentro del Sistema Ambiental del proyecto, a 3.0 km de distancia, en una zona de manglar con presencia de *Avicennia germinans* registrada en el Inventario Nacional de Humedales.

Todas las actividades vinculadas al rescate, reubicacion, delimitación y manejo de biodiversidad serán ejecutadas por personal especializado y bajo supervisión ambiental continua, garantizando el cumplimiento de los protocolos técnicos.

Una vez concluido el rescate y verificada la delimitación del área, se llevará a cabo el desmonte utilizando herramientas y equipos adecuados para la remoción selectiva de vegetación. La actividad se realiza bajo procedimientos estrictos que aseguren la no afectación de áreas no autorizadas y la intervención exclusiva de las superficies autorizadas para CUSTF.

El material residual (biomasa, tocones y raíces) será acopiado en un sitio temporal al interior del polígono general del proyecto. Posteriormente será trasladado al sitio de compensación ambiental para ser usado como abono en las actividades de reforestación. El material será picado y esparcido en los sitios de reforestación.

Maquinaria requerida:

- Motosierras (2–4 unidades) para corte controlado del mangle.
- Desbrozadora o *brush cutter* para retiro de vegetación menor.
- Retroexcavadora con aditamento de brazo largo o cuchara para retiro de raíces y troncos autorizados.
- Minicargador (Bobcat) para maniobras en zonas de difícil acceso.
- Camiones de volteo (14–20 m³) para traslado del material residual vegetal al sitio de acopio.
- Cuatrimotos o vehículo utilitario para desplazamiento del personal en campo.





- Equipo menor: machetes, palas, picos, sogas, estacas, cintas de medición.

Personal requerido:

- Coordinador de obra / Supervisor general
- Responsable técnico ambiental o biólogo (supervisión permanente)
- Brigada de flora (3–5 personas) para rescate y reubicación previo al desmonte
- Brigada de fauna (2–3 personas) para rescate y reubicación de fauna
- Jefe de frente
- Operadores de motosierras (2–4)
- Operador de retroexcavadora
- Operador de minicargador (Bobcat)
- Chofer de camiones de volteo (según unidades)
- Ayudantes generales de campo (4–6 personas)
- Bandero para control de maniobras
- Personal de seguridad para acceso y control

DESPALME

El despalme se ejecutará sobre la superficie correspondiente a la autorizada para CUSTF previamente desmontada, así como, sobre la superficie sin vegetación forestal, considerando para cada año una superficie de **22,700.00 m^2.** Esto con el fin de preparar el terreno para las actividades subsecuentes del proyecto. El objetivo de esta actividad es preparar el terreno para el desarrollo ordenado de las labores subsecuentes del proyecto.

Las acciones de despalme se realizarán de manera estricta dentro del polígono autorizado y únicamente sobre la superficie programada para cada periodo anual, equivalente a **22,700.00 m^2,** en un periodo de cuatro años, garantizando así un avance progresivo y técnicamente controlado del proceso de intervención.

En términos técnico-normativos, el **despalme** se entiende como la **remoción mecánica de la capa superficial del suelo**, constituida por materia orgánica en descomposición, residuos vegetales y horizontes edáficos con escasa cohesión o capacidad estructural. De acuerdo con los lineamientos operativos contemplados en la legislación forestal y su normativa secundaria, esta actividad forma parte del **proceso de preparación del sitio** posterior al desmonte, siempre que se realice en terrenos autorizados para cambio de uso de suelo en terrenos forestales y bajo criterios que garanticen el manejo adecuado del suelo removido.

El procedimiento consiste en retirar entre 10 y 15 cm de suelo orgánico mediante maquinaria ligera y pesada, seleccionada conforme a las condiciones físicas del sitio, asegurando una extracción homogénea y técnicamente controlada. El material producto del despalme será acopiado temporalmente y trasladado a bancos de tiro autorizados y cercanos al proyecto, conforme a las disposiciones aplicables en materia de manejo y disposición de residuos de carácter natural.





La ejecución secuencial del despalme permitirá mantener un control adecuado del manejo del suelo, asegurando que cada superficie intervenida reciba el tratamiento técnico correspondiente previo al avance de las siguientes fases operativas. Esta metodología garantiza la trazabilidad de las acciones y el cumplimiento de las medidas establecidas en la autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

Maquinaria requerida:

- Retroexcavadora (pala frontal) para retiro de capa orgánica.
- Bulldozer D6 o equivalente para empuje y corte superficial.
- Motoniveladora para afinado y nivelación inicial.
- Camiones de volteo (14–20 m³) para traslado del material producto del despalme al área de acopio.
- Vibrocompactador (rodillo liso) para estabilización preliminar del terreno posterior al retiro del material orgánico.
- Pipa de agua (10,000 L) para control mínimo de polvo durante maniobras.
- Equipo menor: palas, picos, marros, cintas métricas, estacas, nivel de mano.

Personal requerido:

- Supervisor de obra / Residente técnico
- Jefe de frente
- Topógrafo (para verificación de niveles y espesores de retiro)
- Operador de bulldozer
- Operador de retroexcavadora
- Operador de motoniveladora
- Operador de Vibrocompactador
- Choferes de camiones de volteo (dependiendo del número de unidades)
- Auxiliares de obra (2–4 personas para apoyo general)
- Personal de supervisión ambiental (para seguimiento a las actividades)
- Bandero (para control de maniobras con maquinaria)

RELLENO

El relleno se llevará a cabo una vez concluido el despalme en la superficie programada por año. Esta actividad tiene por finalidad restituir niveles, incrementar la capacidad portante del terreno y acondicionar la plataforma para las fases constructivas subsecuentes. Su ejecución se realizará exclusivamente **dentro del polígono del proyecto** y conforme a la programación anual proyectada **a cuatro años**, durante los cuales se intervendrá una superficie total de **9.08ha.**

El proceso de relleno consistirá en la colocación de material pétreo o material adecuado previamente aprobado por la supervisión técnica, proveniente de un banco autorizado. Dicho material será extendido en capas sucesivas de **20 a 30 cm**, cada una de las cuales será nivelada y compactada conforme a los parámetros establecidos, aplicando los valores mínimos de



densidad seca determinados mediante los ensayos Proctor Estándar. Para garantizar la estabilidad estructural del terreno, se efectuarán verificaciones continuas mediante pruebas de densidad en sitio y revisiones topográficas.

Las actividades comprenderán el **acarreo, extendido, nivelación y compactación** del material, asegurando una ejecución homogénea en el total de la superficie trabajada. Este procedimiento formará parte del avance anual programado, de manera que en cada año se aplique la misma secuencia constructiva sobre la superficie intervenida correspondiente.

La totalidad de los trabajos será supervisada por personal técnico y ambiental, con el fin de asegurar que el material cumpla con las especificaciones aprobadas, que el espesor de las capas sea el adecuado y que los parámetros de compactación satisfagan los requisitos necesarios para garantizar un comportamiento estructural seguro, estable y acorde con las disposiciones ambientales vigentes.

Maquinaria requerida:

- Bulldozer D6 o equivalente Para empuje y extendido inicial del material de relleno.
- Motoniveladora para afinado y conformación de pendientes y niveles.
- Vibrocompactador (rodillo liso o pata de cabra, según el material) Para compactación por capas de 20–30 cm.
- Retroexcavadora para acomodo de material y apoyo en maniobras.
- Camiones de volteo (14–20 m^3) Para acarreo del material de relleno desde la fuente autorizada al sitio.
- Pipa de agua (10,000 L) Para humectación del material y apoyo en compactación.
- Equipo menor: Palas, picos, cintas métricas, estacas, nivel manual, pintura marcadora.

Personal requerido:

- Supervisor de obra / Residente técnico
- Topógrafo (verificación de niveles, espesores y pendientes)
- Jefe de frente
- Operador de bulldozer
- Operador de motoniveladora
- Operador de Vibrocompactador
- Operador de retroexcavadora
- Choferes de camiones de volteo
- Ayudantes generales de campo (2–4 personas para apoyo en marcaje, supervisión visual y maniobras)
- Bandero (para control de accesos y maquinaria)
- Personal de supervisión ambiental (verificación del origen del material y cumplimiento de lineamientos)





NIVELACIÓN

La nivelación se ejecutará una vez concluido el relleno y la compactación preliminar en la superficie a intervenir por año. Esta actividad tiene como objetivo acondicionar el terreno para la construcción de una plancha de concreto destinada al almacenamiento, maniobra y resguardo de carga proveniente del puerto, por lo que deberá cumplir con altos estándares de uniformidad, capacidad estructural y precisión topográfica.

Los trabajos consistirán en el perfilado y afinado minucioso del terreno, empleando equipo topográfico de alta precisión para verificar que las cotas y pendientes cumplan con el diseño estructural establecido para la losa de concreto. Se utilizará una motoniveladora para realizar pasadas controladas que permitan obtener una superficie uniforme, corrigiendo desniveles mediante incorporación puntual de material y su compactación inmediata.
Como parte esencial del proceso, se aplicarán riegos controlados de agua con el fin de regular el contenido de humedad del material y facilitar el afinado final de la superficie. Estos riesgos permitirán estabilizar el terreno, mejorar la cohesión del material granular, evitar el levantamiento de polvo durante los trabajos y garantizar que la humedad se mantenga dentro de los valores óptimos para la compactación posterior. El volumen y frecuencia de riego se ajustarán conforme a las condiciones climáticas y a los resultados de verificación de humedad en campo.

La nivelación deberá garantizar las **pendientes mínimas hidráulicas,** aproximadamente con una pendiente media de **2.8%**, con el propósito de evitar encharcamientos que comprometan la operación futura del área de almacenamiento. Asimismo, se revisarán puntos de control, bancadas y alineamientos, asegurando que la plataforma quede debidamente preparada para la siguiente fase: la colocación de la subbase, la base hidráulica y finalmente la losa de concreto estructural.

COMPACTACIÓN

La compactación se realizará una vez concluidas las actividades de nivelación sobre la superficie intervenida en cada etapa. El propósito de esta actividad es incrementar la densidad del material, reducir su porosidad y asegurar una capacidad portante adecuada que garantice el desempeño estructural de la plataforma donde se construirá la plancha de concreto destinada a operaciones de almacenamiento y maniobra portuaria.

El proceso consistirá en la aplicación de energía mecánica mediante equipo especializado de compactación, como rodillos lisos vibratorios, rodillos neumáticos y/o compactadores tipo pata de cabra, seleccionados conforme al tipo de material previamente colocado. La compactación se llevará a cabo en **capas sucesivas de 20 a 30 cm**, asegurando que cada un alcance los valores de densidad establecidos por el diseño a partir de los ensayos Proctor Estándar.

Un componente critico de esta actividad será la aplicación de riegos controlados, cuyo propósito es mantener el contenido de humedad del material dentro del rango óptimo para la



compactación. La humedad adecuada permitirá alcanzar la densidad seca máxima especificada y garantizar la integridad del proceso, evitando fracturas, asentamientos diferenciales o pérdida de capacidad estructural. Los riegos se aplicarán antes y durante el proceso de compactación, regulando su frecuencia según las condiciones climáticas, la adsorción del material y los resultados de las pruebas de humedad realizadas en campo.

Durante la ejecución se llevarán a cabo verificaciones continuas de control de calidad, que incluirán:

- Ensayos de **densidad *in situ*** (método del cono de arena o densímetro nuclear),
- Medición del contenido de humedad para validar su correspondencia con el óptimo Proctor,
- Revisión del espesor de las capas antes y después de compactar,
- Comprobación topográfica de los niveles obtenidos.

Cada capa deberá alcanzar los porcentajes de compactación requeridos por las especificaciones del proyecto, generalmente entre **90 % y 95 %** de la Densidad Seca Máxima (DSM), lo que garantizará la estabilidad necesaria para la colocación de la subbase, la base hidráulica y posteriormente la losa de concreto estructural.

La totalidad de las actividades será supervisada por **personal técnico y ambiental**, quienes verificarán la correcta operación de los equipos, la aplicación adecuada de los riegos, el cumplimiento de los parámetros de compactación y la conformidad de la superficie preparada para la siguiente fase constructiva.

Como parte de la programación general, esta nivelación aplica a la superficie a intervenir por año, con proyección a concluir a **4 años** hasta completar el área total de **90,800.00 m^2 (9.08 ha)**, destinada al acondicionamiento de infraestructura logística para el manejo de carga portuaria.

II.2.5 Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto

Incluye oficinas temporales, talleres, bodegas, laboratorio de control de calidad del suelo, sanitarios portátiles, áreas de almacenamiento temporal de residuos, delimitación perimetral, señalización y sistemas de seguridad operativa.

Estás áreas estarán ubicadas dentro de la superficie definida para el proyecto en una poligonal de 950 m^2.





Tabla 6. Coordenadas UTM de la superficie de obras temporales.

Vértice	X	Y
0	266156.61	1789113.01
1	266171.14	1789119.33
2	266204.41	1789096.38
3	266165.87	1789081.43
4	266156.61	1789113.01

- **Instalación de oficinas provisionales.** La instalación de las oficinas portátiles se realizará como parte de las obras provisionales necesarias para el arranque del proyecto. Estas oficinas funcionarán como punto de control técnico-administrativo y como espacio operativo para el personal encargado de la supervisión, logística y coordinación de las actividades en campo.

Los módulos portátiles serán **colocados dentro del polígono general del proyecto**, en un área previamente identificada y despejada, con el fin de no interferir con las maniobras, la maquinaria ni las actividades propias de la obra. Una vez ubicados, se procederá a su nivelación, acondicionamiento y conexión provisional a las fuentes de energía y agua disponibles, además de la instalación del mobiliario básico que garantice su operación.

- **Instalación de Bodegas provisionales.** Como parte de las obras provisionales correspondientes a la etapa de preparación del sitio, se llevará a cabo la colocación de bodegas destinadas al resguardo, organización y manejo seguro de materiales, herramientas y equipos requeridos durante la ejecución del proyecto.

Las bodegas serán instaladas dentro del polígono general del proyecto, en un área previamente definida por la supervisión del promovente, y debidamente acondicionada para garantizar la seguridad operativa y evitar interferencias con las maniobras de construcción. La zona de ubicación será nivelada y señalizada, asegurando accesos adecuados para la entrada y salida de materiales, así como para el tránsito del personal autorizado.

Las actividades incluyen el traslado, montaje y fijación de las estructuras, además de la instalación de sistemas básicos de ventilación, iluminación y elementos de protección para prevenir afectaciones por condiciones ambientales. Asimismo, se implementarán medidas de control y registro para el manejo responsable de materiales, de acuerdo con las disposiciones internas de seguridad y normativa aplicable.

La colocación de estas bodegas permitirá mantener un control eficiente del inventario, optimizar la logística del proyecto y garantizar el almacenamiento seguro de insumos durante todo el periodo de construcción del proyecto.

- **Instalación de talleres provisionales.** Durante la etapa de preparación del sitio se llevará a cabo la instalación de talleres provisionales destinados a la ejecución de actividades de mantenimiento menor, ajustes operativos y preparación de materiales que se requieran



durante el desarrollo del proyecto. Estos talleres permitirán atender de manera oportuna las necesidades técnicas en campo y optimizar los tiempos de respuesta ante cualquier ajuste operativo.

Los talleres serán dentro del polígono general del proyecto, en un área previamente designada por la supervisión, garantizando que su ubicación no interfiera con las maniobras de obra, el tránsito de maquinaria o las actividades portuarias. El área será nivelada, señalizada y acondicionada para cumplir con las medidas de seguridad necesarias.

Estos talleres provisionales permitirán realizar adecuaciones básicas, reparaciones, armado de elementos y preparación logística sin interrumpir el avance general del proyecto.

- **Laboratorio de control de calidad del suelo.** se instalará un laboratorio de control de calidad del suelo **ASTM D698** (Standard Proctor Test) y **ASTM D1557** (Modified Proctor Test) para pruebas de compactación de materiales en sitio del proyecto. Este espacio permitirá efectuar verificaciones directas en campo, agilizando la toma de decisiones y garantizando la calidad de los procesos constructivos.

El laboratorio será instalado dentro del polígono general del proyecto, en un área previamente definida por la supervisión, y acondicionada para operar de manera segura y eficiente. La ubicación estratégica evita interferencias con las maniobras, el movimiento de maquinaria pesada y las actividades propias de la obra.

La instalación incluye el montaje de una estructura provisional adecuada para alojar equipo especializado de muestreo, compactación, granulometría y demás pruebas requeridas.
El establecimiento de este laboratorio permitirá llevar un control meticuloso de la calidad del suelo y asegurará el cumplimiento de las especificaciones técnicas exigidas durante la ejecución del proyecto.

Las actividades de control de calidad del suelo incluirán la realización de **pruebas de compactación tipo Proctor Estándar**, con el fin de verificar que los materiales utilizados en la conformación de capas, rellenos y subrasantes cumplan con los parámetros mínimos de densidad seca requeridos por la normativa aplicable. Se aplicarán pruebas con un **95% de la Densidad Máxima Seca (DMS) obtenida en laboratorio**, de acuerdo con la metodología Proctor Estándar (ASTM D698).

- **Instalación de sanitarios portátiles.** Como parte de las obras provisionales en la etapa de preparación del sitio, se instalarán sanitarios portátiles destinados al uso del personal que participará en las actividades del proyecto (1 sanitario por cada 10 trabajadores). Estas unidades serán colocadas en un área accesible dentro del polígono general del proyecto, evitando interferencias con las maniobras y asegurando condiciones básicas de higiene.





El servicio será proporcionado por una **empresa autorizada**, responsable de suministrar los sanitarios, realizar la **limpieza semanal**, efectuar el mantenimiento correspondiente y llevar a cabo el **retiro de las aguas residuales**. Dichos residuos serán transportados y entregados en un **sitio de disposición final autorizado**, garantizando el cumplimiento de la normatividad vigente en materia de saneamiento y manejo ambiental.

La instalación de estos sanitarios tiene como objetivo brindar condiciones adecuadas para que el personal pueda realizar sus necesidades fisiológicas de manera segura y ordenada, manteniendo el sitio de trabajo en condiciones higiénicas y evitando afectaciones al entorno del proyecto.

- **Instalación de un almacén Temporal De Residuos.** Como parte de las obras provisionales y de las medidas de manejo ambiental del proyecto, se instalará un **Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (RP), Residuos de manejo especial (RME) y Residuos sólidos urbanos (RSU),** espacio destinado a recibir, clasificar y resguardar de manera segura los residuos generados durante las actividades de obra que, por sus características, requieren un manejo especializado conforme a la normatividad aplicable.

El almacén será instalado dentro del polígono general del proyecto, en un área delimitada y acondicionada para garantizar la protección del personal y del entorno. La estructura contará con piso impermeabilizado, techado, ventilación adecuada, diques de contención y señalización visible que identifique los tipos de residuos almacenados, riesgos asociados y medidas de seguridad.

Este espacio permitirá el acopio temporal de materiales tales como aceites usados, trapos contaminados, filtros, envases con residuos químicos y cualquier otro residuo considerado peligroso conforme a la NOM-052-SEMARNAT-2005. Los residuos serán manejados bajo protocolos de control estricto y transferidos de manera periódica a un **prestador de servicios autorizado**, quien se encargará de su transporte y disposición final en un sitio aprobado por la autoridad ambiental.

La instalación de este almacén garantiza el cumplimiento de las obligaciones ambientales del proyecto, evita riesgos por derrames o contaminaciones accidentales y asegura la trazabilidad del manejo de los residuos peligrosos generados durante la ejecución de las obras.

II.2.6 Descripción de obras asociadas al proyecto

El proyecto no contempla obras asociadas.





II.2.7 Estimación del volumen por especie de materias primas forestales derivadas del cambio de uso de suelo

Con base en la caracterización dasométrica realizada en el área sujeta a cambio de uso de suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) del proyecto (3.92 ha), en el presente apartado se estima el volumen total de materias primas forestales que serán afectadas por el cambio de uso del suelo. La cuantificación se desarrolla por especie e integrando los parámetros dendrométricos obtenidos en campo, así como los factores de forma y las ecuaciones de volumen aplicables al tipo de vegetación presente.

La estimación se presenta de conformidad con los lineamientos técnicos establecidos por la legislación forestal vigente, asegurando que los cálculos reflejen de manera precisa la disponibilidad de biomasa maderable y su distribución espacial. Esta información constituye un insumo fundamental para determinar la magnitud del impacto sobre los recursos forestales, así como para definir las medidas de compensación y manejo correspondientes dentro del marco del procedimiento de cambio de uso del suelo en terrenos forestales.

Datos de Campo

Los datos obtenidos durante la evaluación de los sitios de muestreo y a partir de los cuales se estimó el volumen y número de individuos a remover se muestran en la siguiente tabla.





Tabla 7. Memoria de campo estrato arbóreo.

NO. ÁRBOL	NO. RAMA	NOMBRE CIENTÍFICO	DAP (CM)	ALT (M)	AB UNIT. (M^2)	VOL. UNIT (M^3VTA)
SITIO 1						
1	1	*Parkinsonia aculeata*	8	4.5	0.005	0.0119
1	2	*Parkinsonia aculeata*	8	4.5	0.005	0.0119
2	1	*Parkinsonia aculeata*	15	5	0.018	0.0465
3	1	*Parkinsonia aculeata*	18	7	0.025	0.0933
3	2	*Parkinsonia aculeata*	9.7	7	0.007	0.0271
4	1	*Neltuma juliflora*	12.4	7	0.012	0.0539
4	2	*Neltuma juliflora*	18.9	7	0.028	0.1169
5	1	*Parkinsonia aculeata*	7	7	0.004	0.0141
5	2	*Parkinsonia aculeata*	6.5	7	0.003	0.0121
5	3	*Parkinsonia aculeata*	20.4	7	0.033	0.1198
5	4	*Parkinsonia aculeata*	8	7	0.005	0.0184
6	1	*Parkinsonia aculeata*	6.8	6	0.004	0.0114
6	2	*Parkinsonia aculeata*	7	6	0.004	0.0121
7	1	*Parkinsonia aculeata*	13.7	7	0.015	0.0540
7	2	*Parkinsonia aculeata*	7.5	7	0.004	0.0162
8	1	*Parkinsonia aculeata*	8	6	0.005	0.0158
8	2	*Parkinsonia aculeata*	7	6	0.004	0.0121
9	1	*Parkinsonia aculeata*	6	4.5	0.003	0.0067
9	2	*Parkinsonia aculeata*	5.5	4.5	0.002	0.0056
9	3	*Parkinsonia aculeata*	5.2	4.5	0.002	0.0050
10	1	*Pithecellobium dulce*	5.5	3.5	0.002	0.0024
11	1	*Parkinsonia aculeata*	6.7	6	0.004	0.0111
11	2	*Parkinsonia aculeata*	6.5	6	0.003	0.0104
11	3	*Parkinsonia aculeata*	11.7	6	0.011	0.0338
11	4	*Parkinsonia aculeata*	6	6	0.003	0.0089
11	5	*Parkinsonia aculeata*	14	6	0.015	0.0485
12	1	*Parkinsonia aculeata*	5.2	3	0.002	0.0034
13	1	*Parkinsonia aculeata*	6.1	4	0.003	0.0062
14	1	*Parkinsonia aculeata*	5.5	4.5	0.002	0.0056
14	2	*Parkinsonia aculeata*	5.8	4.5	0.003	0.0063
15	1	*Pithecellobium dulce*	10.9	10	0.009	0.0286
15	2	*Pithecellobium dulce*	6.3	10	0.003	0.0097
15	3	*Pithecellobium dulce*	38	10	0.113	0.3352
16	1	*Coccoloba liebmannii*	7	4	0.004	0.0097
16	2	*Coccoloba liebmannii*	6	4	0.003	0.0073
17	1	*Azadirachta indica*	6	3.5	0.003	0.0061
18	1	*Azadirachta indica*	6.5	3.5	0.003	0.0072
19	1	*Conocarpus erectus*	12	5	0.011	0.0301
20	1	*Pithecellobium dulce*	26	7	0.053	0.1085
21	1	*Conocarpus erectus*	12	4.5	0.011	0.0271





NO. ÁRBOL	NO. RAMA	NOMBRE CIENTÍFICO	DAP (CM)	ALT (M)	AB UNIT. (M^2)	VOL. UNIT (M^3VTA)
22	1	*Conocarpus erectus*	7.3	7	0.004	0.0155
22	2	*Conocarpus erectus*	18	7	0.025	0.0946
22	3	*Conocarpus erectus*	18	7	0.025	0.0946
23	1	*Conocarpus erectus*	12	4	0.011	0.0241
24	1	*Parkinsonia aculeata*	9.5	4.5	0.007	0.0168
24	2	*Parkinsonia aculeata*	11	4.5	0.010	0.0225
24	3	*Parkinsonia aculeata*	9	4.5	0.006	0.0151
25	1	*Conocarpus erectus*	18	6.5	0.025	0.0879
25	2	*Conocarpus erectus*	15	6.5	0.018	0.0610
SITIO 2						
1	1	*Conocarpus erectus*	21	13	0.035	0.2376
1	2	*Conocarpus erectus*	32	13	0.080	0.5519
2	1	*Conocarpus erectus*	8	10	0.005	0.0266
2	2	*Conocarpus erectus*	14	10	0.015	0.0814
2	3	*Conocarpus erectus*	6.5	10	0.003	0.0175
2	4	*Conocarpus erectus*	15	10	0.018	0.0935
3	1	*Conocarpus erectus*	35	13	0.096	0.6603
3	2	*Conocarpus erectus*	10	13	0.008	0.0539
3	3	*Conocarpus erectus*	15	13	0.018	0.1212
4	1	*Conocarpus erectus*	11.5	8	0.010	0.0440
4	2	*Conocarpus erectus*	10.5	8	0.009	0.0367
4	3	*Conocarpus erectus*	17	8	0.023	0.0963
5	1	*Conocarpus erectus*	7.5	4.5	0.004	0.0106
5	2	*Conocarpus erectus*	6	4.5	0.003	0.0068
6	1	*Conocarpus erectus*	18	11	0.025	0.1480
7	1	*Conocarpus erectus*	17	10	0.023	0.1201
8	1	*Conocarpus erectus*	28	12	0.062	0.3903
9	1	*Conocarpus erectus*	8	4.5	0.005	0.0121
10	1	*Conocarpus erectus*	7	12	0.004	0.0244
10	2	*Conocarpus erectus*	16.5	12	0.021	0.1355
10	3	*Conocarpus erectus*	35	12	0.096	0.6100
11	1	*Conocarpus erectus*	11	12	0.010	0.0602
11	2	*Conocarpus erectus*	24	12	0.045	0.2867
11	3	*Conocarpus erectus*	27	12	0.057	0.3629
11	4	*Conocarpus erectus*	23	12	0.042	0.2633
12	1	*Conocarpus erectus*	15	6	0.018	0.0564
13	1	*Conocarpus erectus*	12	7	0.011	0.0420
14	1	*Conocarpus erectus*	7.5	6	0.004	0.0141
14	2	*Conocarpus erectus*	8.5	6	0.006	0.0181
15	1	*Conocarpus erectus*	13.5	6	0.014	0.0457
15	2	*Conocarpus erectus*	5	6	0.002	0.0063
16	1	*Conocarpus erectus*	7.5	4	0.004	0.0094
16	2	*Conocarpus erectus*	5.5	4	0.002	0.0051





NO. ÁRBOL	NO. RAMA	NOMBRE CIENTÍFICO	DAP (CM)	ALT (M)	AB UNIT. (M^2)	VOL. UNIT (M^3VTA)
17	1	*Conocarpus erectus*	26	9	0.053	0.2531
17	2	*Conocarpus erectus*	7.5	9	0.004	0.0210
17	3	*Conocarpus erectus*	6	9	0.003	0.0135
17	4	*Conocarpus erectus*	21	9	0.035	0.1651
18	1	*Parkinsonia aculeata*	5.1	3.5	0.002	0.0038
19	1	*Avicennia germinans*	7	5	0.004	0.0102
19	2	*Avicennia germinans*	5.5	5	0.002	0.0062
SITIO 3						
1	1	*Pithecellobium dulce*	37	11	0.108	0.3519
2	1	*Leucaena lanceolata*	10	9	0.008	0.0216
3	1	*Leucaena lanceolata*	8	7	0.005	0.0106
4	1	*Parkinsonia aculeata*	6	4.5	0.003	0.0067
5	1	*Pithecellobium dulce*	9.5	6	0.007	0.0127
6	1	*Pithecellobium dulce*	42	11	0.139	0.4519
7	1	*Conocarpus erectus*	12	8	0.011	0.0480
7	2	*Conocarpus erectus*	16	8	0.020	0.0853
7	3	*Conocarpus erectus*	14	8	0.015	0.0653
7	4	*Conocarpus erectus*	18	8	0.025	0.1079
7	5	*Conocarpus erectus*	7	8	0.004	0.0163
7	6	*Conocarpus erectus*	5.5	8	0.002	0.0101
7	7	*Conocarpus erectus*	7.5	8	0.004	0.0187
7	8	*Conocarpus erectus*	6	8	0.003	0.0120
7	9	*Conocarpus erectus*	7	8	0.004	0.0163
8	1	*Pithecellobium dulce*	7	11	0.004	0.0132
8	2	*Pithecellobium dulce*	18	11	0.025	0.0850
9	1	*Leucaena lanceolata*	6	3	0.003	0.0024
10	1	*Leucaena lanceolata*	9	8	0.006	0.0155
11	1	*Azadirachta indica*	8	4.5	0.005	0.0139
12	1	*Leucaena lanceolata*	7.5	5	0.004	0.0065
13	1	*Pithecellobium dulce*	27	11	0.057	0.1891
14	1	*Parkinsonia aculeata*	13	4.5	0.013	0.0315
15	1	*Parkinsonia aculeata*	15	5	0.018	0.0465
16	1	*Conocarpus erectus*	8	5	0.005	0.0134
17	1	*Pithecellobium dulce*	13	2	0.013	0.0073
18	1	*Pithecellobium dulce*	16	10	0.020	0.0609
19	1	*Pithecellobium dulce*	9	6	0.006	0.0114
20	1	*Pithecellobium dulce*	25	12	0.049	0.1783
21	1	*Pithecellobium dulce*	9	4.5	0.006	0.0084
22	1	*Conocarpus erectus*	9	3.5	0.006	0.0119
SITIO 4						
1	1	*Pithecellobium dulce*	36	10	0.102	0.3013
1	1	*Pithecellobium dulce*	6.5	10	0.003	0.0103
1	1	*Pithecellobium dulce*	32	10	0.080	0.2389





NO. ÁRBOL	NO. RAMA	NOMBRE CIENTÍFICO	DAP (CM)	ALT (M)	AB UNIT. (M^2)	VOL. UNIT (M^3VTA)
1	1	*Pithecellobium dulce*	25	10	0.049	0.1468
1	1	*Pithecellobium dulce*	19.5	10	0.030	0.0900
1	1	*Pithecellobium dulce*	8	10	0.005	0.0155
1	1	*Pithecellobium dulce*	7	10	0.004	0.0119
2	1	*Azadirachta indica*	5	3.5	0.002	0.0043
3	1	*Parkinsonia aculeata*	12	9	0.011	0.0531
3	2	*Parkinsonia aculeata*	13.5	9	0.014	0.0671
3	3	*Parkinsonia aculeata*	6	9	0.003	0.0133
3	4	*Parkinsonia aculeata*	9	9	0.006	0.0298
4	1	*Parkinsonia aculeata*	8	7	0.005	0.0184
5	1	*Conocarpus erectus*	19	10	0.028	0.1500
5	2	*Conocarpus erectus*	20	10	0.031	0.1662
5	3	*Conocarpus erectus*	13	10	0.013	0.0702
5	4	*Conocarpus erectus*	14.5	10	0.017	0.0874
5	5	*Conocarpus erectus*	26	10	0.053	0.2809
6	1	*Parkinsonia aculeata*	22	9	0.038	0.1784
6	2	*Parkinsonia aculeata*	18	9	0.025	0.1194
6	3	*Parkinsonia aculeata*	15	9	0.018	0.0829
6	4	*Parkinsonia aculeata*	18	9	0.025	0.1194
6	5	*Parkinsonia aculeata*	12	9	0.011	0.0531
6	6	*Parkinsonia aculeata*	15	9	0.018	0.0829
6	7	*Parkinsonia aculeata*	17	9	0.023	0.1065
7	1	*Parkinsonia aculeata*	18	6	0.025	0.0801
8	1	*Conocarpus erectus*	8.5	10	0.006	0.0300
8	2	*Conocarpus erectus*	11	10	0.010	0.0503
8	3	*Conocarpus erectus*	22	10	0.038	0.2011
8	4	*Conocarpus erectus*	22	10	0.038	0.2011
8	5	*Conocarpus erectus*	14	10	0.015	0.0814
8	6	*Conocarpus erectus*	19	10	0.028	0.1500
8	7	*Conocarpus erectus*	18	10	0.025	0.1346
8	8	*Conocarpus erectus*	16	10	0.020	0.1064
8	9	*Conocarpus erectus*	10	10	0.008	0.0415
8	10	*Conocarpus erectus*	8	10	0.005	0.0266
9	1	*Parkinsonia aculeata*	8	4	0.005	0.0106
9	2	*Parkinsonia aculeata*	10	4	0.008	0.0166
10	1	*Conocarpus erectus*	7	4.5	0.004	0.0092
11	1	*Conocarpus erectus*	7	4	0.004	0.0082
12	1	*Parkinsonia aculeata*	12	6	0.011	0.0356
12	1	*Parkinsonia aculeata*	8	6	0.005	0.0158
13	1	*Parkinsonia aculeata*	12	5	0.011	0.0298
13	2	*Parkinsonia aculeata*	6	5	0.003	0.0074
SITIO 5						
1	1	*Conocarpus erectus*	16.3	8	0.021	0.0885





NO. ÁRBOL	NO. RAMA	NOMBRE CIENTÍFICO	DAP (CM)	ALT (M)	AB UNIT. (M^2)	VOL. UNIT (M^3VTA)
1	2	*Conocarpus erectus*	16.7	8	0.022	0.0929
2	1	*Conocarpus erectus*	5	4.5	0.002	0.0047
2	2	*Conocarpus erectus*	8	4.5	0.005	0.0121
3	1	*Conocarpus erectus*	28	8.5	0.062	0.2774
3	2	*Conocarpus erectus*	10	8.5	0.008	0.0354
3	3	*Conocarpus erectus*	8.5	8.5	0.006	0.0255
3	4	*Conocarpus erectus*	7.9	8.5	0.005	0.0221
3	5	*Conocarpus erectus*	6.8	8.5	0.004	0.0163
3	6	*Conocarpus erectus*	8.2	8.5	0.005	0.0238
3	7	*Conocarpus erectus*	12	8.5	0.011	0.0509
3	8	*Conocarpus erectus*	5.6	8.5	0.002	0.0111
3	9	*Conocarpus erectus*	18.8	8.5	0.028	0.1250
3	10	*Conocarpus erectus*	12.5	8.5	0.012	0.0553
3	11	*Conocarpus erectus*	10.6	8.5	0.009	0.0397
3	12	*Conocarpus erectus*	18	8.5	0.025	0.1146
3	13	*Conocarpus erectus*	9.5	8.5	0.007	0.0319
3	14	*Conocarpus erectus*	9.1	8.5	0.007	0.0293
4	1	*Conocarpus erectus*	5.5	8.5	0.002	0.0107
4	2	*Conocarpus erectus*	5.7	8.5	0.003	0.0115
4	3	*Conocarpus erectus*	15.6	8.5	0.019	0.0861
4	4	*Conocarpus erectus*	14	8.5	0.015	0.0693
5	1	*Conocarpus erectus*	19.5	8.5	0.030	0.1345
5	2	*Conocarpus erectus*	6.6	8.5	0.003	0.0154
6	1	*Conocarpus erectus*	15.6	8	0.019	0.0811
6	2	*Conocarpus erectus*	6.8	8	0.004	0.0154
6	3	*Conocarpus erectus*	19.2	8	0.029	0.1228
6	4	*Conocarpus erectus*	15.4	8	0.019	0.0790
6	5	*Conocarpus erectus*	10.7	8	0.009	0.0381
6	6	*Conocarpus erectus*	11.4	8	0.010	0.0433
7	1	*Conocarpus erectus*	7	8	0.004	0.0163
7	2	*Conocarpus erectus*	12	8	0.011	0.0480
7	3	*Conocarpus erectus*	11.5	8	0.010	0.0440
7	4	*Conocarpus erectus*	7	8	0.004	0.0163
8	1	*Conocarpus erectus*	13	6	0.013	0.0423
9	1	*Conocarpus erectus*	22	8.5	0.038	0.1712
9	2	*Conocarpus erectus*	23	8.5	0.042	0.1872
9	3	*Conocarpus erectus*	12.5	8.5	0.012	0.0553
9	4	*Conocarpus erectus*	8	8.5	0.005	0.0226
10	1	*Conocarpus erectus*	8.5	7	0.006	0.0211
11	1	*Conocarpus erectus*	9	8	0.006	0.0270
12	1	*Conocarpus erectus*	26	8.5	0.053	0.2392
12	2	*Conocarpus erectus*	25	8.5	0.049	0.2211
12	3	*Conocarpus erectus*	22	8.5	0.038	0.1712





NO. ÁRBOL	NO. RAMA	NOMBRE CIENTÍFICO	DAP (CM)	ALT (M)	AB UNIT. (M^2)	VOL. UNIT (M^3VTA)
12	4	*Conocarpus erectus*	25	8.5	0.049	0.2211
12	5	*Conocarpus erectus*	14	8.5	0.015	0.0693
13	1	*Conocarpus erectus*	15	8	0.018	0.0749
14	1	*Conocarpus erectus*	8.5	8.5	0.006	0.0255
15	1	*Conocarpus erectus*	5.6	6	0.002	0.0079
16	1	*Conocarpus erectus*	12	6	0.011	0.0361
17	1	*Conocarpus erectus*	22	7	0.038	0.1413
17	2	*Conocarpus erectus*	8	7	0.005	0.0187
17	3	*Conocarpus erectus*	8	7	0.005	0.0187
17	4	*Conocarpus erectus*	12	7	0.011	0.0420
17	5	*Conocarpus erectus*	10	7	0.008	0.0292
17	6	*Conocarpus erectus*	6	7	0.003	0.0105
17	7	*Conocarpus erectus*	8	7	0.005	0.0187
17	8	*Conocarpus erectus*	12	7	0.011	0.0420
18	1	*Conocarpus erectus*	12	8.5	0.011	0.0509
18	2	*Conocarpus erectus*	12	8.5	0.011	0.0509
18	3	*Conocarpus erectus*	9	8.5	0.006	0.0286
19	1	*Conocarpus erectus*	22	7.5	0.038	0.1513
19	2	*Conocarpus erectus*	12	7.5	0.011	0.0450
19	3	*Conocarpus erectus*	10	7.5	0.008	0.0312
19	4	*Conocarpus erectus*	12	7.5	0.011	0.0450
19	5	*Conocarpus erectus*	8	7.5	0.005	0.0200
20	1	*Conocarpus erectus*	22	8	0.038	0.1613
20	2	*Conocarpus erectus*	25	8	0.049	0.2082
20	3	*Conocarpus erectus*	18	8	0.025	0.1079
21	1	*Conocarpus erectus*	25	8.5	0.049	0.2211
21	2	*Conocarpus erectus*	12	8.5	0.011	0.0509
21	3	*Conocarpus erectus*	12	8.5	0.011	0.0509
21	4	*Conocarpus erectus*	15	8.5	0.018	0.0796
21	5	*Conocarpus erectus*	12	8.5	0.011	0.0509
21	6	*Conocarpus erectus*	15	8.5	0.018	0.0796
21	7	*Conocarpus erectus*	16	8.5	0.020	0.0906
21	8	*Conocarpus erectus*	18	8.5	0.025	0.1146
21	9	*Conocarpus erectus*	20	8.5	0.031	0.1415
21	10	*Conocarpus erectus*	15	8.5	0.018	0.0796
21	11	*Conocarpus erectus*	12	8.5	0.011	0.0509
SITIO 6						
1	1	*Conocarpus erectus*	22	7	0.038	0.1413
1	2	*Conocarpus erectus*	20.6	7	0.033	0.1239
1	3	*Conocarpus erectus*	7.1	7	0.004	0.0147
1	4	*Conocarpus erectus*	20	7	0.031	0.1168
1	5	*Conocarpus erectus*	15	7	0.018	0.0657
1	6	*Conocarpus erectus*	15	7	0.018	0.0657





NO. ÁRBOL	NO. RAMA	NOMBRE CIENTÍFICO	DAP (CM)	ALT (M)	AB UNIT. (M^2)	VOL. UNIT (M^3VTA)
1	7	*Conocarpus erectus*	12	7	0.011	0.0420
1	8	*Conocarpus erectus*	10	7	0.008	0.0292
2	1	*Conocarpus erectus*	16	7	0.020	0.0747
2	2	*Conocarpus erectus*	10	7	0.008	0.0292
3	1	*Conocarpus erectus*	11.2	5	0.010	0.0262
3	2	*Conocarpus erectus*	11	5	0.010	0.0253
3	3	*Conocarpus erectus*	10	5	0.008	0.0209
4	1	*Conocarpus erectus*	7.5	3	0.004	0.0071
5	1	*Pithecellobium dulce*	18.3	7	0.026	0.0543
5	2	*Pithecellobium dulce*	25.8	7	0.052	0.1069
5	3	*Pithecellobium dulce*	8.6	7	0.006	0.0123
5	4	*Pithecellobium dulce*	16.4	7	0.021	0.0438
5	5	*Pithecellobium dulce*	11.8	7	0.011	0.0229
5	6	*Pithecellobium dulce*	10	7	0.008	0.0165
5	7	*Pithecellobium dulce*	9.5	7	0.007	0.0149
5	8	*Pithecellobium dulce*	10	7	0.008	0.0165
5	9	*Pithecellobium dulce*	11.1	7	0.010	0.0203
5	10	*Pithecellobium dulce*	8.8	7	0.006	0.0128
5	11	*Pithecellobium dulce*	10	7	0.008	0.0165
5	12	*Pithecellobium dulce*	10.5	7	0.009	0.0182
6	1	*Pithecellobium dulce*	8.5	4	0.006	0.0066
7	1	*Pithecellobium dulce*	9.1	4.5	0.007	0.0086
8	1	*Pithecellobium dulce*	7.5	4	0.004	0.0052
9	1	*Pithecellobium dulce*	6.5	4	0.003	0.0039
9	2	*Pithecellobium dulce*	5.8	4	0.003	0.0031
9	3	*Pithecellobium dulce*	7.5	4	0.004	0.0052
10	1	*Pithecellobium dulce*	5.3	4.5	0.002	0.0029
11	1	*Pithecellobium dulce*	8	4.5	0.005	0.0066
12	1	*Pithecellobium dulce*	11	6	0.010	0.0169
12	2	*Pithecellobium dulce*	9.5	6	0.007	0.0127
12	3	*Pithecellobium dulce*	15.7	6	0.019	0.0341
13	1	*Pithecellobium dulce*	6.7	3	0.004	0.0030
14	1	*Pithecellobium dulce*	8.7	4	0.006	0.0069
14	2	*Pithecellobium dulce*	5.2	4	0.002	0.0025
15	1	*Pithecellobium dulce*	5.2	3	0.002	0.0018
16	1	*Pithecellobium dulce*	5.8	3.5	0.003	0.0027
16	2	*Pithecellobium dulce*	5.5	3.5	0.002	0.0024
17	1	*Pithecellobium dulce*	6	4	0.003	0.0033
18	1	*Neltuma juliflora*	7.5	7	0.004	0.0214
18	2	*Neltuma juliflora*	5.4	7	0.002	0.0117
18	3	*Neltuma juliflora*	6.9	7	0.004	0.0184
18	4	*Neltuma juliflora*	6.5	7	0.003	0.0165
19	1	*Neltuma juliflora*	6.2	4	0.003	0.0084





NO. ÁRBOL	NO. RAMA	NOMBRE CIENTÍFICO	DAP (CM)	ALT (M)	AB UNIT. (M^2)	VOL. UNIT (M^3VTA)
20	1	*Neltuma juliflora*	8	4	0.005	0.0135
21	1	*Neltuma juliflora*	8.1	4	0.005	0.0138
22	1	*Neltuma juliflora*	6.6	4.5	0.003	0.0107
22	2	*Neltuma juliflora*	6.8	4.5	0.004	0.0113
23	1	*Neltuma juliflora*	8.8	4	0.006	0.0161
24	1	*Neltuma juliflora*	7.3	4	0.004	0.0114
SITIO 7						
1	1	*Conocarpus erectus*	10.7	7	0.009	0.0334
1	2	*Conocarpus erectus*	12	7	0.011	0.0420
1	3	*Conocarpus erectus*	11	7	0.010	0.0353
1	4	*Conocarpus erectus*	5	7	0.002	0.0073
1	5	*Conocarpus erectus*	7.5	7	0.004	0.0164
1	6	*Conocarpus erectus*	13.2	7	0.014	0.0508
1	7	*Conocarpus erectus*	7	7	0.004	0.0143
1	8	*Conocarpus erectus*	14	7	0.015	0.0572
1	9	*Conocarpus erectus*	20	7	0.031	0.1168
1	10	*Conocarpus erectus*	21	7	0.035	0.1287
2	1	*Neltuma juliflora*	7	4.5	0.004	0.0119
2	1	*Neltuma juliflora*	6	5.5	0.003	0.0111
2	1	*Neltuma juliflora*	5	6.5	0.002	0.0094
3	1	*Neltuma juliflora*	7.7	6	0.005	0.0191
3	2	*Neltuma juliflora*	6.7	6	0.004	0.0148
3	3	*Neltuma juliflora*	7	6	0.004	0.0161
3	4	*Neltuma juliflora*	5.4	6	0.002	0.0100
4	1	*Pithecellobium dulce*	10	6.5	0.008	0.0152
4	2	*Pithecellobium dulce*	12	6.5	0.011	0.0218
5	1	*Pithecellobium dulce*	13	6.5	0.013	0.0256
5	2	*Pithecellobium dulce*	12	6.5	0.011	0.0218
5	3	*Pithecellobium dulce*	16	6.5	0.020	0.0385
5	4	*Pithecellobium dulce*	13	6.5	0.013	0.0256
5	5	*Pithecellobium dulce*	10	6.5	0.008	0.0152
6	1	*Parkinsonia aculeata*	7	3	0.004	0.0061
6	2	*Parkinsonia aculeata*	5.5	3	0.002	0.0038
7	1	*Pithecellobium dulce*	22.2	6	0.039	0.0675
7	2	*Pithecellobium dulce*	7.6	6	0.005	0.0082
7	3	*Pithecellobium dulce*	14.5	6	0.017	0.0291
7	4	*Pithecellobium dulce*	14.9	6	0.017	0.0307
7	5	*Pithecellobium dulce*	8.6	6	0.006	0.0104
7	6	*Pithecellobium dulce*	9.4	6	0.007	0.0124
8	1	*Leucaena lanceolata*	10.5	8.9	0.009	0.0235
9	1	*Azadirachta indica*	7	4	0.004	0.0095
10	1	*Pithecellobium dulce*	12.1	7	0.011	0.0240
10	2	*Pithecellobium dulce*	18	7	0.025	0.0526





NO. ÁRBOL	NO. RAMA	NOMBRE CIENTÍFICO	DAP (CM)	ALT (M)	AB UNIT. (M^2)	VOL. UNIT (M^3VTA)
10	3	*Pithecellobium dulce*	31.7	7	0.079	0.1604
10	4	*Pithecellobium dulce*	6	7	0.003	0.0060
10	5	*Pithecellobium dulce*	12.1	7	0.011	0.0240
11	1	*Neltuma juliflora*	9.4	5.5	0.007	0.0252
11	2	*Neltuma juliflora*	10.1	5.5	0.008	0.0288
11	3	*Neltuma juliflora*	6	5.5	0.003	0.0111
12	1	*Pithecellobium dulce*	11.1	6	0.010	0.0172
12	2	*Pithecellobium dulce*	5.1	6	0.002	0.0037
13	1	*Pithecellobium dulce*	18.6	5	0.027	0.0392
13	2	*Pithecellobium dulce*	10	5	0.008	0.0115
13	3	*Pithecellobium dulce*	5	5	0.002	0.0029
SITIO 8						
1	1	*Pithecellobium dulce*	16.7	6	0.022	0.0385
1	2	*Pithecellobium dulce*	16.8	6	0.022	0.0389
2	1	*Pithecellobium dulce*	6	5	0.003	0.0042
2	2	*Pithecellobium dulce*	6.8	5	0.004	0.0054
3	1	*Pithecellobium dulce*	5.1	4	0.002	0.0024
3	2	*Pithecellobium dulce*	5.5	4	0.002	0.0028
4	1	*Pithecellobium dulce*	5.5	4.5	0.002	0.0032
4	1	*Pithecellobium dulce*	9.5	4.5	0.007	0.0093
5	1	*Parkinsonia aculeata*	11.3	5	0.010	0.0264
6	1	*Pithecellobium dulce*	13	7	0.013	0.0277
6	2	*Pithecellobium dulce*	13	7	0.013	0.0277
7	1	*Pithecellobium dulce*	14.7	7	0.017	0.0353
7	2	*Pithecellobium dulce*	10.4	7	0.008	0.0178
8	1	*Pithecellobium dulce*	6.5	5	0.003	0.0049
9	1	*Pithecellobium dulce*	19.2	6	0.029	0.0507
9	2	*Pithecellobium dulce*	11.2	6	0.010	0.0175
10	1	*Pithecellobium dulce*	8.2	6.5	0.005	0.0103
11	1	*Pithecellobium dulce*	9.6	5	0.007	0.0106
12	1	*Pithecellobium dulce*	12.2	6	0.012	0.0207
13	1	*Leucaena lanceolata*	6.4	4.5	0.003	0.0043
13	2	*Leucaena lanceolata*	5	4.5	0.002	0.0026
14	1	*Pithecellobium dulce*	6.6	3.5	0.003	0.0035
15	1	*Pithecellobium dulce*	7	6	0.004	0.0069
16	1	*Pithecellobium dulce*	5.8	6	0.003	0.0048
16	2	*Pithecellobium dulce*	11	6	0.010	0.0169
16	3	*Pithecellobium dulce*	6	6	0.003	0.0051
17	1	*Leucaena lanceolata*	5	4	0.002	0.0023
18	1	*Neltuma juliflora*	12	6	0.011	0.0433
18	2	*Neltuma juliflora*	13	6	0.013	0.0501
19	1	*Pithecellobium dulce*	6	4	0.003	0.0033
19	2	*Pithecellobium dulce*	8	4	0.005	0.0059





NO. ÁRBOL	NO. RAMA	NOMBRE CIENTÍFICO	DAP (CM)	ALT (M)	AB UNIT. (M^2)	VOL. UNIT (M^3VTA)
SITIO 9						
1	1	*Leucaena lanceolata*	5.1	5	0.002	0.0031
2	1	*Pithecellobium dulce*	6.2	7	0.003	0.0064
2	2	*Pithecellobium dulce*	11	7	0.010	0.0199
2	3	*Pithecellobium dulce*	17.6	7	0.024	0.0503
2	4	*Pithecellobium dulce*	6	7	0.003	0.0060
3	1	*Pithecellobium dulce*	9.8	7	0.008	0.0159
3	2	*Pithecellobium dulce*	12	7	0.011	0.0236
4	1	*Leucaena lanceolata*	6.1	5	0.003	0.0044
5	1	*Pithecellobium dulce*	9.5	5.5	0.007	0.0115
5	1	*Pithecellobium dulce*	10	6.5	0.008	0.0152
6	1	*Leucaena lanceolata*	11	5	0.010	0.0139
7	1	*Leucaena lanceolata*	8.1	5.5	0.005	0.0084
8	1	*Pithecellobium dulce*	14.8	5.5	0.017	0.0276
9	1	*Leucaena lanceolata*	7.1	6	0.004	0.0071
9	2	*Leucaena lanceolata*	5	6	0.002	0.0036
10	1	*Parkinsonia aculeata*	10.1	4	0.008	0.0169
10	2	*Parkinsonia aculeata*	7.3	4	0.004	0.0088
10	3	*Parkinsonia aculeata*	8.8	4	0.006	0.0128
10	4	*Parkinsonia aculeata*	10.1	4	0.008	0.0169
10	5	*Parkinsonia aculeata*	9.1	4	0.007	0.0137
11	1	*Leucaena lanceolata*	8.9	6	0.006	0.0111
11	2	*Leucaena lanceolata*	8.3	6	0.005	0.0097
12	1	*Leucaena lanceolata*	5.6	4.5	0.002	0.0033
12	2	*Leucaena lanceolata*	5	4.5	0.002	0.0026
12	3	*Leucaena lanceolata*	5.4	4.5	0.002	0.0031
12	4	*Leucaena lanceolata*	5.6	4.5	0.002	0.0033
13	1	*Parkinsonia aculeata*	6.8	5	0.004	0.0095
13	2	*Parkinsonia aculeata*	7.1	5	0.004	0.0104
13	3	*Parkinsonia aculeata*	8	5	0.005	0.0132
13	4	*Parkinsonia aculeata*	9	5	0.006	0.0167
13	5	*Parkinsonia aculeata*	8	5	0.005	0.0132
13	6	*Parkinsonia aculeata*	12	5	0.011	0.0298
14	1	*Leucaena lanceolata*	7.2	6	0.004	0.0073
14	2	*Leucaena lanceolata*	6.4	6	0.003	0.0058
14	3	*Leucaena lanceolata*	5.7	6	0.003	0.0046
15	1	*Pithecellobium dulce*	15.9	7	0.020	0.0412
15	2	*Pithecellobium dulce*	9.2	7	0.007	0.0140
15	3	*Pithecellobium dulce*	18.5	7	0.027	0.0555
15	4	*Pithecellobium dulce*	18	7	0.025	0.0526
15	5	*Pithecellobium dulce*	5	7	0.002	0.0042
16	1	*Leucaena lanceolata*	5.7	4	0.003	0.0030
17	1	*Leucaena lanceolata*	5.5	4	0.002	0.0028



NO. ÁRBOL	NO. RAMA	NOMBRE CIENTÍFICO	DAP (CM)	ALT (M)	AB UNIT. (M^2)	VOL. UNIT (M^3VTA)
17	2	*Leucaena lanceolata*	6	4	0.003	0.0033
SITIO 10						
1	1	*Pithecellobium dulce*	6.7	4	0.004	0.0041
1	2	*Pithecellobium dulce*	19	4	0.028	0.0322
1	3	*Pithecellobium dulce*	12.3	4	0.012	0.0137
1	4	*Pithecellobium dulce*	13	4	0.013	0.0153
2	1	*Pithecellobium dulce*	10	3.5	0.008	0.0079
2	2	*Pithecellobium dulce*	6.3	3.5	0.003	0.0032
2	3	*Pithecellobium dulce*	5.2	3.5	0.002	0.0022
2	4	*Pithecellobium dulce*	6.5	3.5	0.003	0.0034
2	5	*Pithecellobium dulce*	5.5	3.5	0.002	0.0024
2	6	*Pithecellobium dulce*	5.1	3.5	0.002	0.0021
3	1	*Pithecellobium dulce*	7.3	3.5	0.004	0.0042
3	2	*Pithecellobium dulce*	7.8	3.5	0.005	0.0048
3	3	*Pithecellobium dulce*	6.2	3.5	0.003	0.0031

Tabla 8. Memoria de campo del estrato arbustivo.

SITIO	NOMBRE CIENTÍFICO	NO. IND.	ALT (M)	COPA 1(M)	COPA 2 (M)
P1	*Conocarpus erectus*	2	1.5	0.5	0.5
P1	*Parkinsonia aculeata*	1	3.5	2.5	1.8
P2	*Conocarpus erectus*	1	2.2	2.7	1.3
P3	*Azadirachta indica*	1	1.6	2	1.6
P3	*Azadirachta indica*	9	0.9	0.5	0.5
P3	*Azadirachta indica*	13	0.9	0.5	0.4
P3	*Azadirachta indica*	15	1	0.7	0.5
P3	*Azadirachta indica*	16	1.5	0.6	0.6
P3	*Azadirachta indica*	17	1.1	0.7	0.7
P3	*Azadirachta indica*	18	0.7	0.4	0.4
P3	*Capparis incana*	5	1	0.9	0.3
P3	*Capparis incana*	6	1	0.9	0.3
P3	*Capparis incana*	7	1.3	1.1	0.8
P3	*Capparis incana*	12	1.6	1.3	1.1
P3	*Coccoloba liebmannii*	2	1.6	1	1.2
P3	*Coccoloba liebmannii*	3	1.6	1.2	1
P3	*Coccoloba liebmannii*	4	1.5	1	0.7
P3	*Coccoloba liebmannii*	8	1.1	0.7	0.6
P3	*Coccoloba liebmannii*	10	1.2	0.8	0.9



SITIO	NOMBRE CIENTÍFICO	NO. IND.	ALT (M)	COPA 1(M)	COPA 2 (M)
P3	*Coccoloba liebmannii*	11	1.5	1.7	1.2
P3	*Coccoloba liebmannii*	14	0.8	0.6	0.4
P4	*Azadirachta indica*	7	2.5	1.1	1.1
P4	*Capparis incana*	1	1.7	1.1	1.1
P4	*Capparis incana*	6	1.5	0.9	0.7
P4	*Coccoloba liebmannii*	3	0.7	0.3	0.9
P4	*Cryptostegia grandiflora*	5	0.4	0.3	0.2
P4	*Rauvolfia tetraphylla*	2	0.9	1.1	0.8
P4	*Rauvolfia tetraphylla*	4	0.4	0.4	0.3
P5	*Azadirachta indica*	2	0.8	0.5	0.5
P5	*Tabebuia rosea*	1	1.7	1.1	0.7
P5	*Tabebuia rosea*	3	1.6	1.7	1.1
P6	*Azadirachta indica*	1	0.9	1.1	0.4
P6	*Azadirachta indica*	3	1.3	0.7	0.5
P6	*Azadirachta indica*	5	1.6	1.4	1.1
P6	*Bursera excelsa*	2	1	0.7	0.5
P6	*Conocarpus erectus*	4	1.2	0.5	0.7
P7	*Cryptostegia grandiflora*	3	0.7	0.8	0.5
P7	*Cryptostegia grandiflora*	4	0.7	0.5	0.5
P7	*Cryptostegia grandiflora*	5	0.8	1.1	0.8
P7	*Pithecellobium dulce*	6	2.8	2	2
P7	*Pseudabutilon orientale*	1	1.1	0.5	0.5
P7	*Pseudabutilon orientale*	2	0.9	0.6	0.6
P8	*SIN ARBUSTOS*				
P9	*Azadirachta indica*	7	0.7	0.4	0.4
P9	*Bursera excelsa*	5	1.8	1	1
P9	*Capparis incana*	1	1.5	1	1
P9	*Capparis incana*	6	1	0.5	0.5
P9	*Coccoloba liebmannii*	2	1.8	1.9	2
P9	*Coccoloba liebmannii*	3	2.5	2	3
P9	*Rauvolfia tetraphylla*	4	1.7	1.5	1.2
P10	*SIN ARBUSTOS*				





Tabla 9. Memoria de campo del estrato herbáceo.

SITIO	NOMBRE CIENTÍFICO	NO. IND.
P1	*Sesuvium portulacastrum*	3
P1	*Urochloa mollis*	4
P2	*SIN HIERBAS*	
P3	*Urochloa mollis*	3
P4	*Capparis incana*	1
P4	*Tephrosia leiocarpa*	5
P5	*SIN HIERBAS*	
P6	*Neltuma juliflora*	1
P6	*Pithecellobium dulce*	1
P7	*Commelina erecta*	5
P7	*Urochloa mollis*	4
P8	*Commelina erecta*	4
P8	*Urochloa mollis*	3
P9	*SIN HIERBAS*	
P10	*Melochia tomentosa*	2
P10	*Tephrosia leiocarpa*	3
P10	*Urochloa mollis*	5

Tabla 10. Memoria de campo de Palmas y cactáceas.

SITIO	NOMBRE CIENTÍFICO	NO. IND.	ALT (M)	COPA 1 (M)	COPA 2 (M)
P2	*Sabal mexicana*	1	0.9	1	0.9
P3	*Sabal mexicana*	1	3	3.1	3.5
P3	*Sabal mexicana*	2	2	2.2	1.8
P3	*Sabal mexicana*	3	3.5	3.5	3.5
P3	*Sabal mexicana*	4	2.5	2.6	3.5
P3	*Sabal mexicana*	5	2.5	2.5	2.5
P3	*Sabal mexicana*	6	2.5	2	2
P3	*Sabal mexicana*	7	2.5	2.7	2.7
P3	*Sabal mexicana*	8	3	3.5	3.5
P4	*Sabal mexicana*	1	1.5	1	1
P4	*Sabal mexicana*	2	1.8	2	2
P4	*Sabal mexicana*	3	1.6	1	1
P4	*Sabal mexicana*	4	2.2	1.8	1.7



SITIO	NOMBRE CIENTÍFICO	NO. IND.	ALT (M)	COPA 1 (M)	COPA 2 (M)
P4	*Sabal mexicana*	5	2.8	2.5	2.5
P4	*Sabal mexicana*	6	2.5	2	2
P4	*Sabal mexicana*	7	2.8	2.5	2.5
P4	*Sabal mexicana*	8	1.5	1.6	1.6
P4	*Sabal mexicana*	9	2.8	3	3
P4	*Sabal mexicana*	10	4	6	6
P4	*Sabal mexicana*	11	4	4	4
P4	*Sabal mexicana*	12	3.5	3	3
P4	*Sabal mexicana*	13	1.6	1.5	1.5
P4	*Sabal mexicana*	14	1.2	1.1	1.1
P4	*Sabal mexicana*	15	1.7	1.5	1.5
P5	*Opuntia decumbens*	1	0.5	1.5	1.5
P9	*Opuntia decumbens*	1	1.7	2	1.4
P9	*Opuntia decumbens*	2	1.2	0.9	0.9

Ver Anexo 12, memoria de volumen forestal.

Estimación del volumen por especie del predio

En este apartado se desglosa el procedimiento seguido para la obtención de volúmenes de materia prima forestal a remover en volumen total árbol, puesto que se removerá la totalidad del individuo y el interés es estimar el volumen que se obtendrá por el derribo de la vegetación y no solo el volumen comercializable, el cual generalmente es medido en rollo total árbol. Los resultados se presentan a continuación.

Procedimiento para la estimación de volúmenes

De acuerdo con el Inventario Nacional Forestal un indicador básico para la planeación y manejo del recurso forestal es el volumen promedio de madera en un área determinada, que se obtiene a partir del cálculo del volumen individual de los árboles muestreados. Para ello se utilizaron 1,085 modelos alométricos para la estimación de volumen de fuste con corteza que incluyen como variables dependientes el diámetro normal y la altura total.

Estas ecuaciones o modelos se aplican por especie o por grupo de especies y/o por región, de acuerdo con las especificaciones de cada modelo.
Para obtener la estimación del volumen en este Estudio, se utilizaron siete ecuaciones creadas a partir de los resultados del Inventario Forestal Nacional 1994, correspondiente a especies de Vegetación de Manglar y selva baja caducifolia, las cuales se expresan de la siguiente manera:



Tabla 11. Ecuaciones o modelos que se aplican por especie o por grupo de especies y/o por región.

NOMBRE CIENTÍFICO	FORMULA
Avicennia germinans	EXP (-10.12597512+2.04755627*LN (diam)+0.96453516*LN (alt))
Azadirachta indica	EXP (-9.88038392+1.97088088*LN (diam)+1.00098368*LN (alt))
Coccoloba liebmannii	EXP (-9.73746695+1.85643537*LN (diam)+1.07354086*LN (alt))
Conocarpus erectus	EXP (-10.06787497+2.0005528*LN (diam)+0.99031834*LN (alt))
Leucaena lanceolata	EXP (-10.71439546+1.97139127*LN (diam)+1.06409203*LN (alt))
Neltuma juliflora	EXP (-9.56168726+1.83727218*LN (diam)+1.03577031*LN (alt))
Parkinsonia aculeata	EXP (-10.07005937+2.00090768*LN (diam)+0.98373378*LN (alt))
Pithecellobium dulce	EXP (-10.71439546+1.97139127*LN (diam)+1.06409203*LN (alt))

DN=Diámetro normal (en cm, a 1.3 m del suelo); HT=Altura total (m)

Cálculo del volumen promedio especie por sitio de muestreo

$$\overline{vol}_{sp/sitio} = \frac{\sum vol}{n}$$

Donde:
$\overline{vol}_{sp/sitio}$ = Volumen promedio por especie por sitio
$\sum vol = Sumatoria\ de\ volumenes\ de\ todos\ los\ individuos\ de\ una\ misma\ especie$
n = Numero de sitios levantados

Cálculo del volumen de especie por ha (existencias reales por hectárea).

$$Vol_{sp/ha} = \overline{Vol}_{sp/sitio} * fha$$

Donde:
$Vol_{sp/ha}$ = Volumen por especie en una hectárea
$\overline{vol}_{sp/sitio}$ = Volumen promedio por especie por sitio
fha= Factos de conversión = 10,000/las dimensiones del sitio en m^2

Cálculo del volumen total a remover por especie (existencias totales)

$$Vol_{total/sp} = Vol_{sp/ha} * Sup$$

Donde:
$Vol_{total/sp}$ = Volumen total a remover en m3 VTA por especie
$Vol_{sp/ha}$ = Volumen por especie en una hectárea
Sup = Superficie total del predio de interés en hectáreas

Cálculo del volumen total a remover





$$Vol_{total} = \sum Vol_{total/sp}$$

Las fórmulas anteriores, fueron adaptadas de Rodríguez (1998).

Volumen total por especies maderables

De acuerdo con la **NOM-152-SEMARNAT-2006**, el Volumen Total Árbol (m^3), se refiere al volumen de madera y corteza del árbol, por lo que para hacer esta estimación se tomó en cuenta la altura total del árbol.

Esta estimación de volúmenes corresponde al estrato arbóreo, en apartados posteriores se presentarán los individuos a remover para los demás estratos, de acuerdo con lo solicitado para la presentación del volumen obtenido a partir del muestreo.

Se presentan los volúmenes totales para el tipo de vegetación forestal: En el proyecto con una superficie de **3.92 ha**, cubierta por vegetación de manglar, **se estimó un volumen de 222.711 m^3 (V. T. A.) en un total de 1,730 árboles de diferentes especies, de materia prima forestal en el estrato arbóreo.**

En la siguiente **Tabla 12.,** se desglosan tanto el volumen como número de individuos y área basal ocupada por especie:



Tabla 12. V. T. A. (m3) a remover en estrato arbóreo, por especie en vegetación de manglar presente en el predio sujeto a CUSTF.

NO. SITIOS	NOMBRE CIENTÍFICO	AB/ SP (M^2)	VTA/ SP (M^3 VTA)	NO. ARB/SP	FHA	AB/HA (M^2)	VOL/HA (M^3 VTA)	NO. ARB/HA	SUPERFICIE (HA)	AB TOTAL (M^2)	VOL TOTAL (M^3 VTA)	NO. ARB A REMOVER
10	*Avicennia germinans*	0.001	0.0013	0.2	25	0.015	0.0333	5	3.92	0.061	0.1330	20
	Azadirachta indica	0.002	0.0041	0.5		0.048	0.1024	13		0.193	0.4096	50
	Coccoloba liebmannii	0.001	0.0017	0.1		0.017	0.0424	3		0.067	0.1697	10
	Conocarpus erectus	0.313	1.4735	5.5		7.821	36.8371	138		31.285	147.3485	550
	Leucaena lanceolata	0.013	0.0251	1.7		0.328	0.6274	43		1.314	2.5097	170
	Neltuma juliflora	0.015	0.0575	1.2		0.374	1.4374	30		1.497	5.7496	120
	Parkinsonia aculeata	0.057	0.2005	2.5		1.426	5.0129	63		5.704	20.0517	250
	Pithecellobium dulce	0.198	0.4634	5.6		4.952	11.5848	140		19.808	46.3393	560
Total										**59.930**	**222.711**	**1,730**





Estimación del número de individuos de las especies arbustivas, herbáceas, palmas y cactáceas

A continuación, se presentan la estimación de los individuos a remover en el predio de acuerdo a los estratos inferiores:

Individuos por especies a remover por estrato

En una superficie de 3.92 ha, cubierta por vegetación de manglar, estimaron 43,680 individuos del estrato arbustivo, 176,000 del estrato herbáceo y 4,610 de Palmas y cactáceas. Información que se desglosa en las siguientes **Tabla 8, 9 y 10**:

- **Estrato arbustivo**

Tabla 13. Número de individuos del estrato arbustivo.

NÚM. SITIOS	NUM. IND.	NOMBRE CIENTÍFICO	PROMEDIO	FHA	IND/HA	SUP/TOTAL	IND/TOTALES
10	114	*Azadirachta indica*	11.4	400	4,560.00	3.92	18,240.00
	7	*Bursera excelsa*	0.7		280.00		1,120.00
	44	*Capparis incana*	4.4		1,760.00		7,040.00
	60	*Coccoloba liebmannii*	6		2,400.00		9,600.00
	7	*Conocarpus erectus*	0.7		280.00		1,120.00
	17	*Cryptostegia grandiflora*	1.7		680.00		2,720.00
	1	*Parkinsonia aculeata*	0.1		40.00		160.00
	6	*Pithecellobium dulce*	0.6		240.00		960.00
	3	*Pseudabutilon orientale*	0.3		120.00		480.00
	10	*Rauvolfia tetraphylla*	1		400.00		1,600.00
	4	*Tabebuia rosea*	0.4		160.00		640.00
Total					**10,920.00**		**43,680.00**

- **Estrato herbáceo**

Tabla 14. Número de individuos del estrato herbáceo.

NÚM. SITIOS	NUM. IND.	NOMBRE CIENTÍFICO	PROMEDIO	FHA	IND/HA	SUP/TOTAL	IND/TOTALES
10	1	*Capparis incana*	0.1	10000	1,000.00	3.92	4,000.00
	9	*Commelina erecta*	0.9		9,000.00		36,000.00
	2	*Melochia tomentosa*	0.2		2,000.00		8,000.00
	1	*Neltuma juliflora*	0.1		1,000.00		4,000.00
	1	*Pithecellobium dulce*	0.1		1,000.00		4,000.00



NÚM. SITIOS	NUM. IND.	NOMBRE CIENTÍFICO	PROMEDIO	FHA	IND/HA	SUP/TOTAL	IND/TOTALES
	3	*Sesuvium portulacastrum*	0.3		3,000.00		12,000.00
	8	*Tephrosia leiocarpa*	0.8		8,000.00		32,000.00
	19	*Urochloa mollis*	1.9		19,000.00		76,000.00
Total					**44,000.00**		**176,000.00**

- **Palmas y Cactáceas**

Tabla 15. Número de individuos de palmas y cactáceas.

NÚM. SITIOS	NUM. IND	NOMBRE CIENTÍFICO	PROMEDIO	FHA	IND/HA	SUP/TOTAL	IND/TOTALES
10	157	*Opuntia decumbens*	15.7	25	393	3.92	1,570.00
	4	*Sabal mexicana*	0.4		10		40.00
Total					**403**		**1,610.00**

La estimación de volúmenes forestales desarrollada en el presente capítulo constituye un insumo crítico para determinar la magnitud real del impacto asociado al cambio de uso de suelo en terrenos forestales. El análisis se sustenta en una caracterización dasométrica exhaustiva, realizada en los diez sitios de muestreo distribuidos dentro de la superficie total del predio (3.92 ha), así como en la aplicación rigurosa de modelos alométricos derivados del Inventario Forestal Nacional, ajustados por especie y tipo de vegetación conforme a los lineamientos técnicos establecidos por la normativa forestal vigente, en particular la **NOM-152-SEMARNAT-2006.**

Los resultados obtenidos permiten concluir que la vegetación presente está conformada por un estrato arbóreo dominado ampliamente por *Conocarpus erectus*, *Pithecellobium dulce* y *Parkinsonia aculeata*, especies que en conjunto concentran más del 85 % del volumen total estimado. La cuantificación precisa del Volumen Total Árbol (VTA) indica que el derribo de los 1,730 individuos registrados generará 222.711 m³ VTA, valor que refleja adecuadamente las existencias reales de materia prima forestal en el sitio.

Asimismo, mediante la aplicación de factores de conversión por hectárea y el análisis por estratos, se determinó la existencia de 43,680 individuos arbustivos, 176,000 individuos del estrato herbáceo, y 4,610 individuos de palmas y cactáceas, cifras que evidencian la alta densidad y ocupación estructural de la vegetación secundaria asociada al manglar.



II.2.8 Estimación económica de los recursos biológicos forestales del área sujeta al cambio de uso del suelo

La estimación económica de los recursos biológicos de cualquier ecosistema se puede abordar desde su uso indirecto (servicios ambientales) y los valores de no uso (valor de existencia y valor de legado). El uso indirecto se refiere a los beneficios que recibe la sociedad a través de los servicios ambientales de los ecosistemas y de las funciones del hábitat. Los valores de no uso, se dividen en valor de existencia y valor de legado; el valor de existencia, es el valor de un bien ambiental simplemente porque existe, este valor es de orden ético con implicaciones estéticas, culturales o religiosas. El valor de legado, se refiere al valor de legar los beneficios del recurso a las generaciones futuras; este valor implica un sentido de pertenencia o propiedad.

En México el valor económico que adquieren los servicios ambientales, se puede estimar por los montos fijados por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) en el programa Pago por Servicios Ambientales (PSA) en los rubros: Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH), y Conservación de la biodiversidad dentro del programa PRONAFOR del Gobierno Federal. Sin embargo, las políticas para el PSA en Latinoamérica son diseñadas para su ejecución a nivel nacional con los mismos criterios para toda la eco-región del país, aunque las condiciones ambientales son variables de una región a otra.

Valor Económico de los Recursos Forestales.

Derivado del CUSTF, es necesario determinar el valor económico de los recursos forestales que se obtendrán del desmonte de las especies presentes, tales como mangle negro, neem, carnero, mangle botoncillo, guaje, mezquite, palo verde y guamúchil. Para ello, se consultó el precio promedio nacional por metro cúbico registrado en el *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2024*.

Es importante mencionar que para el cálculo de los recursos forestales se considerará el valor de leña debido a que el tipo de vegetación en el área de CUSTF, presenta valores de diámetro promedio de 11.6 cm; asimismo, de acuerdo al Anuario antes mencionado, en el concepto de otros productos (pag. 16-17), donde se estableció un valor base de $272.50 por metro cúbico correspondiente al año 2023. Dicho valor fue actualizado mediante el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), obteniéndose un valor de referencia de $320.20 por m³ al mes de abril de 2026. Bajo estas consideraciones, el valor económico estimado del recurso forestal maderable presente dentro del área de CUSTF asciende a $71,312.09 MXN, distribuido conforme al volumen registrado por especie. La mayor contribución económica corresponde a *Conocarpus erectus* con un valor estimado de $47,180.98 MXN, seguida por *Pithecellobium dulce* con $14,837.86 MXN y *Parkinsonia aculeata* con $6,420.56 MXN. Los cálculos correspondientes se presentan en la **tabla 11.**



Se mencionó que en el área evaluada presenta un diámetro promedio de 11.6 cm, por lo que se clasificará como leña, coincidiendo con el uso que tradicionalmente le dan los pobladores en esta zona tropical.

Por tanto, considerando el volumen total árbol que se generará en el sitio sujeto a CUSTF **(222.711 m³)** y el precio de **$320.20 por m³** establecido en el *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2024 (ajustado al valor actualizado de acuerdo al INPC)* para el grupo de especies tropicales se determina el valor económico correspondiente.

Tabla 16. Se presenta el valor económico del volumen de las especies presentes en la vegetación secundaria de mangle en el sitio sujeto a CUSTF.

Especie	Vol. (m3)	Valor
Avicennia germinans	0.133	$ 42.59
Azadirachta indica	0.410	$ 131.15
Coccoloba liebmannii	0.170	$ 54.33
Conocarpus erectus	147.348	$ 47,180.98
Leucaena lanceolata	2.510	$ 803.60
Neltuma juliflora	5.750	$ 1,841.03
Parkinsonia aculeata	20.052	$ 6,420.56
Pithecellobium dulce	46.339	$ 14,837.86
Total	222.711	$ 71,312.09

Se estima que con el derribo del arbolado en este tipo de vegetación se podría obtener un recurso económico total de **$71,312.09** pesos (**Setenta y un mil trescientos doce pesos con nueve centavos**) por venta de la madera para uso como leña.

Estimación del valor económico de los recursos no maderables.

Para estimar el valor económico de los recursos no maderables (resinas, fibras, gomas, tierra de monte, hongos, semillas, hojas, tallos, musgos, entre otros), se identificó la presencia de opuntias (nopales) en el área sujeta a CUSTF. Estas especies son utilizadas como alimento en diversas regiones; sin embargo, solo el 3% de la planta es aprovechable (correspondiente a brotes nuevos). De acuerdo con los locatarios, el costo estimado para este recurso en la zona es de **$350.00** por tonelada.



Tabla 17. Valor económico de las especies no maderables dentro del área del proyecto.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	TON	PRECIO UNITARIO	VALOR ECONÓMICO
Cactaceae	*Opuntia decumbens*	Nopal	1.5	$350.00	$ 525.00
TOTAL			**1.5**		**$ 525.00**
*$350.00 por 1 Tonelada.					

Estimación del valor económico de los recursos Faunísticos.

Con respecto al área del proyecto se encontraron 20 especies de los grupos: 14 especies de Aves, 1 mamífero, 5 entre anfibios y reptiles. Se identificaron **79 individuos**, y el valor económico de cada uno conforme referencias locales, danto un monto total de **$39,900.00** para tener un referente del valor faunístico en el área sujeta a CUSTF de 3.92ha.

Valor de la Captura de Carbono

Se reconoce que las áreas forestales capturan, almacenan y liberan carbono como resultado de los procesos de fotosíntesis, respiración y descomposición de la biomasa. Estos procesos generan un saldo neto de captura positiva, cuyo valor depende del manejo de la cobertura vegetal y de las afectaciones derivadas de actividades antropogénicas o fenómenos naturales, así como de la edad, estructura y distribución de las poblaciones presentes. Este servicio ambiental, en el que las áreas forestales actúan como sumideros de carbono, contribuye a regular la concentración atmosférica de este elemento, la cual se ha incrementado por las emisiones asociadas a las actividades humanas.

Para la obtención de la cantidad de Carbono (C) capturado se realizó el cálculo de la fracción de carbono contenido en la biomasa de las especies de flora presentes dentro del área de CUSTF; se utilizaron las ecuaciones generadas por el Instituto Nacional de Ecología (INE) y modelos de carbono utilizados en el INFyS para algunas especies, con el fin de tener un cálculo más preciso dada la heterogeneidad de especies presente en el área de estudio.

Los modelos utilizados son:

$$CC = 519.408 + 0.896 * (Vrta) * 0.4269$$

$$CC = 10 * EXP(0.8092) * (Vrta) * 0.8247$$

Donde:
CC= contenido de carbono
V= volumen total árbol (VTA)





En seguimiento al proceso descrito, en el apartado anterior se estimó el volumen forestal de las especies arbóreas presentes en el área sujeta a CUSTF, el cual se presenta a continuación. La estimación de carbono se realizó únicamente para la biomasa aérea de las especies vegetales consideradas en el cuadro siguiente.

Tabla 18. Contenido de Carbono en las especies de árboles dentro del área sujeta a CUSTF.

VEGETACIÓN DE MANGLE				
FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	VOLUMEN VTA M^3 EN 39,200.08 M^2	CARBONO KG
Acanthaceae	*Avicennia germinans*	Mangle negro	0.133	53.86
Meliaceae	*Azadiracha indica*	Neem	0.4096	140.44
Polygonaceae	*Coccoloba liebmannii*	Carnero	0.1697	65.35
Combretaceae	*Conocarpus erectus*	Mangle Botoncillo	147.3485	46137.61
Fabaceae	*Leucaena lanceolata*	Guaje	2.5097	797.85
Fabaceae	*Neltuma juliflora*	Mezquite	5.7496	1812.06
Fabaceae	*Parkinsonia aculeata*	Palo verde	20.0517	6289.13
Fabaceae	*Pithecellobium dulce*	Guamúchil	46.3393	14518.09
TOTAL			**222.7111**	**69,814.39**

Para el área del proyecto se estima que almacena el equivalente a **69.814 toneladas** de carbono contenido actualmente en la biomasa de los árboles.

El valor económico de cada tonelada de carbono depende de los costos marginales del cambio climático, mismos que son muy difíciles de estimar dado que requiere una enorme cantidad de proyecciones y supuestos. El Sistema Europeo de negociación del $CO2$[1] que da seguimiento al precio del carbono de acuerdo al último cierre (04-12-2025), describe un precio de **82.01€** para el mes de diciembre 2025, el equivalente a **$1,742.7125 MXN,** por tonelada de carbono.

[1] https://www.sendeco2.com





Tabla 19. Contenido de Carbono y precio en el área de CUSTF.

TIPO DE VEGETACIÓN	CARBONO (TON)	PRECIO/TON	VALOR ECONÓMICO ($)
Manglar	69.814	$ 1,742.7125[2]	$121,665.73
Total	**69.814**		**$121,665.73**

El valor económico del carbono contenido en la biomasa de la vegetación en el área de CUSTF, es de **$121,665.73** pesos **(Ciento veintiún mil seiscientos sesenta y cinco pesos 73/100 M.N.).**

Estimación de los Servicios Ambientales.

En México el valor económico que adquieren los servicios ambientales, se puede estimar por los montos fijados por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) en el programa Pago por Servicios Ambientales (PSA) en los rubros: Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH), y Conservación de la biodiversidad dentro del programa PRONAFOR del Gobierno Federal. Sin embargo, las políticas para el PSA en Latinoamérica son diseñadas para su ejecución a nivel nacional con los mismos criterios para todas las eco-regiones del país, aunque las condiciones ambientales son variables de una región a otra.

De acuerdo con las Reglas de Operación del programa Desarrollo forestal sustentable para el Bienestar 2025 publicadas en el D.O.F. el 28 de febrero de 2025. De acuerdo a la tabla **Componente IV. Servicios ambientales (SA)** en donde se incluye servicios ambientales para biodiversidad y captura de carbono, entre otros, se tiene un costo de **$1,100.00 por ha/año.** Por lo que de acuerdo a la superficie sujeta a CUSTF que es de **3.92ha, para biodiversidad y captura de carbono** arrojan un monto de **$4,312.00** por ha/año para cada servicio ambiental.

En este proyecto se consideraron los servicios ambientales para: **PSA Biodiversidad** y **PSA Captura de carbono**.

Tabla 20. Costos de PSA Biodiversidad y Captura de carbono.

SERVICIOS AMBIENTALES PARA UNA SUPERFICIE DE 3.92HA SUJETA A CUSTF	IMPORTE
PSA Biodiversidad	$4,312.00
PSA Captura de carbono	$4,312.00
Total	**$8,624.00**

[2] €1 = $21.05 (Paridad peso dólar tomado el día nov 08,2019 21:37 UTC)





El valor económico estimado por los servicios ambientales en el área sujeta a CUSTF es de **$8,624.00** (Ocho mil seiscientos veinticuatro pesos 00/100 M.N.)

Resumen de la Estimación Económica de los Recursos Biológicos Forestales del Área Sujeta a CUSTF.

Tabla 21. Estimación económica del área sujeta a CUSTF.

CONCEPTO	COMPONENTES	IMPORTE MXN ($)
Pago por servicios ambientales	PSA Biodiversidad	4,312.00
	PSA Captura de carbono	4,312.00
Recurso forestal maderable	Leña	63,472.66
Recursos forestales no maderables	Comestibles	525.00
Total		**72,621.66**

La estimación económica total de los recursos biológicos forestales del área sujeta a CUSTF es de **$72,621.66** (Setenta y dos mil seiscientos veintiún pesos 66/100 M.N.)

II.2.9 Construcción

La etapa de construcción, consistirá en la ejecución de las obras civiles, hidráulicas y de infraestructura necesarias para conformar la plataforma de concreto hidráulico destinada a operaciones de almacenamiento, maniobra y tránsito de carga dentro del polígono general del proyecto. Es importante mencionar que esta etapa se llevará a cabo al término de la preparación del sitio, por lo que también se desarrollará por años, estimando su realización durante siete meses por año en un periodo de 4 años.

Construcción de obra hidráulica.

La obra hidráulica asociada a la plancha de concreto tiene como propósito garantizar el manejo adecuado y seguro de las aguas pluviales y aguas residuales, asegurando su conducción controlada hacia los puntos de descarga autorizados y evitando encharcamientos que pudieran comprometer la operación portuaria o deteriorar la estructura del pavimento.
En cada etapa, las actividades comprenderán:

- Excavación y habilitación de zanjas para redes de conducción.
- Colocación de tuberías hidráulicas certificadas para drenaje pluvial y residual.
- Instalación de cajas de registro, rejillas pluviales, canaletas y estructuras de descarga.
- Compactación y relleno de zanjas conforme a especificaciones técnicas.
- Control topográfico de pendientes para garantizar un flujo hidráulico continuo.





Respecto a las **aguas residuales** que cruzan la zona sujeta al CUSTF, provenientes del área urbana de Salina Cruz, estas serán entubadas y canalizadas mediante un sistema independiente, cumpliendo los criterios de la **NOM-001-SEMARNAT-2021.** Se verificará que las conexiones, pendientes, materiales, empalmes y descargas cumplan con los requisitos técnicos aplicables para evitar fugas, infiltraciones o afectaciones al subsuelo.

Toda la obra se ejecutará con materiales certificados, bajo control estricto de calidad y supervisión técnica, incluyendo verificaciones de hermeticidad, pruebas de funcionamiento y revisión de niveles y pendientes para garantizar la operación eficiente del sistema.
Personal requerido: la ejecución de esta etapa requerirá de un equipo técnico y operativo integrado por;

- Supervisor de obra
- residente de obra
- Jefes de frente
- laboratoristas
- brigada de topografía
- Soldadores
- operadores de maquinaria
- cuadrillas de albañiles y ayudantes

La fuerza laboral estimada será de 30 o 40 trabajadores por año
Equipo y maquinaria requeridos: la maquinaria y equipo contemplados para la ejecución de las obras incluyen;

- Motoconformadora CAT 140 HP
- Vibrocompactador DYNAPAC de 7–14 ton
- excavadora CAT 320C
- retroexcavadora CAT 416C
- camiones de volteo (7 m³ y 13 ton)
- pipa de agua 10 000 L
- grúa telescópica 90 ton
- regla vibratoria
- compactador manual
- apisonador “bailarina”
- equipo de perforación Williams LDH
- compresor Ingersoll Rand
- herramientas menores.

Material requerido: los materiales considerados para la construcción incluyen;

- Concreto hidráulico MR-48



- cemento Portland
- grava triturada
- arena
- base hidráulica
- material de banco (tepetate)
- varilla corrugada y redonda lisa
- sellador SIKA
- cables eléctricos
- tubería diversa
- postes cónicos ciegos de 9 m
- superpostes de 30 m con luminarias Holophane.

Cimentación para la construcción de la plataforma de concreto hidráulico
La cimentación tiene como propósito garantizar una estructura base con suficiente capacidad portante para soportar:

- Operación continua de maquinaria pesada
- Tránsito de equipo especializado
- Almacenamiento de carga
- Maniobras portuarias de alto impacto

Mejoramiento masivo del suelo
De acuerdo con la Memoria Técnica del proyecto, una vez conformada la plataforma preliminar, se ejecutará el mejoramiento masivo del terreno mediante **columnas de grava provenientes de banco autorizado**. Este proceso permite:

- Incrementar la capacidad portante del subsuelo
- Reducir los asentamientos diferenciales
- Mejorar la rigidez del terreno
- Optimizar el desempeño estructural del pavimento portuario

Las columnas se instalarán empleando equipo especializado, garantizando diámetros, profundidades y espaciamientos conforme al diseño geotécnico.

Estructura de pavimentos

Concluido el mejoramiento, se iniciará la formación de la estructura de pavimentos, que comprenderá:

- Terracerías y capas de material estructural
- Subbase granular
- Base cementada (CBR o CTB)
- preparación final para recibir el pavimento hidráulico





Cada capa deberá colocarse, nivelarse, humedecerse y compactarse conforme a los parámetros establecidos, garantizando:

- Densidades mínimas requeridas
- Espesores uniformes
- Pendientes eficientes para escurrimientos
- Resistencia adecuada para cargas de operación intensiva

El cumplimiento de estos criterios es indispensable para garantizar el desempeño estructural de la plancha de concreto en condiciones portuarias de alta demanda.

Construcción de instalaciones de servicios: energía eléctrica (superposte), comunicación de voz y datos, y construcción de silo

Comprende la ejecución de las instalaciones y obras necesarias para dotar a la plataforma de concreto hidráulico de los servicios fundamentales para su operación dentro del área de ampliación de patios en la zona de reserva del Puerto de Salina Cruz.

- Instalación de energía eléctrica (superposte)

Se considera la construcción e instalación del sistema de energía eléctrica que alimentará la plataforma, patios y áreas operativas. De acuerdo con la memoria técnica, las obras eléctricas se desarrollarán **de forma simultánea** a la construcción de las terracerías y pavimentos, integrando canalizaciones subterráneas, registros, ductos y acometidas necesarias para el suministro seguro de energía.

El **superposte** formará parte del sistema de distribución eléctrica requerido para la operación de los patios de maniobras, proporcionando soporte a luminarias, líneas eléctricas y equipo auxiliar necesario para el funcionamiento de las actividades portuarias. Las instalaciones cumplirán con las especificaciones técnicas del proyecto y los criterios de operación en zonas logísticas de alta demanda.

- Instalaciones de comunicaciones de voz y datos

Las instalaciones subterráneas incluirán canalización para la red de **voz y datos**, conforme a la infraestructura prevista en el proyecto ejecutivo. Estas canalizaciones se construirán simultáneamente con el sistema de drenaje pluvial y eléctrico, garantizando que el patio cuente con conectividad para operaciones administrativas, sistemas de control, monitoreo, vigilancia y comunicación interna del recinto portuario. Se colocarán ductos, registros, tuberías y acometidas para asegurar un funcionamiento eficiente y confiable en las áreas destinadas a almacenamiento y movimiento de carga.

- Construcción del silo (Silo de acero tipo espiral)



Se integrará la construcción de un **silo de acero tipo espiral**. Este silo se fabricará mediante un sistema automatizado que permite formar el cuerpo mediante lámina doblada y conformada en proceso continuo. Las etapas incluyen:

a) Preparación de la base y referencias de ubicación
b) Posicionamiento del equipo y montaje de plataforma
c) Corte, doblado y conformación en espiral de la lámina
d) Instalación del anillo inferior y levantamiento progresivo del cuerpo del silo
e) Montaje de nervaduras, refuerzos y elementos estructurales
f) Construcción hasta la altura de diseño
g) Descenso controlado y colocación final del silo en posición definitiva
h) Apertura de boca de acceso y fijación estructural

El proceso asegura un silo con alta capacidad de carga, paredes lisas, sellado eficiente y tiempos menores de construcción gracias a la automatización. Su instalación es adecuada para almacenamiento de materiales o productos asociados a las operaciones del patio de maniobras.

Estos sistemas garantizaran la disponibilidad de servicios para la operación continua, segura y eficiente del área ampliada.

II.2.10 Operación y mantenimiento

La etapa de operación y mantenimiento comprende el conjunto de actividades necesarias para garantizar el funcionamiento continuo, seguro, eficiente y ambientalmente responsable de las instalaciones durante su vida útil estimada en **30 años**. La operación se llevará a cabo de manera escalonada, conforme las distintas áreas sean concluidas y liberadas bajo el esquema constructivo progresivo programado para cuatro años, lo que permitirá una transición ordenada y controlada desde la fase de construcción hacia la fase operativa.

Durante esta fase se realizarán las maniobras logísticas, de almacenamiento, distribución y control de materiales, así como el mantenimiento preventivo y correctivo de la infraestructura, la maquinaria y los sistemas de soporte. Todas las actividades deberán ejecutarse conforme a procedimientos internos, normas de seguridad industrial portuaria y lineamientos ambientales vigentes.

Actividades Generales de Operación

a) Recepción, descarga y registro de materiales, las actividades incluyen:
- Recepción de transporte pesado en las superficies de concreto hidráulico MR-48.
- Ejecución de maniobras de descarga mediante montacargas, grúas telescópicas o cargadores frontales, según el tipo de material.





- Registro administrativo de ingreso, asignación de ubicación y, cuando aplique, pesaje del material.
- Verificación de integridad de contenedores, embalajes y documentación.
- Todas las maniobras deberán realizarse con personal capacitado en operación portuaria, radiocomunicación y seguridad industrial.

b) Almacenamiento temporal en patios: el almacenamiento se realizará sobre las plataformas de concreto MR-48, diseñadas para:

- Altas cargas estáticas y dinámicas.
- Tránsito intensivo de maquinaria pesada.
- Operación continua bajo condiciones húmedas o secas.
- Cuando operen silos metálicos en espiral, sus procesos contemplarán:
- Alimentación mediante bandas y/o tuberías de carga.
- Control de niveles volumétricos.
- Ventilación interna y control de humedad.
- Descarga mediante bocas inferiores reforzadas.

c) Sistema de distribución interna, incluye:

- Movilización mediante maquinaria ligera (montacargas, minicargadores).
- Movimientos de carga especializada con grúa telescópica o cargador sobre llantas.
- Trazado y uso de rutas internas definidas en vialidades de circulación.
- Despacho controlado de materiales conforme a la demanda operativa del puerto o concesionario.

d) Infraestructura Operativa

Plataformas de concreto MR-48. Las plataformas presentan:

- Acabado rayado para mejorar la fricción en condiciones húmedas.
- Juntas selladas para garantizar durabilidad y evitar infiltraciones.
- Espesor y diseño estructural adecuados para maniobras de alto impacto portuario.

e) Sistema de alumbrado exterior

- Superpostes de **30 m** con luminarias LED tipo Holophane.
- Alta eficiencia lumínica para operación nocturna.
- Sistema de pararrayos y puesta a tierra.
- Gabinetes de control con protecciones termo-magnéticas.

f) Instalaciones eléctricas, drenaje y comunicaciones, las redes son subterráneas para:

- No interferir con maniobras portuarias.
- Reducir riesgos de impacto.





- Facilitar la continuidad operativa.
- El drenaje pluvial mantiene la plataforma libre de encharcamientos, garantizando la seguridad de tránsito.

g) Actividades de Mantenimiento

Las acciones de mantenimiento se estructuran en dos modalidades: **preventivo** y **correctivo**, aplicadas progresivamente conforme cada zona entre en operación.
Mantenimiento preventivo, Incluye:

- Inspección periódica del pavimento hidráulico: Fisuras, desprendimientos, desgaste superficial, juntas.
- Revisión y lubricación de maquinaria: Montacargas, cargadores, grúas, retroexcavadoras.
- Inspección del sistema de alumbrado exterior: Luminarias, bases, cableado, mecanismo de izado. Limpieza general del área mediante barrido manual o mecánico. Verificación de drenaje pluvial para evitar obstrucciones. Calibración de equipos y revisión de conexiones eléctricas y de datos.
- Mantenimiento correctivo, Comprende:
- Reparación localizada de losas dañadas mediante morteros cementantes o reposición parcial del concreto.
- Reposición de cableado y luminarias deterioradas.
- Sustitución de componentes de los silos, cuando aplique:
- Láminas, nervaduras, sellos, tapas o mecanismos de carga.
- Corrección de fallas en maquinaria mediante reemplazo de piezas.

Seguridad Operativa, las acciones de seguridad incluyen:

- Uso obligatorio de EPP: casco, chaleco, botas, guantes y lámpara en operación nocturna.
- Señalización conforme a normas portuarias y lineamientos ASIPONA.
- Rutas de evacuación y puntos de reunión establecidos.
- Coordinación con supervisión de obra y brigada de topografía.
- Control de acceso, monitoreo de cargas y supervisión de maniobras.

Personal y Equipo para la Operación:

El equipo operativo considera: Montacargas y cargadores frontales. Grúas telescópicas. Camiones de volteo. Pipas para control de polvo.

Herramienta manual y equipo menor:

El personal incluye: Supervisores de patio. Operadores de maquinaria. Cuadrillas de maniobra. Personal administrativo y de control logístico.





Continuidad y Vida Útil del Proyecto:

La plataforma y su infraestructura fueron diseñadas para: Soportar cargas dinámicas y estáticas propias de patios portuarios. Operación continua bajo condiciones ambientales costeras. Resistencia a corrosión, tránsito intensivo y maniobras de alto impacto.

El cumplimiento riguroso de las rutinas de inspección, mantenimiento y gestión ambiental permitirá preservar su funcionalidad durante los **30 años de vida útil** proyectada.

Prevención de Contaminación: Durante toda la vida operativa del proyecto se aplicarán medidas para evitar derrames, fugas o dispersión;

- Mantener limpias las plataformas de concreto y realizar barrido mecánico o manual.
- Colocar bandejas antiderrames bajo maquinaria y equipos estacionados.
- Revisar periódicamente mangueras, filtros y líneas de combustible.
- Contar con kit de contingencias para derrames (absorbentes, arena, paños).

Responsables y Supervisión.

- Personal de operación: responsable de la segregación y entrega adecuada de residuos.
- Supervisor ambiental del patio: encargado de registros, manejo y cumplimiento normativo.
- Empresa autorizada: encargada de la recolección y disposición final de residuos peligrosos.

Evidencias y Documentación.

- Bitácoras internas de generación.
- Manifiestos de residuos peligrosos.
- Constancias de reciclaje o valorización.
- Reportes mensuales de manejo de residuos.

II.2.11 Desmantelamiento y abandono de las instalaciones

Después de concluir la vida útil del proyecto (30 años). En caso que se decida dar continuidad al proyecto o modificar su alcance, se realizarán los trámites necesarios ante la autoridad ambiental competente, con el propósito de obtener una nueva autorización en materia de impacto ambiental que respalde las actividades proyectadas.

En caso de que se determine el abandono del sitio o la conclusión definitiva de las actividades, se realizarán las acciones correspondientes contempladas para la etapa de abandono

(**Desmantelamiento y Restauración del sitio**), conforme a la normatividad ambiental aplicable y a las medidas previstas en el presente documento.

Actividades de desmantelamiento

• **Desconexión y retiro de servicios:** A través del apoyo de personal especializado como son: Electricistas y ayudantes generales se realizará el desmontaje de conexiones eléctricas, luminarias, cableado subterráneo, postes, pararrayos y registros; retiro del sistema de drenaje y canalizaciones de voz y datos.

• **Desmantelamiento de infraestructura:** Se realizará el retiro controlado de estructuras superficiales, pavimentos de concreto, elementos metálicos y cimentaciones no aprovechables; corte y separación de materiales reciclables (acero, aluminio), a través del uso de Retroexcavadora, martillo hidráulico, grúa telescópica con personal especializado como: operadores, soldadores, ayudantes de corte y carga.

• **Manejo y disposición final de residuos:** Clasificación de residuos generados (escombros, metales, maderas, cables, aceites usados); transporte y entrega a sitios o empresas autorizadas conforme a su tipo (peligrosos, manejo especial o sólidos urbanos) a través del apoyo de personal integrado en cuadrilla de recolección y transporte, supervisor ambiental.

• **Retiro de maquinaria, equipo y materiales:** Desmovilización de maquinaria pesada, herramientas, oficinas portátiles, baños móviles y señalización temporal con apoyo de Operadores, jefes de frente.

• **Nivelación y rehabilitación del sitio:** Compactación del terreno con Vibrocompactador y motoconformadora; aplicación de capa de suelo fértil en zonas afectadas y revegetación con especies nativas o tolerantes al ambiente local; control de erosión superficial a través del uso de Motoconformadora, vibrocompactador, pipa de agua, retroexcavadora, con apoyo de: Operadores, ayudantes, brigada ambiental.

• **Entrega del sitio:** Revisión final y entrega física del área a la autoridad portuaria o ambiental (ASIPONA SC / SEMARNAT), dejando el sitio en condiciones seguras, limpias y ambientalmente estables, libres de contaminantes o residuos.

Personal requerido:

- Supervisor de obra
- Responsable ambiental
- Cuadrillas de desmantelamiento



- Operadores de maquinaria
- Ayudantes generales
- Personal de seguridad y transporte.

Equipo y maquinaria requerido:

- Retroexcavadora CAT 320C
- Camiones de volteo
- Motoconformadora
- Grúa telescópica
- Vibrocompactador
- Apisonador manual
- Herramientas menores (marros, cinceles, palas, picos, cortadoras, sopletes)
- Equipo de protección personal.

Materiales requeridos:

- Lonas para confinamiento temporal
- contenedores para residuos
- señalamientos de seguridad
- selladores, combustibles
- lubricantes
- pintura para marcaje.

II.2.12 Programa de trabajo

El programa de trabajo se estructura con base en las actividades previstas para cada una de las etapas de desarrollo, conforme a sus respectivos periodos de ejecución, expresados en meses y años. No obstante, es importante señalar que, al momento de la elaboración del presente documento, no se cuenta con una fecha definitiva de inicio de construcción para cada uno de los proyectos. En atención a lo anterior, la tabla siguiente expone de manera general los periodos estimados para el inicio de las actividades correspondientes a cada actividad del proyecto, con el propósito de proporcionar una referencia temporal preliminar que permita orientar la planificación y coordinación técnica-administrativa del desarrollo propuesto.



Tabla 22. Programa de trabajo para el desarrollo de las distintas etapas del proyecto.

No	ETAPAS/ACTIVIDADES	AÑO 1												AÑO 2												AÑO 3												AÑO 4												AÑO 5	AÑO
		MES												MES												MES												MES												MES	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	30
1	**Etapa de preparación del sitio**																																																	
1.1	Instalación de obras provisionales																																																	
1.2	Desmonte																																																	
1.3	Despalme																																																	
1.4	Relleno																																																	
1.5	Nivelación																																																	
2	**Etapa de construcción**																																																	
2.1	Construcción de obra hidraulica para descargar de aguas residuales y pluviales.																																																	
2.2	Cimentación para la construcción de la plataforma de concreto hidráulico.																																																	
2.3	Contrucción de instalaciones de servicios																																																	
2.4	Construccion de instalaciones de servicios de energia elecrtica (aquí va el super poste), comunicaciones de voz y datos, construccion de un silo.																																																	
3	**Etapa de Operación y Mantenimiento**																																																	
3.1	Almacenamiento y distribución de materiales													Inicia operación y mantenimiento de superficie liberada en Etapa 1												Inicia operación y mantenimiento de superficie liberada en Etapa 2												Inicia Operación y mantenimiento de superficie liberada en Etapa 3												Inicia operación y mantenimiento de superficie liberada en Etapa 3	
3.2	Manejo y Disposición final de residuos																																																	
4	**Etapa de Abandono**																																																	
4.1	**Renovación de permisos para seguir operando**																																																	

	Peridos de ejecución para la Etapa de preparación del sitio y Etapa de Construcción
	Operación y mantenimiento de superficie liberada en Etapa 1
	Operación y mantenimiento de superficie liberada en Etapa 2
	Operación y mantenimiento de superficie liberada en Etapa 3
	Operación y mantenimiento de superficie liberada en Etapa 4
	Renovación de opermiso despues de 30 años de operación

La **descripción integral del proyecto** permite establecer su viabilidad técnica y ambiental, mostrando congruencia con los **objetivos del desarrollo portuario nacional y regional**, enmarcados en el **Plan Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP) 2022–2027** y los lineamientos del **Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec**.



Asimismo, el proyecto garantiza la **aplicación de medidas de mitigación, compensación y restauración** para mantener el equilibrio ecológico del sitio y su entorno.

II.2.12 Generación y manejo de residuos líquidos y emisiones a la atmósfera

h) Manejo de Residuos Durante la Operación

La gestión de residuos se desarrollará bajo criterios de orden, seguridad operativa y cumplimiento normativo, principalmente con la **LGPGIR**, su reglamento y NOM aplicables.

Clasificación de residuos:

- **Residuos Peligrosos (RP):** Generados por mantenimiento de maquinaria y equipos: Aceites y lubricantes usados. Solventes y grasas. Restos de diésel o gasolina por purgas. Trapos impregnados con sustancias peligrosas.

- **Residuos de Manejo Especial (RME):** Derivados de maniobras y mantenimiento: Aceros, piezas metálicas o refacciones. Estibas, tarimas deterioradas. Restos de tubería, cableado y accesorios.

- **Residuos Sólidos Urbanos (RSU):** Provenientes de actividades administrativas y operativas: Plásticos, envases, cartón, empaques. Residuos menores de madera o embalajes.

Manejo general de residuos:

- Segregación en sitio
- Separación desde el punto de generación.
- RP: contenedores herméticos y etiquetados.
- RME y RSU: contenedores o sacos según tipo.

Almacenamiento temporal:

- Área definida en el patio por ASIPONA.
- Piso firme, contención perimetral y techado.
- Zona aislada para RP con ventilación y señalización.

Control y registro:

- Bitácoras de generación, recolección y salida de RP.



- Registros internos de RME y RSU enviados a reciclaje o disposición.
- Con respecto a gases de efecto invernadero H2O, CFC y O3, y tratándose de una zona industrial el registro de emisiones en caso de existir en las diferentes etapas del proyecto, este se cuantificará por servicios externos.

II.2.13 Residuos

A continuación, se presentan las siguientes tablas en donde se consideran el almacenamiento, su manejo, así como su disposición final para los diferentes tipos de residuos:

Tabla 23. Residuos Peligrosos.

Almacenamiento temporal y manejo	Disposición final
-Contenedores metálicos o plásticos certificados, con tapa hermética y bandejas de retención. -Etiquetado conforme a NOM-052-SEMARNAT-2005.	-Recolección por empresa autorizada por SEMARNAT. -Traslado a sitios autorizados para co-procesamiento, reciclaje o incineración, según aplique. -Acreditación mediante manifiesto de entrega–recepción.

Tabla 24. Residuos de manejo especial que incluyen escombros menores, aceros, tarimas y componentes industriales.

Almacenamiento temporal y Manejo	Disposición final
-Acopio ordenado y sin compactación excesiva. -Separación de piezas metálicas para reciclaje.	-Entrega a centros de aprovechamiento, recicladores o empresas de valorización de materiales. -En caso de residuos no valorizables, envío a sitio de disposición final autorizado por el municipio.

Tabla 25. Residuos Sólidos Urbanos que procederán del consumo cotidiano y embalajes de materiales.

Almacenamiento temporal y Manejo	Disposición final
-Contenedores diferenciados para plásticos, cartón, papel, madera y residuos mezclados. -Recolección diaria mediante rutas internas.	-Acopio selectivo y entrega a centros de reciclaje locales o municipales. -Residuos no valorizables se enviarán a relleno sanitario autorizado.

CAPITULO III

VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO



Contenido

III.1. Ordenamientos jurídicos federales 4

III.1.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente 4

III.1.2 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de evaluación de impacto ambiental 6

III.1.3 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable 7

III.1.4 Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable 9

III.1.5 Ley General de Vida Silvestre 10

III.1.6 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) 11

III.1.7 Ley Federal de Responsabilidad Ambiental 13

III.2. Programas de ordenamiento ecológico del territorio (POET) 15

III.2.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) 15

III.2.2 Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio de Oaxaca (POERTEO) 23

III.3. Decretos y programas de conservación y manejo de las áreas naturales protegidas. 30

III.3.1 Áreas Naturales Protegidas 30

III.3.2 Regiones Terrestres Prioritarias 31

III.3.3 Regiones Hidrológicas Prioritarias 31

III.3.4 Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA´S) 32

III.3.5 Convenio Ramsar 33

III.3.6 Humedales de la República Mexicana Inventario Nacional de Humedales INH 34

III.4. Normas Oficiales Mexicanas 37

III.5. Planes o programas de desarrollo urbano (PDU) 45

III.5.1 Plan de Ordenamiento Territorial Salina Cruz 45

III.5.2 Plan Municipal de desarrollo (2025-2027) 46



III.6. Otros instrumentos 47

III.6.1 Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030 47

III.6.2 Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP) del Puerto de Salina Cruz 2022-2027 48

III.6.3 Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente para el Estado de Oaxaca 51

III.6.4 Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos del Estado de Oaxaca 53

Bibliografía 55

Índice de Tablas

Tabla 1. Región ecológica 8.15. 16
Tabla 2. Estrategias que se proponen para dar cumplimiento a los lineamientos ecológicos. 17
Tabla 3. Características principales UGAS en donde interviene el proyecto. 24
Tabla 4. Análisis de compatibilidad del proyecto y los criterios de regulación aplicable de la UGA 024. 25
Tabla 5. Normas Oficiales Mexicanas. 37
Tabla 6. Vinculación de la NOM-022-SEMARNAT-2003. 41

Índice de Figuras

Figura 1. Unidad Ambiental Biofísica 144. 16
Figura 2. Ubicación del proyecto respecto al POERTEO. 24
Figura 3. Imagen de localización de ANP´S y Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación cercanas al sitio del proyecto. 30
Figura 4. Imagen de localización de RHP cercanas al sitio del proyecto. 32
Figura 5. Imagen de localización de AICAS cercanas al sitio del proyecto. 33
Figura 6. Imagen de localización de sitios RAMSAR cercanos al sitio del proyecto. 34
Figura 7. Localización de humedades, manglares y manglares importantes determinados por CONAGUA cercano al sitio del proyecto. 36
Figura 8. Mapa de humedales del Inventario Nacional (CONAGUA). 37
Figura 9. Mapa de aptitud Industrial, Salina Cruz, Oaxaca. 46



III.1. Ordenamientos jurídicos federales

III.1.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
De acuerdo a la naturaleza y alcances del proyecto, así como las características de los ecosistemas presentes en la región en donde habrá de ejecutarse el proyecto, se enmarca dentro de lo previsto por los siguientes artículos:

Título primero: disposiciones Generales
Capítulo I: Normas preliminares
Artículo 5. Son facultades de la Federación:
X.-La evaluación del impacto ambiental de las obras o actividades a que se refiere el artículo 28 de esta ley y, en su caso, la expedición de las autorizaciones correspondientes.
Capítulo IV: Instrumentos de política ambiental
Sección V: Evaluación de Impacto Ambiental
Artículo 28. La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguno de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:
En este contexto, el proyecto se vincula con las disposiciones previstas en las siguientes fracciones del citado artículo:

- VII.- *"Cambios de uso de suelo de áreas forestales, así como, en selvas y zonas áridas"*
- X.- Obras y actividades en humedales, ecosistemas costeros, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales.

Vinculación con el proyecto: De acuerdo con la ubicación y características del proyecto denominado "Ampliación de patio de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca", y cuyos trabajos corresponden a la ampliación del patio de almacenamiento de la ASIPONA de Salina Cruz será necesario la construcción de obras civiles que implican el cambio de uso de suelo debido a la presencia aproximada de 3.9 ha de vegetación secundaria asociada a manglar dentro del área del proyecto.

En este sentido, la presentación del Documento Técnico Unificado (DTU) se vincula de manera directa con lo establecido en el Artículo 28 de la LGEEPA, particularmente con la fracción VII relativa al cambio de uso de suelo en terrenos forestales, así como con la fracción X referente a obras y actividades en humedales, ecosistemas costeros y zonas federales, toda vez que el área de intervención presenta vegetación de manglar y zonas con características de humedal costero sujetas a regulación ambiental federal.





Título segundo: Biodiversidad
Capítulo III: Flora y Fauna Silvestre
Artículo 79. Para la preservación y aprovechamiento sustentable de la flora y fauna silvestre, se considerarán los siguientes criterios:
En los numerales, que a letra dicen:

I. *La preservación y conservación de la biodiversidad y del hábitat natural de las especies de flora y fauna que se encuentran en el territorio nacional y en las zonas donde la nación ejerce su soberanía y jurisdicción*
II. *La continuidad de los procesos evolutivos de las especies de flora y fauna y demás recursos biológicos, destinando áreas representativas de los sistemas ecológicos del país a acciones de preservación e investigación;*
III. *La preservación de las especies endémicas, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial;*
IV. *El combate al tráfico o apropiación ilegal de especies;*
V. *El fomento y creación de las estaciones biológicas de rehabilitación y repoblamiento de especies de fauna silvestre;*
VI. *La participación de las organizaciones sociales, públicas o privadas, y los demás interesados en la preservación de la biodiversidad;*
VII. *El fomento y desarrollo de la investigación de la fauna y flora silvestre, y de los materiales genéticos, con el objeto de conocer su valor científico, ambiental, económico y estratégico para la Nación;*
VIII. *El fomento del trato digno y respetuoso a las especies animales, con el propósito de evitar la crueldad en contra de éstas;*
IX. *El desarrollo de actividades productivas alternativas para las comunidades rurales*
X. *El conocimiento biológico tradicional y la participación de las comunidades, así como los pueblos indígenas en la elaboración de programas de biodiversidad de las áreas en que habiten.*

Vinculación con el proyecto: El proyecto se apega a la normatividad aplicable en materia de protección de flora y fauna silvestre, toda vez que las actividades proyectadas no contemplan el aprovechamiento extractivo, comercial o de subsistencia de especies de flora y fauna presentes en el área de estudio. Asimismo, previo al desarrollo de las obras y actividades, se realizaron estudios y muestreos biológicos para identificar las especies presentes en el sitio del proyecto y su Área de Influencia, incluyendo aquellas enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.
Derivado de lo anterior, el proyecto considera la implementación de medidas de prevención, mitigación y compensación orientadas a preservar las especies y minimizar posibles afectaciones al ecosistema, entre las que destacan: el rescate y reubicación de ejemplares de flora y fauna que pudieran encontrarse en el área de intervención, la delimitación de las áreas de trabajo para evitar afectaciones fuera de la zona autorizada, la supervisión ambiental durante las etapas de preparación y construcción, así como la reforestación compensatoria con especies de mangle en un sitio ambientalmente viable distinto al área que será ocupada por el proyecto.
En este sentido, el proyecto mantiene vinculación con las disposiciones aplicables en materia de conservación de la biodiversidad, al incorporar acciones dirigidas a la protección y preservación de



las especies presentes en el área de estudio y reducir al mínimo los impactos ambientales derivados de su ejecución.

Título Cuarto: Protección al Ambiente
Capítulo III: Prevención y Control de la Contaminación del Agua y de los Ecosistemas Acuáticos
ARTÍCULO 121.- No podrán descargarse o infiltrarse en cualquier cuerpo o corriente de agua o en el suelo o subsuelo, aguas residuales que contengan contaminantes, sin previo tratamiento y el permiso o autorización de la autoridad federal, o de la autoridad local en los casos de descargas en aguas de jurisdicción local o a los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población**.**

Vinculación con el proyecto: El proyecto se apega a lo establecido en el Artículo 121 de la LGEEPA, toda vez que durante las etapas de preparación del sitio y construcción no se realizarán descargas directas de aguas residuales hacia cuerpos de agua, suelo o subsuelo sin el tratamiento y manejo correspondiente.
Durante el proceso constructivo se generarán aguas residuales de tipo sanitario derivadas del uso de sanitarios portátiles por parte del personal; dichas aguas serán manejadas mediante unidades móviles especializadas, las cuales contarán con mantenimiento periódico, limpieza y extracción de residuos por parte de empresas autorizadas y/o acreditadas para su recolección, transporte y disposición final conforme a la normatividad aplicable.
Adicionalmente, se implementarán medidas preventivas orientadas a evitar derrames o contaminación del suelo, subsuelo y cuerpos de agua durante las diferentes etapas del proyecto, garantizando así un manejo adecuado de las aguas residuales generadas.

Capítulo IV: Prevención y Control de la Contaminación del Suelo
Artículo 134.- Para la prevención y control de la contaminación del suelo, se considerarán los siguientes criterios:

- *II. Deben ser controlados los residuos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos.*
- *III.- Es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos, municipales e industriales; incorporar técnicas y procedimientos para su reúso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficientes.*

Vinculación con el proyecto: En observancia a esta disposición y en virtud de que el principal riesgo de contaminación del suelo es la generación de residuos sólidos urbanos el estudio propone la gestión integral de los residuos sólidos durante todas las etapas del proyecto.

III.1.2 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de evaluación de impacto ambiental

De acuerdo al art. 1º, el reglamento es de observancia general en todo el territorio nacional y en las zonas donde la Nación ejerce su jurisdicción; tiene por objeto reglamentar la Ley General del



Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en materia de evaluación del impacto ambiental a nivel federal.

Capítulo II: De Las Obras o Actividades que Requieren Autorización en Materia de Impacto Ambiental y de las Excepciones

Artículo 5.- Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:

- **O) Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas**
- ***R) OBRAS Y ACTIVIDADES EN HUMEDALES, MANGLARES, LAGUNAS, RÍOS, LAGOS Y ESTEROS CONECTADOS CON EL MAR, ASÍ COMO EN SUS LITORALES O ZONAS FEDERALES: I. Cualquier tipo de obra civil, con excepción de la construcción de viviendas unifamiliares para las comunidades asentadas en estos ecosistemas,***

Vinculación con el proyecto: De acuerdo con la ubicación del proyecto "Ampliación de patio de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca", y cuyos trabajos corresponden a la ampliación del patio de maniobras de la ASIPONA de Salina Cruz y será necesario la construcción de una obra civil que también requerirá del cambio de uso del suelo dada la presencia de 3.9 ha de vegetación secundaria de manglar en el sitio del proyecto, por lo que la presentación del DTU está en vinculación directa con lo que menciona dicho artículo, apegándose así con la normatividad vigente.

El proyecto es vinculante también con el inciso R, debido a que la superficie sujeta a cambio de uso de suelo 3.9 ha, sustenta vegetación secundaria de mangle.

III.1.3 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

Título primero: De las Disposiciones Generales

Capítulo I

Del Objeto y Aplicación de la Ley

Artículo 1.- La presente Ley es Reglamentaria del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, sus disposiciones son de orden e interés público y de observancia general en todo el territorio nacional, y tiene por objeto regular y fomentar el manejo integral y sustentable de los territorios forestales, la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos; así como distribuir las competencias que en materia forestal correspondan a la Federación, las Entidades Federativas, Municipios y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México, bajo el principio de concurrencia previsto en el artículo 73, fracción XXIX-G de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, con el fin de propiciar el desarrollo forestal sustentable. Cuando se trate de recursos forestales cuya propiedad o legítima posesión corresponda a los pueblos y comunidades indígenas se observará lo dispuesto por el artículo 2o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Artículo 7. Para los efectos de esta ley se entenderá por:

VI. Cambio de uso del suelo en terreno forestal: La remoción total o parcial de la vegetación forestal de los terrenos forestales arbolados o de otros terrenos forestales para destinarlos o inducirlos a actividades no forestales; Fracción reformada DOF 13-04-2020





LXXX. Vegetación forestal: Es el conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas, dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales;
Título Segundo
Capítulo I
De la Distribución de Competencias en Materia Forestal
Artículo 10. Son atribuciones de la federación:
XXIX. Definir y aplicar las regulaciones del uso del suelo en terrenos forestales y preferentemente forestales;
XXX.- Expedir, por excepción, las autorizaciones de cambio de uso del suelo de los terrenos forestales, así como controlar y vigilar el uso del suelo forestal.

Vinculación con el proyecto: Es preciso mencionar que el uso del suelo y vegetación que indica INEGI en la Serie VII el sitio del proyecto lo reporta como de asentamientos humanos y de acuerdo con el recorrido de campo se tiene la presencia de 3.9 ha de vegetación secundaria de manglar, que, si bien se encuentra en deterioro por las condiciones en la que se encuentra, por sus características estructurales corresponde a una vegetación de tipo forestal que tendrá que ser removida para poder realizar las obras y actividades del presente proyecto.

Artículo 93. La Secretaría solo podrá autorizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos cuyo contenido se establecerá en el Reglamento, los cuales demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, y que la erosión de los suelos, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal. Párrafo reformado DOF 26-04-2021.
En las autorizaciones de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, la Secretaría deberá dar respuesta debidamente fundada y motivada a las opiniones técnicas emitidas por los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate. La Secretaría podrá emitir criterios y lineamientos en materia de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, en el ámbito de sus atribuciones y de conformidad con lo establecido en esta Ley y su Reglamento. Párrafo adicionado DOF 11-04-2022.
Las autorizaciones que se emitan deberán integrar un programa de rescate y reubicación de especies de la flora y fauna afectadas y su adaptación al nuevo hábitat conforme se establezca en el Reglamento. Dichas autorizaciones deberán sujetarse a lo que, en su caso, dispongan los programas de ordenamientos ecológicos correspondientes, las Normas Oficiales Mexicanas y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables. Tratándose de terrenos ubicados en territorios indígenas, la autorización de cambio de uso de suelo además deberá acompañarse de medidas de consulta previa, libre, informada, culturalmente adecuada y de buena fe, en los términos de la legislación aplicable. Para ello, la Secretaría se coordinará con el Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas. Párrafo adicionado DOF 26-04-2021





Vinculación con el proyecto: El proyecto se vincula con dicho artículo al presentar el DTU que demuestra que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados (en este caso el manglar) se mantendrán a pesar de su remoción, debido a que, se realizarán las medidas de compensación ambiental necesarias.

III.1.4 Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

Título Primero
De las Disposiciones Generales
Capítulo Único

Artículo 1. El presente ordenamiento es de observancia general en todo el territorio nacional y tiene por objeto reglamentar la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable en el ámbito de competencia federal, en materia de conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento sustentables de los ecosistemas forestales del país y sus recursos. Su aplicación corresponde a la Secretaría, a través de las unidades administrativas que señale su Reglamento Interior o de los órganos administrativos desconcentrados denominados Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, según el ámbito de competencias que establezca la Ley, este Reglamento y otros ordenamientos jurídicos aplicables, así como a la Comisión en las materias cuyo ejercicio directo le atribuyan la Ley, el presente Reglamento y las disposiciones jurídicas que de ellos emanen.

Título Cuarto
De las Medidas de Conservación Forestal
Capítulo Segundo
Del Cambio de Uso de Suelo en los Terrenos Forestales

Artículo 139. Para solicitar la autorización de cambio de uso del suelo en terrenos forestales, el interesado deberá solicitarlo mediante el formato que expida la Secretaría, el cual contendrá lo siguiente:

I. Nombre o denominación o razón social, así como domicilio, número telefónico y correo electrónico del solicitante;
II. Lugar y fecha;
III. Datos y ubicación del área del proyecto o conjunto de área del proyecto, y
IV. Superficie forestal solicitada para el Cambio de uso de suelo y el tipo de vegetación por afectar identificada conforme a la Clasificación del Uso de Suelo y Vegetación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

A la solicitud a que se refiere el párrafo anterior, se deberá anexar lo siguiente:

Copia simple de la identificación oficial del solicitante; Original o copia certificada del instrumento con el cual se acredite la personalidad del representante legal o de quien solicite el Cambio de uso de suelo a nombre del propietario o poseedor del área del proyecto, así como copia simple para su cotejo; Original o copia certificada del título de propiedad, debidamente inscrito en el registro público que corresponda o, en su caso, del documento que acredite la posesión o el derecho para realizar actividades que impliquen el Cambio de uso del suelo en Terrenos forestales, así como copia simple para su cotejo; Tratándose de ejidos o comunidades agrarias, deberá presentarse original o copia





certificada del acta de asamblea de conformidad con la Ley Agraria en la que conste el acuerdo de Cambio del uso del suelo en el terreno respectivo, y el estudio técnico justificativo, en formato impreso y electrónico o digital.

Vinculación con el proyecto: El DTU es presentado a la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA) de la SEMARNAT, de acuerdo con los formatos expedidos por la Ley, para su evaluación y dictamen. Es preciso mencionar que el uso del suelo y vegetación que indica INEGI en la Serie VII el sitio del proyecto lo reporta como de asentamientos humanos y de acuerdo con el recorrido de campo se tiene la presencia de 3.9 ha de vegetación secundaria de manglar deterioro por las condiciones en la que se encuentra, por sus características estructurales corresponde a una vegetación de tipo forestal que tendrá que ser removida.

III.1.5 Ley General de Vida Silvestre

Esta Ley, cuya última actualización se publicó en el DOF el 19 de enero de 2018, tiene por objeto establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas en donde la Nación ejerce su jurisdicción.

Articulo 4.- Es deber de todos los habitantes del país conservar la vida silvestre; queda prohibido cualquier acto que implique su destrucción, daño o perturbación, en perjuicio de los intereses de la Nación.

Vinculación

La planeación de las actividades del proyecto contempla por un lado el cumplimiento de la ley al presentar el trámite para la autorización del DTU antes de iniciar cualquier actividad, y por otro lado la ejecución de acciones encaminadas a llevar a cabo los programas de rescate / reubicación de fauna, previos a las actividades de preparación del sitio y de construcción. Ante la alteración del hábitat por el retiro de mangle en algunas zonas donde se desarrollará el proyecto, se llevará a cabo un programa de reforestación como medida de compensación.

Articulo 31.- Cuando se realice traslado de ejemplares vivos de fauna silvestre, éste se deberá efectuar bajo condiciones que eviten o disminuyan la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor, teniendo en cuenta sus características.

Vinculación

Como parte del programa de rescate / reubicación de fauna silvestre, el promovente efectuará la movilización de los ejemplares bajo condiciones que eviten o disminuyan el estrés, sufrimiento, traumatismo y dolor, teniendo en cuenta sus características, dichas acciones las ejecutaran personal especializado, así mismo se realizara el trámite que corresponda para la autorización respectiva. En **Anexo digital,** se presenta el ***Programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna que pudieran resultar afectadas y su adaptación al nuevo hábitat, en caso de autorizarse el cambio de uso de suelo*** y el ***Programa de reforestación.***





Articulo 60 TER.- Queda prohibida la remoción, relleno, trasplante, poda, o cualquier obra o actividad que afecte la integralidad del flujo hidrológico del manglar; del ecosistema y su zona de influencia; de su productividad natural; de la capacidad de carga natural del ecosistema para los proyectos turísticos; de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; o bien de las interacciones entre el manglar, los ríos, la duna, la zona marítima adyacente y los corales, o que provoque cambios en las características y servicios ecológicos.

Vinculación
El proyecto es vinculante con el presente artículo en el sentido de que se removerá vegetación secundaria de mangle; sin embargo, no afectará la integralidad del flujo hidrológico del manglar, del ecosistema y su zona de influencia ya que la única aportación de agua, es a través de las descargas de aguas residuales provenientes de Salina Cruz, condición que resulta a la falta de atributos ecosistémicos para albergar biodiversidad bajo condiciones óptimas. Es importante mencionar que previo al retiro del mangle, se realizará el rescate de individuos de mangle y colecta de material biológico a fin de preservar la especie, posteriormente se reubicará en el área de compensación ambiental.

III.1.6 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)
Esta Ley, cuya última actualización se publicó en el DOF el 08 de mayo de 2023, tiene por objeto garantizar el derecho de toda persona al medioambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación.
Articulo 18.- Los residuos sólidos urbanos podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria, de conformidad con los Programas Estatales y Municipales para la Prevención y la Gestión Integral de los Residuos, así como con los ordenamientos legales aplicables.
Articulo 19.- Los residuos de manejo especial se clasifican como se indica a continuación, salvo cuando se trate de residuos considerados como peligrosos en esta Ley y en las normas oficiales mexicanas correspondientes:
…
VII. Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general;

Vinculación.
El promovente realizará la clasificación de los residuos sólidos urbanos (RSU), que se generen durante el desarrollo del proyecto, serán depositados en contenedores debidamente señalizados, para esto se elaborar un programa de manejo de los RSU, posteriormente, serán transportados y dispuestos en centros de acopio de la zona o entregados al camión recolector municipal.

Durante el desarrollo del Proyecto se generarán residuos de manejo especial (residuos de la construcción) los cuales serán transportados y dispuestos por empresas autorizadas por la SEMARNAT.





Asimismo, dentro del sitio del proyecto, se destinará un área especial para el almacenamiento temporal de estos residuos, lo anterior se realizará dando cumplimiento a la NOM-161-SEMARNAT-2011.

Artículo 31.- Estarán sujetos a un plan de manejo los siguientes residuos peligrosos y los productos usados, caducos, retirados del comercio o que se desechen y que estén clasificados como tales en la norma oficial mexicana correspondiente:

I. Aceites lubricantes usados;
II. Disolventes orgánicos usados;
III. Convertidores catalíticos de vehículos automotores;
IV. Acumuladores de vehículos automotores conteniendo plomo;
V. Baterías eléctricas a base de mercurio o de níquel-cadmio;

Artículo 40.- Los residuos peligrosos deberán ser manejados conforme a lo dispuesto en la presente Ley, su Reglamento, las normas oficiales mexicanas y las demás disposiciones que de este ordenamiento se deriven

Artículo 41.- Los generadores de residuos peligrosos y los gestores de este tipo de residuos, deberán manejarlos de manera segura y ambientalmente adecuada conforme a los términos señalados en esta Ley.

Artículo 45.- Los generadores de residuos peligrosos, deberán identificar, clasificar y manejar sus residuos de conformidad con las disposiciones contenidas en esta Ley y en su Reglamento, así como en las normas oficiales mexicanas que al respecto expida la Secretaría.

En cualquier caso, los generadores deberán dejar libres de residuos peligrosos y de contaminación que pueda representar un riesgo a la salud y al ambiente, las instalaciones en las que se hayan generado éstos, cuando se cierren o se dejen de realizar en ellas las actividades generadoras de tales residuos.

Vinculación

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, operación y mantenimiento del proyecto, se implementará un procedimiento para un manejo ambiental adecuado de los residuos peligrosos, cumpliendo con lo establecido en la Ley y el Reglamento y demás disposiciones aplicables, se prevé que por el uso de maquinaria y equipos se generen residuos peligrosos, por lo que el promovente implementará un procedimiento para el manejo de residuos peligrosos, dicho procedimiento incluirá la identificación, clasificación y manejo de dichos residuos en conformidad con las disposiciones contenidas en esta Ley y la NOM-052-SEMARNAT-2005; la aplicación del procedimiento será supervisada para evitar la contaminación que pueda representar un riesgo a la salud y al ambiente, dichos residuos serán almacenados dentro del predio en un área que cumpla con lo establecido en esta Ley y en su reglamento; asimismo, se transportarán y se dispondrán para destino final con empresas debidamente autorizadas por la SEMARNAT.

Artículo 47.- Los pequeños generadores de residuos peligrosos, deberán de registrarse ante la Secretaría y contar con una bitácora en la que llevarán el registro del volumen anual de residuos peligrosos que generan y las modalidades de manejo, así como el registro de los casos en los que





transfieran residuos peligrosos a industrias para que los utilicen como insumos o materia prima dentro de sus procesos indicando la cantidad o volumen transferidos y el nombre, denominación o razón social y domicilio legal de la empresa que los utilizará.
Aunado a lo anterior deberán sujetar sus residuos a planes de manejo, cuando sea el caso, así como cumplir con los demás requisitos que establezcan el reglamento y demás disposiciones aplicables…

Vinculación
Se considera que el promovente es un pequeño generador de residuos peligrosos, se registrará ante la SEMARNAT y elaborará una bitácora anual en la que se incluyan los volúmenes generados, además implementará su plan de manejo correspondiente, cumplirá los requisitos que se establezcan en el Reglamento y las demás disposiciones aplicables.

Artículo 54.- Se deberá evitar la mezcla de residuos peligrosos con otros materiales o residuos para no contaminarlos y no provocar reacciones, que puedan poner en riesgo la salud, el ambiente o los recursos naturales
Artículo 56.- …Se prohíbe el almacenamiento de residuos peligrosos por un periodo mayor de seis meses a partir de su generación, lo cual deberá quedar asentado en la bitácora correspondiente. No se entenderá por interrumpido este plazo cuando el poseedor de los residuos cambie su lugar de almacenamiento.

Vinculación
Durante el desarrollo del proyecto se colocarán contenedores debidamente señalizados para los residuos peligrosos y contenedores para residuos orgánicos e inorgánicos, asimismo se destinarán áreas especiales para los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; evitando así su mezcla

En el manejo de los residuos, el promovente instalará un almacén temporal de residuos peligrosos apegado a las características señaladas en el artículo 82 del Reglamento de la presente Ley, que permitirá a la empresa resguardar con seguridad y por periodos de no más de 6 meses tales residuos. Los datos del almacenamiento quedarán registrados en la bitácora y se incorporarán a los informes que el promovente ingrese periódicamente a la SEMARNAT.

III.1.7 Ley Federal de Responsabilidad Ambiental
Esta Ley, publicada en el DOF el 7 de junio de 2013, tiene por objeto la protección, la preservación y restauración del ambiente y el equilibrio ecológico, para garantizar los derechos humanos a un medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar de toda persona, y a la responsabilidad generada por el daño y el deterioro ambiental.
Articulo 6.- No se considerará que existe daño al ambiente cuando los menoscabos, pérdidas, afectaciones, modificaciones o deterioros no sean adversos en virtud de:

I. Haber sido expresamente manifestados por el responsable y explícitamente identificados, delimitados en su alcance, evaluados, mitigados y compensados mediante condicionantes, y autorizados por la Secretaría, previamente a la realización de la conducta que los origina, mediante





la evaluación del impacto ambiental o su informe preventivo, la autorización de cambio de uso desuelo forestal o algún otro tipo de autorización análoga expedida por la Secretaría; o de que,
II. No rebasen los límites previstos por las disposiciones que en su caso prevean las Leyes ambientales o las normas oficiales mexicanas. La excepción prevista por la fracción I del presente artículo no operará, cuando se incumplan los términos o condiciones de la autorización expedida por la autoridad.

Vinculación con el proyecto
En el presente Documento Técnico Unificado se identifican y manifiestan los impactos al ambiente como consecuencia del desarrollo de las actividades de preparación del sitio, así como la construcción, operación y mantenimiento del proyecto, Además, se presentan las medidas necesarias para prevenir, mitigar y compensar dichos impactos. En la caracterización ambiental del sitio del proyecto, se demuestra mediante análisis de laboratorio de aguas y suelos la condición de impacto y/o deterioro ambiental que presenta el sitio

Artículo 10.- Toda persona física o moral que con su acción u omisión ocasione directa o indirectamente un daño al ambiente, será responsable y estará obligada a la reparación de los daños, o bien, cuando la reparación no sea posible a la compensación ambiental que proceda, en los términos de la presente Ley.
De la misma forma estará obligada a realizar las acciones necesarias para evitar que se incremente el daño ocasionado al ambiente.
Artículo 11.- La responsabilidad por daños ocasionados al ambiente será subjetiva, y nacerá de actos u omisiones ilícitos con las excepciones y supuestos previstos en este Título. En adición al cumplimiento de las obligaciones previstas en el artículo anterior, cuando el daño sea ocasionado por un acto u omisión ilícitos dolosos, la persona responsable estará obligada a pagar una sanción económica. Para los efectos de esta Ley, se entenderá que obra ilícitamente el que realiza una conducta activa u omisiva en contravención a las disposiciones legales, reglamentarias, a las normas oficiales mexicanas, o a las autorizaciones, licencias, permisos o concesiones expedidas por la Secretaría u otras autoridades

Vinculación con el proyecto
El promovente se hará responsable de los daños ambientales que pudieran ocasionar el desarrollo de las actividades de preparación del sitio, así como la construcción, operación y mantenimiento. Para tales efectos proponen las medidas pertinentes para prevenir, mitigar y compensar dichos impactos, por lo que una vez autorizado el proyecto se presentara un programa de vigilancia ambiental que contempla tiempos de ejecución, responsables, indicadores de cumplimiento y costos por la ejecución de tales medidas.

Artículo 24.- Las personas morales serán responsables del daño al ambiente ocasionado por sus representantes, administradores, gerentes, directores, empleados y quienes ejerzan dominio funcional de sus operaciones, cuando sean omisos o actúen en el ejercicio de sus funciones, en



representación o bajo el amparo o beneficio de la persona moral, o bien, cuando ordenen o consientan la realización de las conductas dañosas.
Las personas que se valgan de un tercero, lo determinen o contraten para realizar la conducta causante del daño serán solidariamente responsables, salvo en el caso de que se trate de la prestación de servicios de confinamiento de residuos peligrosos realizada por empresas autorizadas por la Secretaría.
No existirá responsabilidad alguna, cuando el daño al ambiente tenga como causa exclusiva un caso fortuito o fuerza mayor.

Vinculación con el proyecto
El promovente será responsable por los daños ambientales ocasionados por el desarrollo de las actividades del proyecto, así como cualquier otro trabajador relacionado con dichas actividades.

III.2. Programas de ordenamiento ecológico del territorio (POET)
III.2.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)
El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) es un instrumento de política pública sustentado en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y en su Reglamento en materia de Ordenamiento Ecológico. Es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y tiene como propósito vincular las acciones y programas de la Administración Pública Federal que deberán observar la variable ambiental en términos de la Ley de Planeación. (Naturales, s. f.)
Con fundamento en el artículo 26 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico (RLGEEPA, última reforma DOF. 28 de septiembre de 2010), la propuesta del programa de ordenamiento ecológico está integrada por la regionalización ecológica (que identifica las áreas de atención prioritaria y las áreas de aptitud sectorial) y los lineamientos y estrategias ecológicas para la preservación, protección, restauración y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, aplicables a esta regionalización.
De acuerdo con el POEGT el proyecto se ubica en 144 denominada “Costas del Sur del Este de Oaxaca” tal y como se muestra en la siguiente imagen.

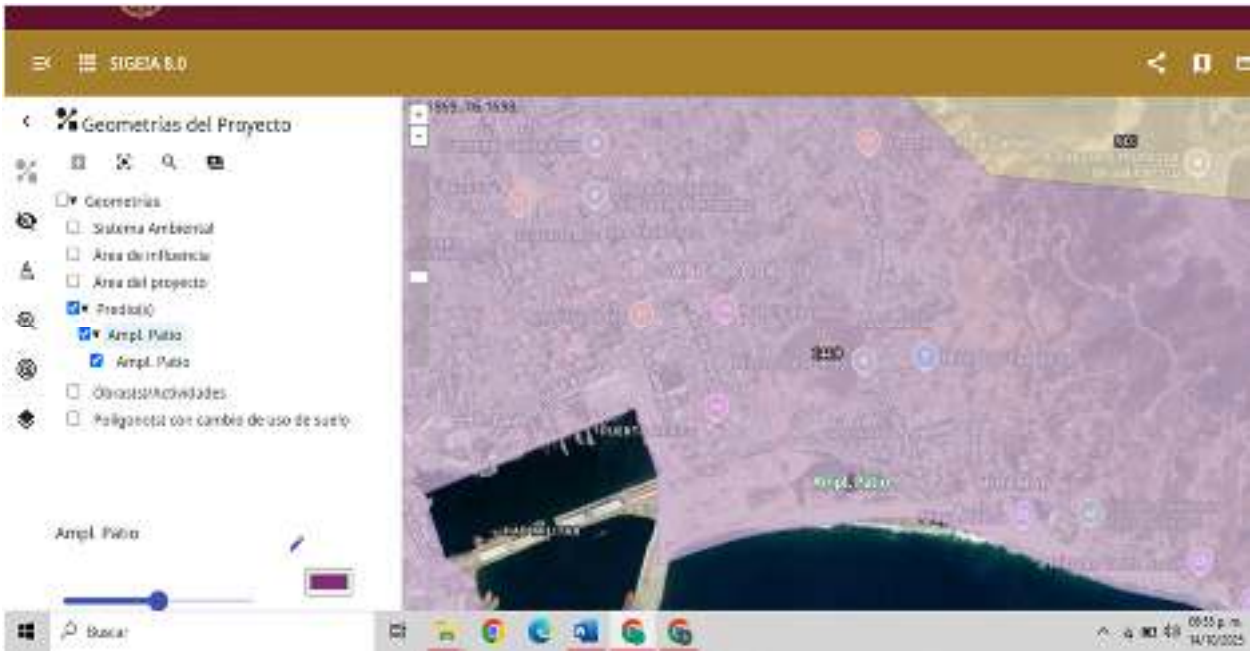


Figura 1. Unidad Ambiental Biofísica 144.
https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/sistema-de-informacion-geografica-para-la-evaluacion-del-impacto-ambiental-sigeia

Por lo tanto, a continuación, se presenta la ficha técnica de la región ecológica 8.15

Tabla 1. Región ecológica 8.15

REGIÓN ECOLÓGICA:		**8.15**			
BUAP		**144 denominada "Costas del Sur del Este de Oaxaca"**			
Localización:		Costa Sur de Oaxaca			
Superficie en km^2:		4,231.84 km^2			
Población Total:		247,875 hab.			
Población Indígena:		Costa y Sierra Sur de Oaxaca			
Política Ambiental:		**Protección, Aprovechamiento Sustentable y Restauración**			
Prioridad de Atención:		**Alta**			
UAB	**Rectores del desarrollo**	**Coadyuvantes del desarrollo**	**Asociados del desarrollo**	**Otros sectores de interés**	**Estrategias sectoriales**
144	Desarrollo Social -	Ganadería - Poblacional	Agricultura - Minería	SCT	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29,



REGIÓN ECOLÓGICA:		8.15			
	Preservación de Flora y Fauna				30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44

Estado Actual del Medio Ambiente 2008:

Crítico. Conflicto Sectorial Bajo. Muy baja superficie de ANP's. Media degradación de los Suelos. Alta degradación de la Vegetación. Baja degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es muy baja. Longitud de Carreteras (km): Baja. Porcentaje de Zonas Urbanas: Muy baja. Porcentaje de Cuerpos de agua: Muy baja. Densidad de población (hab/km2): Baja. El uso de suelo es Forestal y Agrícola. Con disponibilidad de agua superficial: Sin información. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 13.7. Alta marginación social. Bajo índice medio de educación. Bajo índice medio de salud. Alto hacinamiento en la vivienda. Bajo 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 de carácter campesino. Media importancia de la actividad minera. Alta importancia de la actividad ganadera.

A continuación, se presentan las estrategias que se proponen para dar cumplimiento a los lineamientos ecológicos y objetivos específicos que persigue el programa y se hace la vinculación que presenta el proyecto con dicha UAB.

Tabla 2. Estrategias que se proponen para dar cumplimiento a los lineamientos ecológicos.

ESTRATEGIAS SECTORIALES	VINCULACION CON EL PROYECTO
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio	
Aprovechamiento sustentable	
1. Conservación in situ de los ecosistemas y su biodiversidad.	Para dar cumplimiento a las estrategias 1 y 2 el promovente llevará a cabo un ***Programa de reforestación***, para compensar los impactos ocasionados por el desarrollo del Proyecto. En cuanto a la estrategia 3, dentro de la caracterización del Sistema Ambiental y del polígono del proyecto se reconoce y se hace un análisis de la biodiversidad presente.
2. Recuperación de especies en riesgo.	
3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad	
Aprovechamiento sustentable	
4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales.	En efecto se aprovecharán recursos naturales como suelo principalmente, por lo que se evalúan los impactos y se proponen medidas de mitigación



ESTRATEGIAS SECTORIALES	VINCULACION CON EL PROYECTO
5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios.	La estrategia sectorial relativa al "Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios" no presenta vinculación directa con el proyecto, debido a que el área donde se desarrollarán las obras y actividades no corresponde a terrenos con vocación agrícola o pecuaria. De acuerdo con la caracterización ambiental y el uso actual del suelo descritos en el presente estudio, el sitio del proyecto se encuentra asociado a terrenos forestales con presencia de vegetación secundaria de manglar y ecosistemas costeros sujetos a regulación ambiental federal. Por lo tanto, las disposiciones y criterios aplicables al aprovechamiento sustentable de suelos agrícolas y pecuarios no resultan aplicables de manera específica al proyecto que se evalúa.
6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas.	No es aplicable al proyecto, debido a que no se llevarán a cabo actividades agrícolas.
7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.	La estrategia sectorial relativa al "Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales" no presenta vinculación directa con el proyecto, debido a que éste no contempla el aprovechamiento forestal maderable o no maderable de los recursos existentes en el área de estudio. Las obras y actividades propuestas corresponden a un cambio de uso de suelo en terrenos forestales para el desarrollo de infraestructura asociada a la ampliación del patio de almacenamiento, por lo que el objetivo del proyecto no consiste en el aprovechamiento productivo de los recursos forestales, sino en la modificación del uso actual del suelo conforme a las autorizaciones y disposiciones ambientales aplicables.
8. Valoración de los servicios ambientales.	Se plantean medidas de mitigación y compensación de los impactos ambientales por la disminución de la cobertura vegetal y por



ESTRATEGIAS SECTORIALES	VINCULACION CON EL PROYECTO
	consiguiente la pérdida y/o disminución de los servicios ambientales
c. Protección de los recursos naturales	
9. Propiciar el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotados.	El proyecto no considera hacer uso del recurso agua durante su operación, tampoco considera el aprovechamiento de aguas subterráneas, por lo que no contraviene lo establecido en esta estrategia
10. Reglamentar para su protección, el uso del agua en las principales cuencas y acuíferos.	No aplica para el proyecto, no es responsabilidad del promovente
11. Mantener en condiciones adecuadas de funcionamiento las presas administradas por CONAGUA	No aplica para el proyecto, no es responsabilidad del promovente
12. Protección de los ecosistemas.	El presente estudio se realiza para cumplir con el marco legal en materia de impacto ambiental y de cambio de uso del suelo de terrenos forestales esto con la finalidad de la preservación y protección del medio ambiente. En este documento se proponen medidas que cumplan el objetivo antes mencionado.
13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.	No es aplicable al proyecto. En ninguna etapa del proyecto se contempla el uso de agroquímicos.
A. Restauración	
14. Restauración de los ecosistemas forestales y suelos agrícolas.	Dado los impactos evaluados por el proyecto se propone la ejecución de un programa de reforestación de 4.01 hectáreas por compensación ambiental, derivado del cambio de uso de suelo en la zona de manglar.
B. Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	
15. Aplicación de los productos el Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables.	No es aplicable para el proyecto, no se contempla el aprovechamiento de recursos no renovables, sin embargo, en la caracterización de los componentes abióticos del sitio del proyecto se empleó esta fuente de información
15 bis. Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable.	No es aplicable para el proyecto, no es competencia del promovente.





ESTRATEGIAS SECTORIALES	VINCULACION CON EL PROYECTO
19. Fortalecer la confiabilidad y seguridad energética para el suministro de electricidad en el territorio, mediante la diversificación de las fuentes de energía, incrementando la participación de tecnologías limpias, permitiendo de esta forma disminuir la dependencia de combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero.	No es aplicable para el proyecto, no es competencia del promovente
21. Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo.	No es aplicable al proyecto, debido a que no es competencia del promovente, ni tampoco es la naturaleza del proyecto
22. Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional.	No es aplicable al proyecto, debido a que no es competencia del promovente, ni tampoco es la naturaleza del proyecto
23. Sostener y diversificar la demanda turística doméstica e internacional con mejores relaciones consumo (gastos del turista) – beneficio (valor de la experiencia, empleos mejor remunerados y desarrollo regional).	El proyecto aporta beneficios económicos permanentes a las localidades cercanas, por las actividades de construcción, operación y mantenimiento del proyecto
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana. **A.** Suelo urbano y vivienda	
24. Mejorar las condiciones de vivienda y entorno de los hogares en condiciones de pobreza para fortalecer su patrimonio.	No es aplicable al proyecto, debido a que no es competencia del promovente, ni tampoco es la naturaleza del proyecto.
B. Zonas de riesgo y prevención de contingencias	
25. Prevenir y atender los riesgos naturales en acciones coordinadas con la sociedad civil.	El promovente implementará medidas en materia de Protección Civil dirigido al personal que participa en el desarrollo de las actividades del proyecto y en las diferentes etapas: preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento y, abandono del sitio, éste último en caso de ejecutarse, con la finalidad de prevenir afectaciones derivadas de los fenómenos naturales.
26. Promover la reducción de la vulnerabilidad física.	No es aplicable para el proyecto, no es competencia del promovente, sin embargo, para la modernización se cuenta con un estudio de mecánica de suelos del terreno a fin de diseñar el relleno y prevenir riesgos.
C. Agua y Saneamiento	





ESTRATEGIAS SECTORIALES	VINCULACION CON EL PROYECTO
27. Incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la región.	No es aplicable al proyecto, debido a que no es competencia del promovente, ni tampoco es la naturaleza del proyecto.
28. Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico.	No es aplicable al proyecto, debido a que no es competencia del promovente, ni tampoco es la naturaleza del proyecto.
29. Posicionar el tema del agua como un recurso estratégico y de seguridad nacional.	No es aplicable al proyecto, debido a que no es competencia del promovente, ni tampoco es la naturaleza del proyecto.
D. Infraestructura y equipamiento urbano y regional	
30. Construir y modernizar la red carretera a fin de ofrecer mayor seguridad y accesibilidad a la población y así contribuir a la integración inter e intrarregional.	El proyecto se encuentra directamente alineado con esta estrategia, toda vez que implica modernizar infraestructura para aumentar la capacidad de movilización de productos a través del puerto de Salina Cruz, lo cual permitirá el desarrollo del municipio del mismo nombre y regiones aledañas.
31. Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas	El proyecto coadyuva directamente con el plan de estructurar polos de desarrollo a través de Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec.
32. Frenar la expansión desordenada de las ciudades, dotarlas de suelo apto para el desarrollo urbano y aprovechar el dinamismo, la fortaleza y la riqueza de las mismas para impulsar el desarrollo regional.	El proyecto va acorde al Programa de Ordenamiento Territorial de Salina Cruz, no contraviene a la propuesta de ordenamiento dado que el sitio del proyecto se localiza en una zona industrial tal como lo indica el programa
E. Desarrollo social	
33. Apoyar el desarrollo de capacidades para la participación social en las actividades económicas y promover la articulación de programas para optimizar la aplicación de recursos públicos que conlleven a incrementar las oportunidades de acceso a servicios en el medio rural y reducir la pobreza.	No es aplicable al proyecto, debido a que no es competencia del promovente. Sin embargo, en cada una de las etapas se tiene estipulado contratar mano de obra local, de esta manera aportando a la economía de la región, así como también a la demanda de productos y servicios.
34. Integración de las zonas rurales de alta y muy alta marginación a la dinámica del desarrollo nacional.	El proyecto coadyuva a dicho objetivo al ofrecer una vía de comunicación eficiente y que permita el traslado de bienes y servicios, en una zona catalogada como de alta marginación





ESTRATEGIAS SECTORIALES	VINCULACION CON EL PROYECTO
35. Inducir acciones de mejora de la seguridad social en la población rural para apoyar la producción rural ante impactos climatológicos adversos.	No es aplicable al proyecto, sin embargo, se contribuye con la economía e incrementar el acceso y calidad de distintos servicios a la localidad.
36. Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza.	No es aplicable al proyecto, sin embargo, se contribuye con la economía e incrementar el acceso y calidad de distintos servicios a la localidad.
37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas.	Desde el inicio del proyecto se ha contratado mano de obra local, con la finalidad de beneficiar económicamente a las poblaciones cercanas al proyecto, en la que se trata de incluir a las mujeres dentro del equipo de trabajo.
38. Fomentar el desarrollo de capacidades básicas de las personas en condición de pobreza.	No es aplicable al proyecto, sin embargo, se contribuye con la economía de la región e incrementa el acceso y calidad de distintos servicios a las localidades cercanas
40. Atender desde el ámbito del desarrollo social, las necesidades de los adultos mayores mediante la integración social y la igualdad de oportunidades. Promover la asistencia social a los adultos mayores en condiciones de pobreza o vulnerabilidad, dando prioridad a la población de 70 años y más, que habita en comunidades rurales con los mayores índices de marginación.	No es aplicable al proyecto, sin embargo, se contribuirá con la economía de la región en el que se incrementa el acceso y calidad de distintos servicios a la localidad.
41. Procurar el acceso a instancias de protección social a personas en situación de vulnerabilidad.	No es aplicable al proyecto, debido a que no es competencia del promovente.
Grupo III. Dirigidas al Fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional. A. Marco Jurídico	
42. Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.	El desarrollo del proyecto no afecta la propiedad rural, dado que se localiza en el Recinto Portuario de propiedad de ASIPONA
B. Planeación del ordenamiento territorial	



ESTRATEGIAS SECTORIALES	VINCULACION CON EL PROYECTO
43. Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos	No es aplicable al proyecto, debido a que no es competencia del promovente.
44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.	No aplica dado que no es competencia del proyecto.

III.2.2 Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio de Oaxaca (POERTEO)

El POERTEO busca un equilibrio entre las actividades productivas (10 sectores productivos), antropogénicas (sector asentamientos humanos y la protección de los recursos, es decir un desarrollo sustentable basado en tres ejes: social, económico y ambiental. (*Programa de ordenamiento ecológico regional del territorio del estado de oaxaca*, s. f.)

El Modelo de Ordenamiento Ecológico (MOE), muestra la distribución espacial de 55 UGAS, así como, sus características generales, de los cuales se presentan sus lineamientos, estrategias y criterios de regulación ecológica. Los elementos que integran el POERTEO son el Modelo de Ordenamiento Ecológico, lineamientos ecológicos y estrategias ecológicas.

El MOE ubica las actividades sectoriales en las zonas con mayor aptitud para su desarrollo y donde se generen menores impactos ambientales. En términos del ordenamiento ecológico territorial existen cuatro tipos de política: política de aprovechamiento, política de conservación, política de restauración y política de protección

El MOE está compuesto por 55 unidades de gestión ambiental, con la siguiente distribución: 26 UGAS con estatus de aprovechamiento Sustentable, 14 UGAS definidas con estatus de conservación con aprovechamiento, 13 UGAS definidas con estatus de restauración con aprovechamiento y 2 UGAS definidas con estatus de protección.

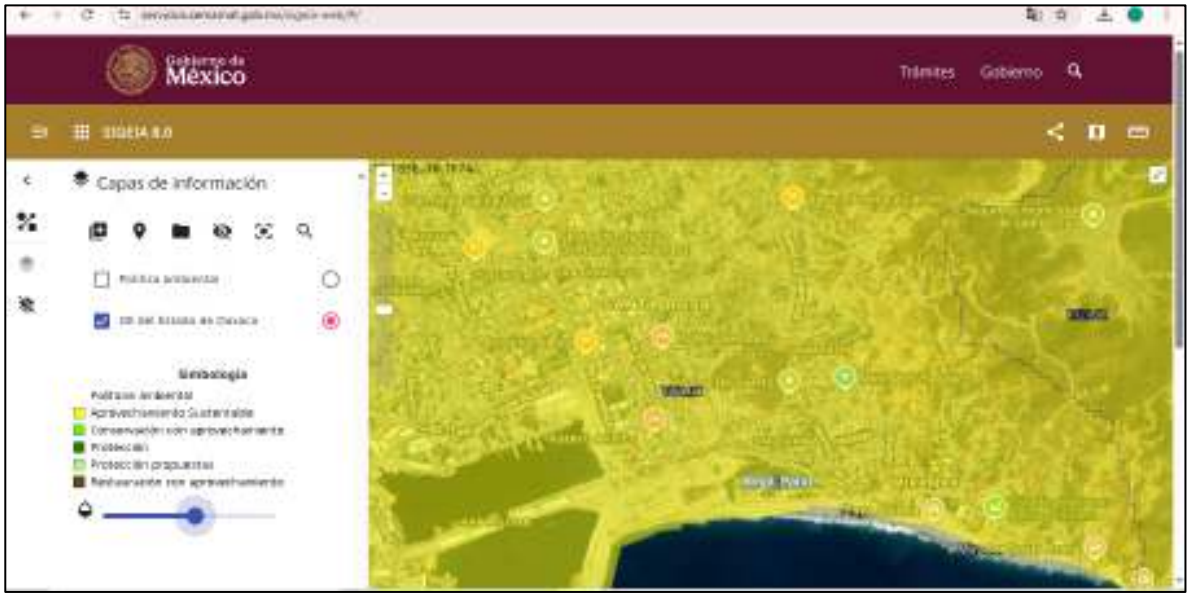


Figura 2. Ubicación del proyecto respecto al POERTEO.

https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/sistema-de-informacion-geografica-para-la-evaluacion-del-impacto-ambiental-sigeia

De acuerdo con la clasificación propuesta del MOE el área del proyecto en cuestión se ubica en la UGA 024, la cual presenta una política de Aprovechamiento sustentable. Tal y como se muestra en la imagen de unidades de gestión ambiental (UGA´s).
A continuación, se presentan las principales características de la unidad de gestión ambiental en la que incide el proyecto.

Tabla 3. Características principales UGAS en donde interviene el proyecto.

UGA	UGA 024
POLÍTICA	Aprovechamiento sustentable
SECTORES RECOMENDADOS	Aprovechamiento sustentable
USO CONDICIONADO	Asentamientos Humanos
USO NO RECOMENDADO	242,897.76
SIN APTITUD	Alta
SUPERFICIE (HA)	Medio
BIODIVERSIDAD	Alto
NIVEL DE RIESGO	Aprovechamiento sustentable
NIVEL DE PRESIÓN	Asentamientos Humanos

A continuación, se presentan cada uno de los criterios de regulación ecológica aplicables a la UGA 024 y su vinculación del proyecto.



Tabla 4. Análisis de compatibilidad del proyecto y los criterios de regulación aplicable de la UGA 024.

Cr	Criterio	Vinculación con el proyecto
C-013	- Será indispensable la preservación de las zonas riparias, para lo cual se deberán tomar las previsiones necesarias en las autorizaciones de actividades productivas sobre ellas, que sujeten la realización de cualquier actividad a la conservación de estos ecosistemas.”	En el sitio del proyecto no existe la presencia de vegetación riparia en estado primario o secundario, de acuerdo al análisis de flora presentada en el capítulo IV, la vegetación presente no corresponde a vegetación riparia, por lo que el proyecto es compatible con este criterio
C-014	- Se evitarán las actividades que impliquen la modificación de cauces naturales y/o los flujos de escurrimientos perennes y temporales y aquellos que modifiquen o destruyan las obras hidráulicas de regulación.	Si bien el proyecto incide o se encuentra de manera próxima con tres cuerpos de agua, mismos que corresponden a las salinas del Márquez y la dársena del Puerto Comercial, estos no generarán modificación a cauces o flujos hidrológicos, ni tampoco a la corriente hidrológica permanente situada al Noreste del Sistema Ambiental que desemboca en la playa “La Ventosa”
C-015	- Mantener y conservar la vegetación riparia existente en los márgenes de los ríos y cañadas en una franja no menos de 50 m.”	En el sitio del proyecto no existe la presencia de vegetación riparia en estado primario o secundario, de acuerdo al análisis de flora presentada en el capítulo IV, la vegetación presente no corresponde a vegetación riparia, por lo que el proyecto es compatible con este criterio
C-016	Toda actividad que se ejecute sobre las costas deberá de mantener la estructura y función de las dunas presentes	Si bien el proyecto se encuentra en la zona costera, en esta zona no existe ninguna clase de duna costera, ya que el mismo se define como una fracción de la zona urbanizada del Recinto Portuario de Salina Cruz.
C-017	Las autoridades en materia de medio ambiente y ecología tanto estatales como municipales deberán desarrollar instrumentos legales y educativos que se orienten a desterrar la práctica de la	No es aplicable, ya que este criterio está enfocada a autoridades, sin embargo, se precisa que en ningún momento se practicara la quema doméstica de los residuos urbanos que se generen, además de que se llevaran



Cr	Criterio	Vinculación con el proyecto
	quema doméstica y en depósitos de residuos sólidos.	a cabo acciones de manejo de residuos sólidos urbanos
C-019	En los cuerpos de agua naturales, solo se recomienda realizar la actividad acuícola con especies nativas	No aplica dado que el proyecto no tiene considerado actividades acuícolas
C-020	Se deberán tratar las aguas residuales que sean vertidas en cuerpos de agua que abastecen o son utilizados por actividades acuícolas	En las etapas de preparación del sitio, construcción y abandono del sitio (en caso de ejecutarse) del proyecto, se utilizarán sanitarios móviles para efectuar el manejo de estos residuos siendo la empresa contratada la responsable del manejo y destino final adecuado de las aguas residuales, aunado que el proyecto no considera actividades acuícolas. En la etapa de operación y mantenimiento, se usarán los sanitarios que se ubican en el edificio de la administración de la ASIPONA.
C-023	Los desarrollos habitacionales deberán evitarse en zonas cercanas a esteros y antiguos brazos o lechos secos de arroyos	No aplica dado que el proyecto no tiene considerado el establecimiento de desarrollos habitacionales.
C-024	Los desarrollos habitacionales deberán establecerse a una distancia mínima de 5 km de industrias de desechos peligrosos	No aplica dado que el proyecto no tiene considerado el establecimiento de desarrollos habitacionales.
C-025	Se debe tratar el agua residual de todas las localidades con más de 2500 habitantes de acuerdo con el censo de población actual, mientras que, en las localidades con población menor a esta cifra, se buscara la incorporación de infraestructura adecuada para el correcto manejo de dichas aguas	En las etapas de preparación del sitio, construcción y abandono del sitio (en caso de ejecutarse) del proyecto, se utilizarán sanitarios móviles para efectuar el manejo de estos residuos siendo la empresa contratada la responsable del manejo y destino final adecuado de las aguas residuales, aunado que el proyecto no considera actividades acuícolas. En la etapa de operación y mantenimiento, se usarán los sanitarios que se ubican en el edificio de la administración de la ASIPONA.



Cr	Criterio	Vinculación con el proyecto
C-026	Todos los asentamientos humanos, viviendas, establecimientos comerciales, industriales y de servicios, en tanto no cuenten con sistema de drenaje sanitario deberán conducir sus aguas residuales hacia fosas sépticas que cumplan con los requisitos previstos en las disposiciones legales en la materia. Para asentamientos rurales dispersos, deberán usar tecnologías alternativas que cumplan con la normatividad ambiental aplicable.	El desarrollo de esta obra de infraestructura no contempla la instalación de sistemas de drenaje sanitario, ya que se refiere a un elemento de soporte estructural perteneciente al Puerto Comercial de Salina Cruz, consiste en la ampliación de un patio de almacenamiento Sin embargo durante el desarrollo del mismo se instalarán unidades de sanitarios móviles para atender las necesidades fisiológicas de los trabajadores, las aguas residuales serán manejadas a través de la empresa arrendadora, quien será la responsable de realizar la recolección, tratamiento y disposición final de las mismas, siendo la única obligación del promovente acreditar que dicha empresa se encuentre legalmente establecida y cuente con sus respectivas autorizaciones en materia ambiental para llevar a cabo dicha actividad.
C-027	Los desarrollos habitacionales deberán evitarse en zonas con acuíferos sobre explotados	No aplica dado que el proyecto, no se tiene considerado el establecimiento de desarrollos habitacionales
C-28	Se evitará el establecimiento de asentamientos humanos dentro de tiraderos, rellenos sanitarios y todo lugar que tenga desechos sólidos urbanos.	No aplica dado que el proyecto no considera le establecimiento de asentamientos humanos
C-029	Se evitará la disposición de materiales derivados de obras, excavaciones o rellenos sobre áreas con vegetación nativa, ríos, lagunas inundables, cabeceras de cuenca y en zonas donde se afecte la dinámica hidrológica	El material producto del despalme del terreno será trasladado al banco de tiro autorizado por la autoridad municipal.
C-032	En zonas de alto riesgo, principalmente donde exista la intersección de riesgos de deslizamientos e inundación, no se	No aplica dado que el proyecto no considera la construcción de un desarrollo habitacional



Cr	Criterio	Vinculación con el proyecto
	recomienda la construcción de desarrollos habitacionales o turísticos.	
C-033	Toda obra de infraestructura en zonas con riesgo de inundación deberá diseñarse de forma que no altere los flujos hidrológicos, conservando en la medida de lo posible la vegetación natural.	El proyecto se localiza en un área contigua a cuerpos de agua y zonas sujetas a escurrimientos superficiales, identificándose un nivel de riesgo de inundación medio de acuerdo con el Atlas Municipal de Gestión Integral de Riesgos (2024). En atención a ello, el diseño de la infraestructura propuesta incorpora criterios hidráulicos y constructivos orientados a no alterar significativamente los flujos hidrológicos existentes ni incrementar las condiciones de riesgo en el área de influencia del proyecto. De acuerdo con la información descrita en el Capítulo II del presente estudio, el proyecto contempla la implementación de obras de conducción y control hidráulico para el manejo adecuado de escurrimientos y aguas residuales que actualmente atraviesan el predio. Estas obras tienen como finalidad ordenar y controlar los flujos existentes, evitando dispersión de aguas, encharcamientos, procesos erosivos e infiltraciones no controladas hacia el suelo y ecosistemas asociados. Asimismo, el diseño del proyecto considera niveles y pendientes adecuadas para favorecer el desalojo pluvial, conservación de corredores de escurrimiento, estabilización del terreno y manejo de aguas superficiales, evitando obstrucciones que pudieran modificar de manera importante la dinámica hidrológica local. En relación con la vegetación natural, si bien el proyecto implica la remoción de



Cr	Criterio	Vinculación con el proyecto
		vegetación en áreas específicas sujetas a autorización, se contempla la aplicación de medidas de mitigación y compensación ambiental, tales como delimitación de áreas de intervención, control de afectaciones fuera de obra, rescate de flora y programas de reforestación y restauración ambiental, con la finalidad de reducir la pérdida de cobertura vegetal y mantener, en la medida de lo posible, la funcionalidad ambiental del sitio. Por lo anterior, el proyecto mantiene congruencia con el criterio C-033, al incorporar medidas de diseño, manejo hidráulico y control ambiental dirigidas a minimizar alteraciones en los flujos hidrológicos y reducir riesgos asociados a inundaciones dentro del área del proyecto.
C-043	Los hatos de ganadería intensiva se deberán mantener a una distancia mínima de 500 metros de cuerpos y/o afluentes de agua	No es aplicable, ya que no es la naturaleza del proyecto la actividad ganadería
C-044	El uso de productos químicos para el control de plagas en el ganado deberá hacerse de manera controlada, con dosis optimas y alejado de afluentes de agua	No es aplicable, ya que no es la naturaleza del proyecto la actividad ganadera
C-045,	- Se recomienda que el establecimiento de industrias que manejen desechos peligrosos sea a una distancia mínima de 5 km de desarrollos habitacionales o centros de población. "	El proyecto no comprende establecimiento de industrias
C-046,	En caso de contaminación de suelos por residuos no peligrosos, las industrias responsables deberán implementar programas de restauración y recuperación de los suelos contaminados."	Durante el desarrollo de todo el proceso constructivo se diseñará e implementará un programa para el manejo de los diferentes tipos de residuos que puedan llegar a generarse entre estos, los residuos peligrosos, donde se valorará el tipo de residuo, su forma de manejo,



Cr	Criterio	Vinculación con el proyecto
		almacenamiento temporal y disposición final de acuerdo con la normatividad

III.3. Decretos y programas de conservación y manejo de las áreas naturales protegidas

III.3.1 Áreas Naturales Protegidas

Las Áreas Naturales Protegidas son las zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas. Se crean mediante un decreto presidencial y las actividades que pueden llevarse a cabo en ellas se establecen de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, su Reglamento, el programa de manejo y los programas de ordenamiento ecológico. Están sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo, según categorías establecidas en la Ley.(Protegidas, s. f.).

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas administra actualmente 176 áreas naturales de carácter federal que representan más de 25, 394, 779 hectáreas, las cuales están divididas en 9 regiones en el país. ***https://sig.conanp.gob.mx/KML***

El proyecto en cuestión no incide dentro de algún área natural protegida.



Figura 3. Imagen de localización de ANP´S y Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación cercanas al sitio del proyecto.



III.3.2 Regiones Terrestres Prioritarias

El Proyecto Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), en particular, tiene 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.(*Home, s. f.*).

En este sentido, se realizó el análisis de vinculación territorial del proyecto respecto a las Regiones Terrestres Prioritarias definidas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), considerando no únicamente el área específica del proyecto, sino también el Sistema Ambiental donde éste se inserta.

Derivado de dicho análisis, se determinó que en el área del proyecto y el Sistema Ambiental **no se localizan dentro de alguna Región Terrestre Prioritaria** decretada o identificada por la CONABIO. Por lo tanto, las obras y actividades propuestas no inciden directamente sobre áreas catalogadas como RTP ni comprometen de manera directa unidades prioritarias de conservación terrestre bajo este instrumento de planeación ambiental.

III.3.3 Regiones Hidrológicas Prioritarias

En México, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) tiene como función coordinar, apoyar y promover acciones relacionadas con el conocimiento y uso de la diversidad biológica mediante actividades orientadas hacia su conservación y manejo sostenible. En mayo de 1998, la CONABIO inició el Programa de Regiones Hidrológicas Prioritarias, con el objetivo de obtener un diagnóstico de las principales subcuencas y sistemas acuáticos del país considerando las características de biodiversidad y los patrones sociales y económicos de las áreas identificadas, para establecer un marco de referencia que pueda ser considerado por los diferentes sectores para el desarrollo de planes de investigación, conservación uso y manejo sostenido .(*Home*, s. f.)

En este sentido, se realizó el análisis espacial del proyecto considerando no sólo el polígono específico de obra, sino también el Sistema Ambiental en el que se encuentra inmerso. Derivado de dicho análisis, se determinó que tanto el área del proyecto como el Sistema Ambiental **no se localizan dentro de alguna Región Hidrológica Prioritaria definida por la CONABIO**. Por lo tanto, las obras y actividades proyectadas no inciden directamente sobre unidades hidrológicas catalogadas como prioritarias para la conservación bajo este instrumento de planeación ambiental.

.



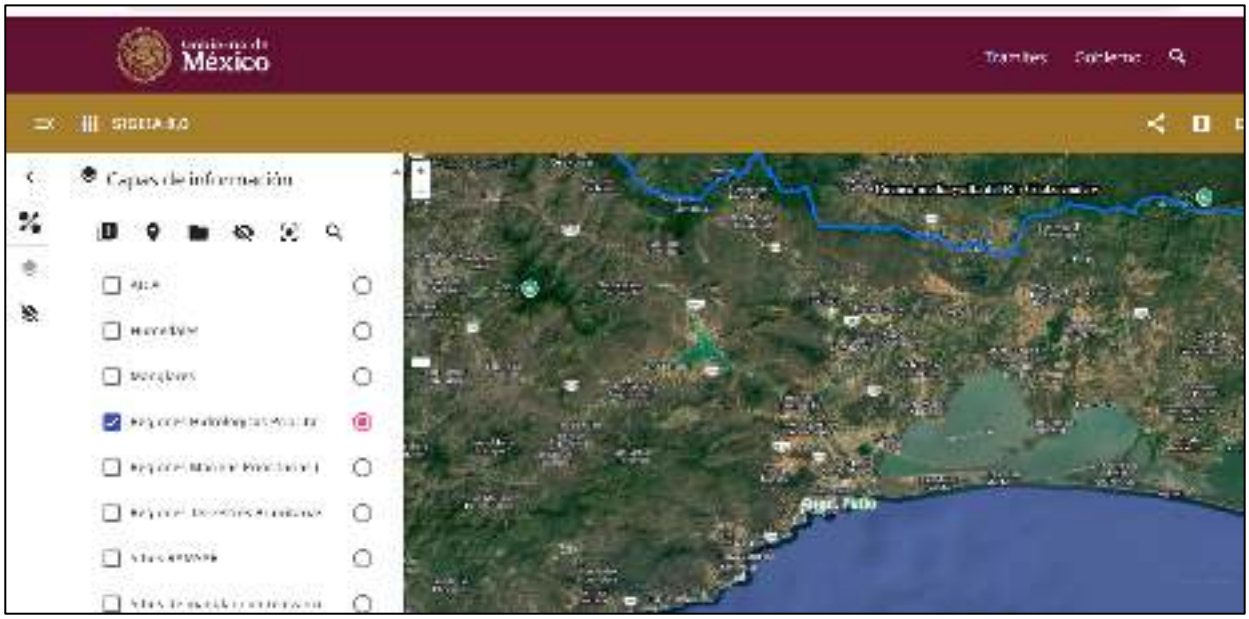


Figura 4. Imagen de localización de RHP cercanas al sitio del proyecto.
https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/sistema-de-informacion-geografica-para-la-evaluacion-del-impacto-ambiental-sigeia

III.3.4 Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA´S)

En México, el programa de Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA's) surge como una iniciativa conjunta entre CIPAMEX y BirdLife International, con el objetivo de identificar sitios prioritarios para la conservación de las poblaciones de aves y sus hábitats, promoviendo su protección y manejo a largo plazo.

Con la finalidad de determinar la relación del proyecto con este instrumento de conservación, se realizó un análisis espacial considerando tanto el área específica del proyecto como el Sistema Ambiental donde éste se encuentra inmerso. Derivado de dicho análisis, se determinó que el polígono del proyecto **no se ubica dentro de ninguna Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA)**, ni el Sistema Ambiental presenta coincidencia directa con sitios reconocidos bajo este esquema de conservación. Por lo tanto, las obras y actividades proyectadas no inciden directamente sobre áreas prioritarias para la conservación de aves identificadas por CIPAMEX y BirdLife International.



Figura 5. Imagen de localización de AICAS cercanas al sitio del proyecto.

https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/sistema-de-informacion-geografica-para-la-evaluacion-del-impacto-ambiental-sigeia

III.3.5 Convenio Ramsar

Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional, especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas. Actualmente nuestro país cuenta con 142 Sitios Ramsar con una superficie total de casi nueve millones de hectáreas. Estos incluyen, entre otros tipos de humedales, manglares, pastos marinos, humedales de alta montaña, arrecifes de coral, oasis, sistemas cársticos y sitios con especies amenazadas.(*Home*, s. f.)

Con la finalidad de determinar la relación del proyecto con este instrumento internacional de conservación, se realizó el análisis espacial correspondiente considerando tanto el área específica del proyecto como el Sistema Ambiental en el que se encuentra inmerso. Derivado de dicho análisis, se determinó que el polígono del proyecto **no se ubica dentro de ningún Sitio Ramsar decretado**, y que el Sistema Ambiental asociada tampoco presenta coincidencia territorial directa con humedales reconocidos bajo la Convención Ramsar. Por lo tanto, las obras y actividades proyectadas no inciden directamente sobre humedales catalogados como de importancia internacional conforme a este instrumento.

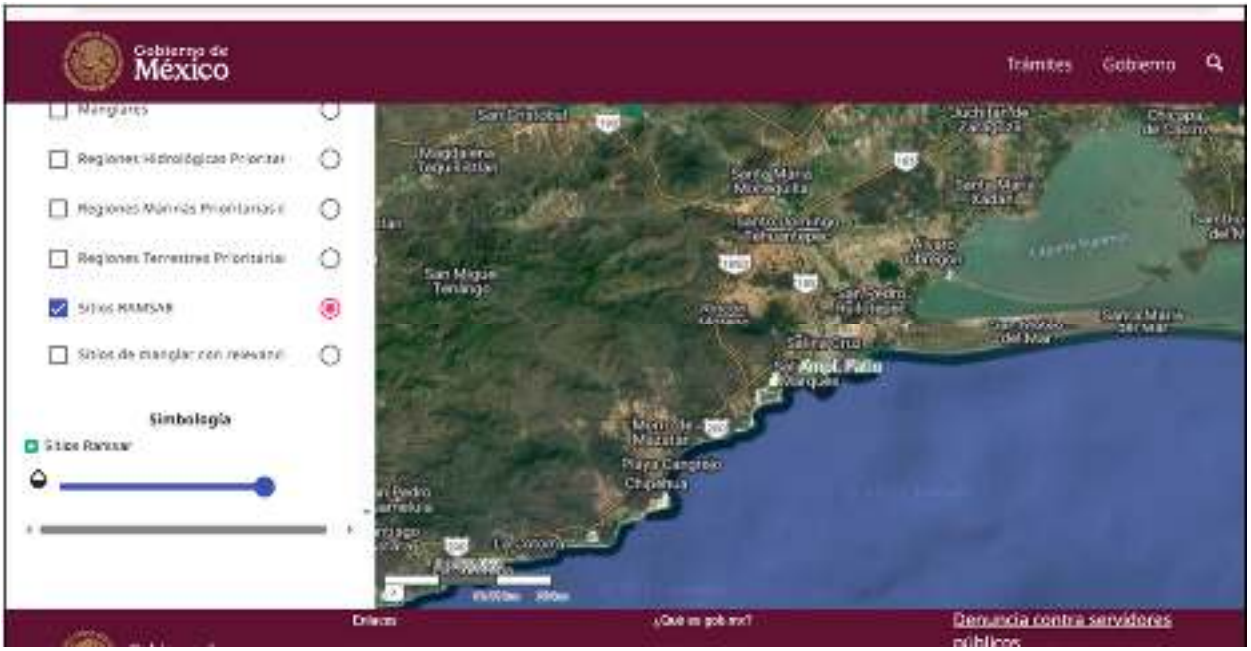


Figura 6. Imagen de localización de sitios RAMSAR cercanos al sitio del proyecto.

https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/sistema-de-informacion-geografica-para-la-evaluacion-del-impacto-ambiental-sigeia

III.3.6 Humedales de la República Mexicana Inventario Nacional de Humedales INH

A la Comisión Nacional del Agua Conagua le compete llevar y mantener el Inventario Nacional de Humedales INH, así sí 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.(*Humedales de la República Mexicana Inventario Nacional de Humedales INH | Comisión Nacional del Agua | Gobierno | gob.mx*, s. f.)

Se cuenta con información digital que ofrece a los usuarios información de tipo normativo, técnico y legal en materia de humedales, como son los lineamientos para la delimitación hidrológica y establecimiento del perímetro de protección de los humedales, los lineamientos de clasificación de los humedales, las metodologías para la elaboración de mapas a nivel nacional, para la evaluación de humedales a nivel de cuenca y de sitio, el catálogo y la guía ilustrada de plantas indicadoras de humedales, entre otros. Asimismo, cuenta con información de estudios de caso a nivel Nacional y una estrategia de elección de cuencas prioritarias para la atención de los humedales, para lo cual se consultó la siguiente liga https://sigagis.conagua.gob.mx/Humedales/.



La revisión y compilación de la información existente para los humedales, constituye una base sólida para iniciar un inventario (Costa et al. 1996). En este contexto, es importante considerar la cobertura y los niveles de resolución del inventario a realizar. Cobertura y resolución espacial. - El INH incluirá a los humedales del país que puedan ser cartografiados a escala 1:250,000 y a los humedales de importancia institucional a escala 1:50,000 Nivel del inventario. - El levantamiento de la información se llevará a cabo con diferentes niveles jerárquicos:

Estrategia general para la adquisición de información para el INH. - Evalúa y compila la información existente acerca de los sitios seleccionados: lista de humedales con información disponible, ubicación de los sitios, datos de los aspectos biofísicos, sociales, económicos y de estatus legal de los humedales. 1. A nivel de cuenca, se deberá recopilar y cartografiar datos sobre: clima (temperatura y precipitación), geomorfología/geología, vegetación, suelos, hidrología, uso de suelo y socioeconómicos (localidades, carreteras).

CONAGUA llevó a cabo la ubicación y delimitación preliminar de los sitios seleccionados usando información auxiliar, como mapas temáticos y bases de datos y la clasificación de las imágenes de satélite. Los humedales se ubicaron cartográficamente en la cuenca y subcuenca hidrográfica correspondiente. Realizó trabajo en campo para: a. Levantar para cada sitio los datos que se especifican en la ficha técnica para el INH (hojas normalizadas para el levantamiento de datos en campo: Ficha técnica de levantamiento de datos en campo). b. Verificó la delimitación, así como la información obtenida de la clasificación preliminar de las imágenes de satélite. Elaboró la cartografía final con base en la información obtenida de las imágenes, la verificación en campo y los estándares cartográficos establecidos por el grupo interinstitucional para el INH. Realizó el control de calidad de la información cartográfica, taxonómica, estadística y de campo. Llevó a cabo la preparación de las bases de datos mediante la integración de la información cartográfica y estadística (ficha de campo). Siguió los estándares establecidos para la información geográfica con el fin de hacer compatibles las bases de datos del INH con otros sistemas de información nacionales. Definió los controles de calidad de la información tanto cartográfica como estadística. Capturó la información en el sistema de información del INH. Definió especificaciones para la generación de estadísticas, mapas, reportes y otros productos especializados de acuerdo con los requerimientos de los usuarios. Facilitó la divulgación de la información por medio de una interfaz para consulta por Internet.

El visualizador de Humedales de la República Mexicana-Inventario Nacional de Humedales, es un sistema de información interinstitucional multipropósito, el cual pone a disposición de los usuarios una plataforma de análisis de información geoespacial y de publicación e información mediante herramientas geoespaciales de consulta brindando un entorno especializado en el análisis de datos hídricos, espaciales y geográficos relacionados a la administración de los humedales en México, por lo que se realizó la búsqueda y localización de los humedales, manglares y manglares de importancia del PNH en elación con la ubicación del proyecto.





https://sigagis.conagua.gob.mx/humedales/

Figura 7. Localización de humedades, manglares y manglares importantes determinados por CONAGUA cercano al sitio del proyecto.

Vinculación con el proyecto

Del análisis de la información contenida en https://sigagis.conagua.gob.mx/humedales/ en relación a la ubicación del proyecto se concluye que el proyecto no se localiza en las poligonales de los Humedales, manglares y/o manglares importantes determinados por la CONAGUA, a nivel de Sistema Ambiental del proyecto el Inventario Nacional de Humedales localiza a una distancia de 2.34 km del polígono del proyecto, es precio mencionar que el desarrollo del proyecto no afectara a dicho humedal.

En este sentido, si bien el proyecto no incide de manera directa sobre dichas poligonales oficiales de humedales o manglares prioritarios, el presente estudio reconoce la importancia ambiental de los ecosistemas costeros asociados dentro del Sistema Ambiental, razón por la cual se incorporan medidas de prevención, mitigación y control ambiental dirigidas a evitar afectaciones indirectas sobre la dinámica hidrológica, calidad del agua, escurrimientos superficiales y vegetación asociada a humedales y manglares presentes en el área de influencia regional.

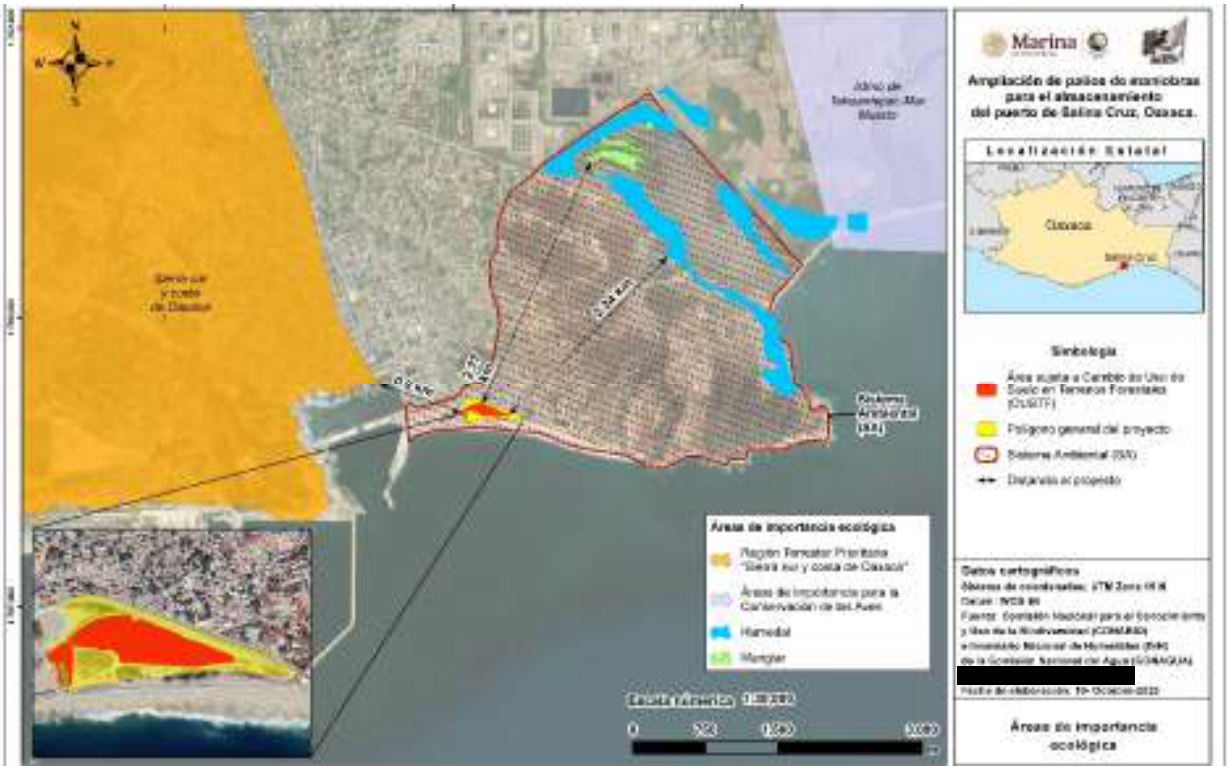


Figura 8. Áreas de Importancia Ecológica y humedales. Ver Anexo 13a

III.4. Normas Oficiales Mexicanas

A continuación, se muestra un listado de las Normas Oficiales Mexicanas aplicables a este proyecto en particular, sobre todo en los rubros de emisiones a la atmosfera, contaminación por ruido y residuos sólidos, así como la normatividad aplicable hacia la flora y fauna que pudiese ser afectada por los trabajos que comprende el proyecto.

Tabla 5. Normas Oficiales Mexicanas.

NORMAS	VINCULACIÓN	ETAPA EN LA QUE APLICARÁ
NOM-001-SEMARNAT-2021 Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los cuerpos de agua superficial.	No se realizarán descargas directas ni indirectas a los cuerpos de agua superficiales, cercanos al proyecto. Se garantizará la contratación de sanitarios portátiles para tener un control de los residuos sanitarios de los trabajadores	Es importante mencionar que durante la preparación del sitio y construcción del proyecto al momento de generar aguas con residuos sanitarios. En caso de ejecutarse la etapa de abandono del sitio se generarán aguas

NORMAS	VINCULACIÓN	ETAPA EN LA QUE APLICARÁ
		residuales. En la etapa de operación y mantenimiento se utilizarán los sanitarios del edificio de ASIPONA.
- NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.	El proyecto se vincula con esta Norma debido a que durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación se utilizarán vehículos automotores y maquinaria auxiliar para el transporte de personal, materiales e insumos necesarios para la ejecución de las obras. En este sentido, la promovente será la responsable de garantizar el cumplimiento de la normatividad ambiental aplicable en materia de emisiones atmosféricas, incluyendo aquellas actividades realizadas por empresas contratistas y subcontratistas que participen en el desarrollo del proyecto. Para ello, se implementarán medidas de control y supervisión orientadas a verificar que los vehículos y equipos utilizados cuenten con mantenimiento preventivo y correctivo periódico, a fin de mantener sus emisiones dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la normatividad vigente. Asimismo, la promovente llevará un control documental de los vehículos, maquinaria y equipos empleados durante el proyecto, incluyendo registros de mantenimiento, bitácoras operativas y, en su caso, verificaciones correspondientes, asegurando que las unidades operen en condiciones mecánicas adecuadas para minimizar la emisión de gases contaminantes y contribuir a la protección de la calidad del aire en el área de influencia del proyecto.	Durante las actividades de preparación del sitio, obras de construcción de ampliación del patio de almacenamiento, operación y mantenimiento y, abandono del sitio (en caso de ejecutarse) por la operación de Maquinaria y medios de transportes.



NORMAS	VINCULACIÓN	ETAPA EN LA QUE APLICARÁ
- NOM-044- SEMARNAT -2017, Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas totales y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan diésel como combustible y que se utilizan para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto mayor de 3,857 kilogramos.	El proyecto se vincula con esta Norma debido a que durante las etapas de preparación del sitio y construcción se empleará maquinaria pesada, camiones de carga y vehículos automotores que utilizan diésel como combustible para la ejecución de las obras civiles, movimiento de materiales y transporte de insumos. En este sentido, la promovente será responsable de garantizar el cumplimiento de la normatividad ambiental aplicable en materia de emisiones atmosféricas, incluyendo las actividades desarrolladas por empresas contratistas y subcontratistas que participen en el proyecto. Para ello, se implementarán mecanismos de control y supervisión sobre la maquinaria y vehículos utilizados, verificando que éstos operen en condiciones mecánicas adecuadas y cuenten con mantenimiento preventivo y correctivo periódico. Asimismo, se llevará un registro y control documental de la maquinaria pesada, equipos y vehículos asignados al proyecto, incluyendo matrículas, bitácoras de mantenimiento y documentación técnica correspondiente, con la finalidad de acreditar que las unidades cumplen con las especificaciones ambientales aplicables y minimizar la emisión de contaminantes atmosféricos y partículas durante el desarrollo de las obras.	Esta norma será aplicable en todas las etapas del proyecto, incluyendo la etapa de abandono del sitio (en caso de ejecutarse).
- NOM-045- SEMARNAT -2017, que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diésel como combustible.	Para evitar rebasar los criterios que establece la misma, se aplicará mantenimiento a los vehículos y maquinaria pesada que utilicen diésel, se establecerá programa de vigilancia para garantizar su cumplimiento y poder aplicar medidas correctoras.	Esta norma será aplicable en todas las etapas del proyecto, incluyendo la etapa de abandono del sitio (en caso de ejecutarse).
- NOM - 052- SEMARNAT -2005, que establece las	Se establecerá un programa de manejo de residuos peligrosos, en que se	Aplicable en la etapa de preparación del sitio,





NORMAS	VINCULACIÓN	ETAPA EN LA QUE APLICARÁ
características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	incluirán medidas para el manejo y almacenamiento y se buscará que los mismos no entren en contacto con el ambiente y puedan ser entregados a una empresa autorizada, al respecto se debe demostrar un contrato de servicios con una empresa especializada.	construcción, operación y mantenimiento y en la etapa de abandono del sitio, en caso de ejecutarse.
- NOM-080- SEMARNAT -1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos en circulación y su método de emisión.	La presente norma será aplicable principalmente durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, las cuales, de acuerdo con lo descrito en el Capítulo II del presente estudio, se desarrollarán de manera gradual durante un periodo aproximado de cuatro años. Durante dichas etapas se utilizarán vehículos automotores, maquinaria pesada y equipos de construcción que constituyen fuentes potenciales de generación de ruido ambiental. En este sentido, la promovente será responsable de implementar medidas de prevención, control y supervisión orientadas a minimizar las emisiones sonoras derivadas de la operación de vehículos y maquinaria utilizada en el proyecto, verificando que éstos se mantengan en condiciones mecánicas adecuadas y cuenten con mantenimiento preventivo y correctivo periódico. Asimismo, se realizarán acciones de vigilancia y monitoreo de ruido ambiental durante el desarrollo de las obras, particularmente en las zonas de trabajo donde exista operación continua de maquinaria y tránsito de vehículos pesados, a fin de verificar el cumplimiento de los límites permisibles establecidos en la normatividad aplicable y prevenir afectaciones al entorno y a la población cercana.	Durante la etapa de operación y mantenimiento, las actividades previstas para el proyecto corresponden principalmente a almacenamiento y logística portuaria, por lo que no se prevé una generación significativa de ruido adicional respecto a las condiciones operativas existentes dentro del recinto portuario; no obstante, se mantendrán medidas de mantenimiento y control operativo sobre los vehículos y equipos que se utilicen en esta etapa.



NORMAS	VINCULACIÓN	ETAPA EN LA QUE APLICARÁ
- NOM-081- SEMARNAT -1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.	Se vincula con el proyecto debido a que durante las etapas de preparación del sitio y construcción se realizarán actividades que involucran la operación de maquinaria pesada, equipos electromecánicos, vehículos de carga, plantas de energía y herramientas de construcción, las cuales constituyen fuentes potenciales de emisión de ruido ambiental. En este sentido, la promovente implementará medidas de control, vigilancia y monitoreo de los niveles de ruido generados por las obras y actividades del proyecto, particularmente en las áreas donde se desarrollen actividades de desmonte, movimiento de materiales, excavaciones, operación de maquinaria y tránsito de vehículos pesados. El monitoreo tendrá como finalidad verificar que las emisiones sonoras se mantengan dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la normatividad aplicable y prevenir afectaciones al entorno y a las zonas colindantes. Asimismo, como medida preventiva, las actividades constructivas que generen mayores niveles de ruido se realizarán preferentemente en horario diurno, con el propósito de reducir molestias y minimizar impactos sobre el entorno ambiental y social del área de influencia del proyecto.	Aplicable en la etapa de preparación del sitio, construcción y en la etapa de abandono del sitio, en caso de ejecutarse, ya que posteriormente se prevé que el proyecto no supere los 60 dB.

Tabla 6. Vinculación de la NOM-022-SEMARNAT-2003.

NOM-022-SEMARNAT-2003. Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.	
Criterio	**Vinculación**
4.0	El manglar deberá preservarse como comunidad vegetal. En la evaluación de las solicitudes en materia de cambio de uso de suelo, autorización de aprovechamiento de la vida silvestre



NOM-022-SEMARNAT-2003. Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.	
Criterio	**Vinculación**
	e impacto ambiental se deberá garantizar en todos los casos la integralidad del mismo, para ello se contemplarán los siguientes puntos: • **La integridad del flujo hidrológico del humedal costero**; El proyecto no interfiere con el flujo hidrológico del manglar ya que el único aporte de agua son las aguas residuales provenientes de Salina Cruz. • **La integridad del ecosistema y su zona de influencia en la plataforma continental;** El proyecto no interfiere con la integridad del ecosistema y su zona de influencia ya que esta zona no posee atributos ecosistémicos que le permitan una funcionalidad óptima al manglar. • **Su productividad natural**; La caracterización ambiental identificó condiciones de perturbación que limitan parcialmente la funcionalidad ecológica original del sitio; sin embargo, el proyecto contempla acciones de compensación ambiental y reforestación con especies de manglar en áreas ambientalmente viables, contribuyendo a la recuperación de cobertura vegetal y funcionalidad ecológica regional. • **La capacidad de carga natural del ecosistema para turistas**; El proyecto no contempla actividades turísticas, recreativas ni de aprovechamiento ecoturístico, por lo que no se prevé incremento en presión antropogénica asociada a este tipo de uso sobre el ecosistema. • **Integridad de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje;** Durante los estudios de flora y fauna no se identificaron zonas de anidación, reproducción, alimentación y alevinaje en el manglar. Se identificaron especies presentes en el área de influencia; por ello, previo al inicio de las obras y actividades de cambio de uso de suelo se implementarán medidas de rescate y reubicación de flora y fauna, delimitación de áreas de trabajo y supervisión ambiental, a fin de minimizar afectaciones sobre sitios potenciales de refugio o alimentación de especies silvestres. • **La integridad de las interacciones funcionales entre los humedales costeros, los ríos (de superficie y subterráneos), la duna, la zona marina adyacente y los corales;** Derivado de las condiciones actuales del sitio y de su contexto urbano-portuario, no se identificó conectividad funcional significativa con sistemas coralinos, dunas costeras o cuerpos hidrológicos naturales de alta integridad ecológica. • **Cambio de las características ecológicas**; El proyecto reconoce que el área presenta condiciones previamente modificadas por actividades antrópicas. En este sentido, se incorporan medidas de mitigación, control y compensación ambiental dirigidas a reducir cambios adicionales sobre las características ecológicas del sitio y a mantener la estabilidad ambiental del área de influencia. • **Servicios ecológicos;** Aun cuando el sitio presenta alteraciones ambientales, la vegetación existente mantiene funciones ecológicas locales, por lo que el proyecto contempla medidas de compensación encaminadas a contribuir a la conservación



NOM-022-SEMARNAT-2003. Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.	
Criterio	**Vinculación**
	de servicios ecosistémicos asociados a cobertura vegetal, regulación hídrica y hábitat para fauna silvestre, entre otros. • **Ecológicos y eco fisiológicos (estructurales del ecosistema como el agotamiento de los procesos primarios, estrés fisiológico, toxicidad, altos índices de migración y mortalidad, así como la reducción de las poblaciones principalmente de aquellas especies en status, entre otros).** Con la finalidad de minimizar estrés fisiológico, desplazamiento de fauna y afectaciones sobre especies presentes en el área, el proyecto considera medidas como restricción de áreas de trabajo, control de emisiones de polvo y ruido, manejo adecuado de residuos, supervisión ambiental y rescate de ejemplares de flora y fauna. La zona oriente del recinto portuario de Salina Cruz presenta un espacio de cobertura arbórea que incluye ejemplares de mangle intercalados por otras especies secundarias y exóticas, sin embargo de acuerdo con los diferentes criterios enmarcados en la presente norma, este espacio no puede contemplarse como un ecosistema de humedal costero, ya que en el mismo no se ubica como una zona de transición entre aguas marinas y continentales naturales, sino que se cataloga como un canal artificial de aguas residuales provenientes de la zona urbana de Salina Cruz y donde no se observan procesos geomicrobianos, o biológicos para la anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje, o en su caso condiciones que puedan contribuir de manera favorable a ecosistemas costeros como pastos marinos o formaciones coralinas. Asimismo, como referencia contextual y antecedente regional, se identificó que el Oficio No. SRA/DGIRA/DG-01430-24 de fecha 17 de abril de 2024, correspondiente a la autorización en materia de impacto ambiental del proyecto denominado “Modernización del Puerto Petrolero y Comercial del Puerto Petrolero de Salina Cruz, Oaxaca”, reconoce la presencia de vegetación de manglar en sectores del recinto portuario localizados en la zona oriente de Salina Cruz. No obstante, el presente estudio no pretende asumir que la evaluación ambiental de dicho proyecto sea extensiva o aplicable automáticamente al proyecto que nos ocupa, ni dar por hecho una valoración conjunta por parte de la autoridad. En este sentido, la información relativa al citado proyecto se incorpora únicamente como antecedente regional de referencia territorial, mientras que la evaluación, análisis de impactos, caracterización ambiental y medidas de mitigación del presente DTU se sustentan exclusivamente en la información técnica generada para este proyecto en particular. Asimismo, se precisa que, aun cuando ambos proyectos se localizan dentro del recinto portuario de Salina Cruz y comparten un contexto ambiental regional similar, el presente estudio desarrolla de manera independiente la identificación de impactos ambientales, las condiciones ecológicas del sitio y las medidas de prevención, mitigación y compensación aplicables a las obras y actividades propuestas.
4.12	El criterio 4.12 establece que se deberá considerar en los estudios de impacto ambiental, así como en los ordenamientos ecológicos el balance entre el aporte hídrico proveniente de la cuenca continental y el de las mareas, mismas que determinan la mezcla de aguas dulce y



NOM-022-SEMARNAT-2003. Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.	
Criterio	**Vinculación**
	salada recreando las condiciones estuarinas, determinantes en los humedales costeros y las comunidades vegetales que soportan. Con base a lo anterior, el área sujeta a cambio de uso de suelo no posee los atributos ecosistémicos de un humedal costero; entendiendo este como *"la unidad fisiográfica inundable y de transición entre aguas continentales, marinas y la comunidad vegetal que se ubica en ellas, así como las regiones marinas de no más de 6 m de profundidad en relación al nivel medio de la marea más baja"* de acuerdo a la NOM-022-SEMARNAT-2003. En este sentido, el área sujeta a CUSTF solo sustenta vegetación secundaria de manglar, el resto de los atributos no se identifican y el único aporte de agua son las aguas residuales provenientes de la ciudad de Salina Cruz.
4.16	Las actividades productivas como la agropecuaria, acuícola intensiva o semi-intensiva, infraestructura urbana, o alguna otra que sea aledaña o colindante con la vegetación de un humedal costero, deberán dejar una distancia mínima de 100 m respecto al límite de la vegetación, en la cual no se permitirá actividades productivas o de apoyo. **Como bien se ha señalado, debido al estado actual del sitio no puede catalogarse como un ecosistema de humedal costero, así mismo este espacio se encuentra colindando con espacios urbanizados (caminos de servicio, vías férreas y un patio de maniobras de terracería) y por esto no se puede establecer una franja de 100 m de amortiguamiento, ya que dicha medida afectaría de manera importante la operatividad del recinto portuario de Salina Cruz, sin embargo se señala como medida de compensación la reforestación de 4.01 has de mangle.**
4.18	Queda prohibido el relleno, desmonte, quema y desecación de vegetación de humedal costero, para ser transformado en potreros, rellenos sanitarios, asentamientos humanos, bordos, o cualquier otra obra que implique pérdida de vegetación, que no haya sido autorizada por medio de un cambio de utilización de terrenos forestales y especificada en el informe preventivo o, en su caso, el estudio de impacto ambiental. **El proyecto contempla la remoción de estos ejemplares de mangle intercalados con vegetación secundaria de mangle, por lo que el presente estudio sustenta información para solicitar en conjunto el cambio de uso del suelo y en materia de impacto ambiental del proyecto que nos ocupa.**
4.42	Los estudios de impacto ambiental y ordenamiento deberán considerar un estudio integral de la unidad hidrológica donde se ubican los humedales costeros: **Como bien se ha señalado, debido al estado actual del sitio no puede catalogarse como un ecosistema de humedal costero dado que no cuenta con conectividad con cuerpos de agua naturales, actualmente su flujo hidrológico natural esta interrumpido y solo se alimenta de una descarga de aguas negras proveniente de la ciudad de Salina Cruz, aunado a que no posee atributos ecosistémicos para albergar biodiversidad bajo condiciones óptimas señaladas en el Oficio No. SGPA/DGIRA/DG/04039**, de fecha **24 de agosto de 2021 (ver Capitulo II, Pág. 6,7)**





III.5. Planes o programas de desarrollo urbano (PDU)

III.5.1 Plan de Ordenamiento Territorial Salina Cruz

El presente Plan Municipal de Ordenamiento Territorial y Urbano (PMOTU) otorga al municipio un modelo de ordenamiento territorial sostenible, justo y elaborado con la participación de su población, se desarrolló bajo un enfoque sistémico, que evalúa las características actuales del territorio, determina sus aptitudes, y toma como referencia el marco programático internacional, nacional y estatal en materia de ordenamiento territorial. Como instrumento de planeación, contiene las políticas, estrategias, criterios, normas generales, programas y acciones que guiarán el uso y la ocupación, presente y futura del territorio que conforma el municipio. (*oaxaca.gob.mx/planeacion/wp-content/uploads/sites/29/2024/08/09_OT_SalinaCruz_VF.pdf*, s. f.)

La configuración de la región ha experimentado significativas transformaciones asociadas a los procesos de transformación industrial que se viven a partir de la concentración de actividades productivas y petroleras en Salina Cruz, la densidad de parques eólicos en la región ventosa y ahora por la estructuración económica de la Línea Z y los polos de desarrollo, por lo que es necesario integrar una adecuada gestión integral de riesgos que implemente medidas de fortalecimiento en materia de prevención, respuesta oportuna, mitigación, rehabilitación, capacidades institucionales en el territorio y en la población, para reducir la vulnerabilidad y riesgo presente, así como el aumento de su resiliencia.

Aptitud para Desarrollo Industrial Municipal

El desarrollo industrial encuentra una aptitud muy alta metros arriba del puerto, entre la dársena interior y la colonia Vista Hermosa, cubriendo un total de 45 hectáreas en superficie separada en forma de franjas escalonadas paralelas y una basta superficie con aptitud alta que atraviesa de sur a norte desde la orilla del mar hasta los límites del municipio al norte, la cual representa una superficie de 1,822.38 hectáreas.

Hay otra superficie de aptitud media que se extiende en una ancha franja por el centro del territorio y que corre desde el margen de la zona urbana hasta el límite occidental del territorio, con superficie de 8 458.29 hectáreas.



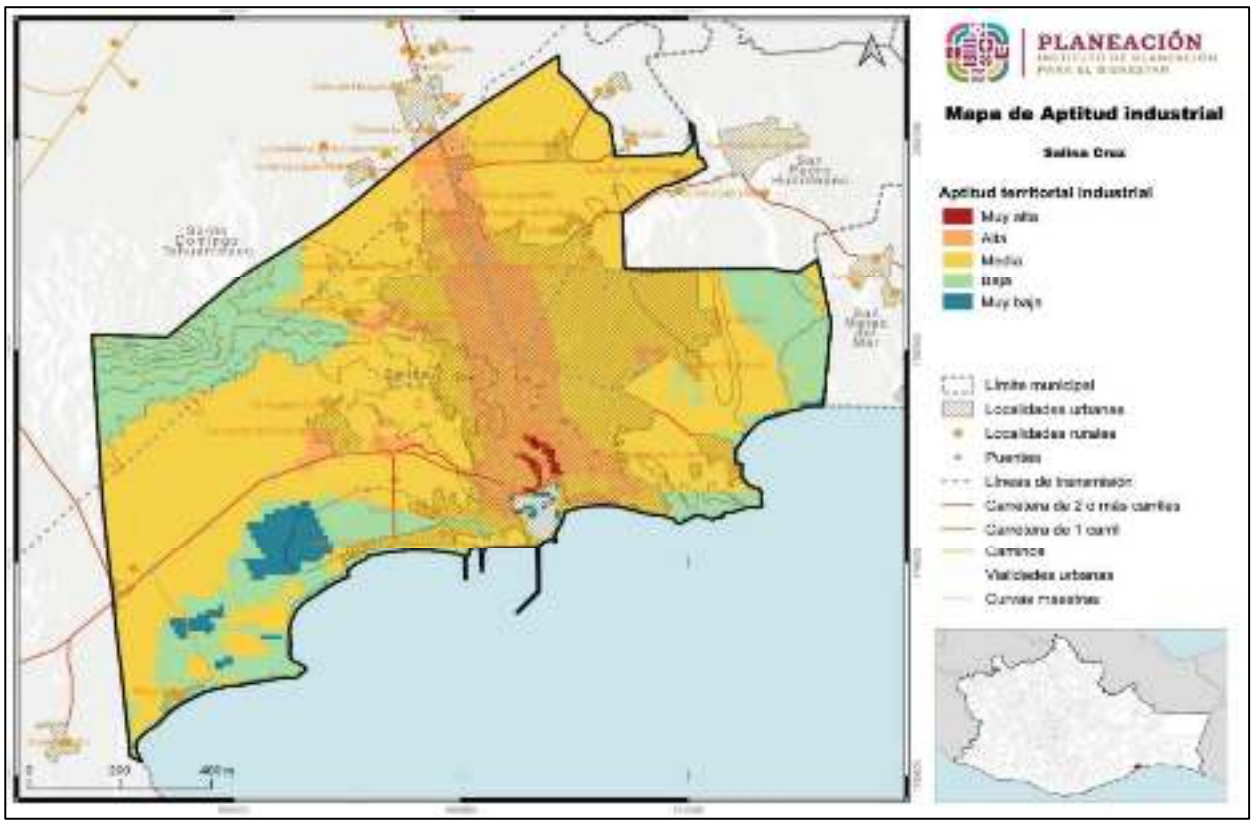


Figura 9. Mapa de aptitud Industrial, Salina Cruz, Oaxaca.

Cabe destacar que la fortalecida economía del puerto le permite al municipio ir abatiendo los factores que determinan el rezago social, y la prioridad para ir avanzando la establecen mediante la planeación del desarrollo municipal.
En Salina Cruz, derivado del fuerte trabajo que se desarrolla principalmente en el sector secundario, la demanda de bienes y servicios es amplia, misma que se prevé, crecerá de manera más acelerada en los próximos años, ante el papel estratégico que desempeñará la ciudad y puerto dentro del Proyecto del Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec (CIIT).

Vinculación

El sitio del proyecto se localiza en una zona de aptitud alta para la industria y está relacionada directamente con la modernización del Puerto de Salina Cruz, lo cual tendrá beneficios económicos y sociales a la región del Istmo de Tehuantepec y el estado de Oaxaca, por lo que el desarrollo del proyecto no contraviene los usos de suelo determinados para este programa

III.5.2 Plan Municipal de desarrollo (2025-2027)



El Plan de Desarrollo Municipal de Salina Cruz para el periodo 2025-2027 se está desarrollando en coordinación con el gobierno estatal para orientar el crecimiento urbano y económico del municipio, considerando la infraestructura portuaria y el Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec. Los objetivos incluyen el fortalecimiento de la gestión pública, la atracción de inversiones, el apoyo a las empresas locales, y el fomento de un desarrollo urbano sostenible e inclusivo.

III.6. Otros instrumentos

III.6.1 Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030

El proyecto está vinculado con los Cien Compromisos de gobierno para el periodo 2025-2030, mismos que se agrupan en Catorce Repúblicas y fundamentan la elaboración del Plan Nacional de Desarrollo (PND), y en particular con el compromiso 85. (República, s. f.) referente a Consolidación del puerto de Salina Cruz y mejoramiento de 11 puertos más.

El PND contempla que la infraestructura portuaria también enfrenta desafíos. La falta de competitividad debido a deficiencias en tecnología, conectividad logística y regulación impide que los puertos mexicanos se posicionen como actores clave en el comercio internacional, lo que afecta directamente nuestra economía y empleo.

Para lograr una competitividad global, México debe consolidar una autoridad marítima nacional que regule de manera eficiente y brinde seguridad a las operaciones marítimas y portuarias. Asimismo, se debe impulsar la modernización del sector, mejorando la infraestructura y optimizando la logística para fomentar un crecimiento económico equilibrado en todas las regiones del país, con énfasis en el desarrollo de un modelo económico sostenible y competitivo a nivel global.

En este sentido el PND, contemplan iniciativas para desarrollar infraestructura estratégica que habilite una República mejor conectada. Esto incluye la mejora del transporte de pasajeros y la modernización de los puertos y aeropuertos, la promoción de la infraestructura para el comercio interno y transfronterizo, lo cual permitirá conectar de manera más eficiente a las distintas regiones del país, impulsando el desarrollo económico.

El objetivo y estrategia de políticas públicas a implementar por el Gobierno de México en el periodo 2025-2030 y que se vincula con el proyectó está directamente relacionado con el: Eje General 1: Gobernanza con justicia y participación ciudadana.

Objetivo 1.6: Proteger la seguridad nacional, la defensa y la soberanía del territorio mexicano y sus zonas marinas, fortaleciendo la cooperación internacional.

Estrategia 1.6.3 Consolidar una autoridad marítima nacional sólida para fortalecer la soberanía, la seguridad y la protección en las zonas marinas, costas, puertos, recintos portuarios, terminales, marinas e instalaciones portuarias nacionales.

Esto corresponde al desarrollo de Infraestructura estratégica para el desarrollo del Plan México ya que también depende de una infraestructura moderna y eficiente que permita una producción a gran escala con costos competitivos. En este sentido, el Gobierno ha diseñado una estrategia de inversión en infraestructura productiva que abarca desde la expansión de la red ferroviaria hasta la modernización de los puertos y aeropuertos del país.

Vinculación:





Dado lo anterior, se considera que el proyecto corresponde a la modernización de la infraestructura portuaria del Puerto de Salina Cruz, con la finalidad de ser un eje en desarrollo de la región y parte esencial del Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec (CIIT).

III.6.2 Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP) del Puerto de Salina Cruz 2022-2027.

El Programa Maestro de Desarrollo Portuario del Puerto de Salina Cruz 2022-2027, donde se establece la planeación estratégica para que el puerto disponga de infraestructura y servicios portuarios para el traslado eficiente de bienes hacia o desde su región de influencia, impulse el desarrollo de cadenas logísticas y de valor en el Istmo de Tehuantepec y el sureste de México, aproveche y amplíe sus ventajas competitivas, incentive la inversión en el puerto, así como fortalezca la coordinación de la comunidad portuaria para favorecer el crecimiento de la economía regional.(*ASIPONA Salina Cruz | PMDP*, s. f.).

El Puerto de Salina Cruz permite la vinculación por la vía marítima de los mercados internacionales con la región sur sureste del país. Tanto la conectividad por carretera y ferroviaria con las que cuenta el puerto, presentan oportunidades de desarrollo.

Para el transporte de carga de petróleo y derivados, Pemex opera una amplia red de servicios en tráficos de cabotaje, en buques propios y fletados, entre su terminal en este puerto y sus terminales en los demás puertos del litoral mexicano del Océano Pacífico, a través de los cuales abastece de combustibles a los estados de ese litoral.

El transporte de granel agrícola y carga general se realiza por medio de buques en régimen de fletamento, en tanto que el de contenedores se ha atendido con la operación de una línea de servicio regular que vincula a Salina cruz y puertos de Centroamérica con los puertos de Manzanillo y Lázaro Cárdenas, en un servicio tipo feeder.

De esta manera, el Puerto de Salina Cruz está conectado por la vía marítima en tráfico de altura con Norteamérica, Centroamérica y Asia. En cuanto al cabotaje, el puerto mantiene conectividad marítima con otros puertos del litoral del Pacífico, principalmente para el abastecimiento de petrolíferos.

El gobierno federal ha señalado como uno de sus programas prioritarios, el desarrollo integral del Istmo de Tehuantepec, como una vía para impulsar un mayor crecimiento en la región del sur-sureste del país. De acuerdo a la estrategia nacional, se tiene previsto desarrollar los puertos de Coatzacoalcos y Salina Cruz, además de modernizar la conectividad ferroviaria entre ambos puertos, así como la creación de polos de desarrollo mediante el otorgamiento de incentivos para el establecimiento de empresas a lo largo de este corredor.

Si bien la industria petrolera es de suma importancia para el desarrollo del país el otro segmento de negocio con mayor potencial de crecimiento, se refiere al tráfico de carga contenerizada con base en el impulso que se tiene previsto dar con el desarrollo del Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec (CIIT).

El CIIT es un proyecto de largo plazo que va a potenciar el desarrollo económico de la región sur - sureste de México, al constituirse en una infraestructura ferroviaria y portuaria capaz de generar un efecto multiplicador de la inversión, al crearse una red integrada de transporte terrestre y marítimo y de telecomunicaciones que permita consolidar un corredor energético, industrial y de servicios en la zona del istmo y que irradie sus beneficios hacia toda la región sur del país.





En materia de competitividad internacional, este proyecto aspira a poseer una ventaja comparativa singular, solamente equiparable con los servicios que ofrece el Canal de Panamá. Se trata de abrir la operación de un corredor interoceánico para la movilidad en el comercio y el transporte de mercancías, y que pueda acelerar los flujos intercontinentales de comercio mundial.

Para lograr esto, se requiere, en primer lugar, posicionar en una mejor escala competitiva a los puertos de Coatzacoalcos y Salina Cruz en el manejo de contenedores, lo que exige que ambos puertos transiten de puertos convencionales a puertos de alto rendimiento, con capacidad para atender buques de gran tamaño y de operar volúmenes de carga sustancialmente mayores a los actuales, con altos rendimientos de operación, por lo que también deberán contar con el equipamiento necesario que eleve la productividad en este tipo de carga.

En virtud de que bajo las condiciones actuales los puertos de Coatzacoalcos y Salina Cruz. operan con infraestructura y maniobras convencionales, lo cual los coloca en un desfase considerable frente a la operación de puertos de alto rendimiento que demandan los buques y las cargas en los mercados internacionales, se requiere la construcción de dos terminales especializadas de contenedores. una en cada puerto, así como el mejoramiento de la infraestructura y el equipamiento ferroviario para la atención de la demanda de servicios prevista.

En los estudios de mercado realizados, se identifica un volumen objetivo para el CIIT de 255,000 FFE (510,000 TEU's) anuales en contenedores llenos, correspondientes a los tráficos y navieras que se beneficiarían de un puente terrestre en México. Estos volúmenes representan un 5% de los volúmenes que actualmente transitan por el Canal de Panamá, y que no requieren cambios en las proformas de navegación de las navieras sirviendo las dos costas mexicanas. Las navieras objetivo pueden ofrecer una opción eficiente en términos de tiempo de reducción de días de navegación y conectividad intermodal de los puertos de Houston, Mobile y New Orleans en la costa oeste de los Estados Unidos. para servir a varias áreas metropolitanas del área central, vía ferrocarril y transporte carretero.

El estudio de mercado también indica que los volúmenes objetivo para el CIIT nacen de la premisa de una ventaja comparativa geográfica, especialmente desde Asia para los puertos de EE.UU. en el Golfo de México. La ventaja competitiva se hace efectiva cuando esta ventaja geográfica beneficia a una mejor conectividad de las 2 5 Áreas Metropolitanas del corredor central de los EE. UU. con viajes intermodales más cortos y eficientes, y sin cambios mayores a los servicios actuales de las navieras.

El CIIT en su más amplia expresión constituye uno de los proyectos más ambiciosos y alto impacto social, que comprende la habilitación de polos de desarrollo sobre la franja terrestre más estrecha del país, como una opción sumamente atractiva para la atracción de inversiones dedicadas al desarrollo de distintas industrias en la región, al ofrecer el traslado de mercancías del Golfo de México al Océano Pacífico, y viceversa, de forma segura y eficiente; además de coadyuvar en la conectividad y el desarrollo económico del sur-sureste de México. En el mediano y largo plazo, los polos de desarrollo serán importantes generadores del movimiento de carga contenerizada en ambos puertos del CIIT.

Por otra parte, de las cargas tradicionales del Puerto de Salina Cruz destaca el tráfico de granel agrícola. Según estadísticas del 2021 el movimiento de graneles agrícolas en los puertos nacionales es de alrededor de los 16 millones de toneladas anuales, de los cuales el 87% corresponde a importaciones, el 11 % a exportaciones y al cabotaje alrededor del 2%. A nivel de litorales el mayor





movimiento de graneles agrícolas corresponde al Golfo de México, que moviliza alrededor del 80% de los granos, al Pacífico corresponde el 20%; ambos litorales han crecido en sus movimientos a tasas del 1.8% en promedio anual en el periodo del 2000 al 2021.

Los movimientos de granel agrícola del puerto de Salina Cruz han disminuido desde 2005 cuando se movilizaron alrededor de 256 mil toneladas de maíz blanco provenientes de Topolobampo en tráfico de cabotaje, el mayor tonelaje de esta carga que ha operado el puerto; en 2021 se movilizaron 114 mil toneladas y para los siguientes años se prevé un crecimiento muy importante.

De acuerdo a los análisis del mercado, se estima que existe un tráfico potencial cuya demanda ha estado en crecimiento constante, pero que está siendo atendido por otros modos de transporte. Lo anterior considerando que la producción de maíz de la zona sur sureste ha disminuido del orden del 0.4% en promedio anual de 2000 al 2020; en forma más específica Oaxaca ha disminuido su producción en 0.8% en promedio anual en el mismo periodo y Chiapas en 2.7%.

En el puerto comercial actual, la principal limitante para la operación y diversificación de la carga comercial, sin incluir petróleo y derivados, es la infraestructura de atraque, debido a la estrechez de la bocana del puerto que limita la atención de embarcaciones de hasta 197 m de eslora 3 2 m de manga 3 3 pies de calado y de 3 5 mil toneladas de registro bruto (TRB). El resto de los muelles de uso común tienen la limitante de que su calado promedio es de 9 m y se localizan en la dársena interna del puerto, la cual tiene la restricción de que su canal de acceso tiene un ancho de plantilla de 50 m, lo que limita gravemente el tamaño de los buques que pueden acceder a dicha zona.

Para el manejo de contenedores, el puerto dispone de un muelle con 2 7 5 metros de longitud, con un calado oficial de 1 O.O m, para la atención de buques de segunda generación, con capacidad promedio de 2 mil TEU' s. Debido a la operación de esta carga con maniobras de tipo convencional, el puerto registra un nivel de productividad bajo, aunque similar al registrado en otros puertos de México que no cuentan con instalaciones especializadas.

El manejo de carga general por el puerto presenta bajo dinamismo. tanto en carga proyecto. como en la fraccionada y la utilizada; la operación de este tipo de carga en el puerto se realiza de manera convencional con las grúas del buque con bajos rendimientos operativos y se utilizan los muelles 1 y de contenedores (usos múltiples). Para el almacenamiento de estas cargas, se utilizan los patios y bodegas administradas por la ASI PONA Salina Cruz.

Para el granel agrícola y mineral, se utiliza preferentemente el muelle de usos múltiples por ofrecer un mayor calado, sin embargo, estas cargas pueden ser atendidas en un menor volumen en los muelles 1 y 2. Se cuenta, para el almacenamiento de granel agrícola, con una capacidad de 8 mil toneladas en la Bodega 2 y para el granel mineral, con una capacidad de almacenamiento de 6 mil toneladas en la Bodega 3.

En las condiciones antes señaladas, en conjunto, el Puerto de Salina Cruz opera con infraestructura y maniobras convencionales, lo cual lo coloca en un desfase considerable frente a la operación de terminales especializadas de alto rendimiento que demandan los buques y las cargas en los mercados internacionales.

El objetivo del Programa es impulsar el crecimiento de la economía regional, con pleno respeto a la historia, la cultura y las tradiciones del istmo oaxaqueño y veracruzano, teniendo como eje el Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec, que servirá para aprovechar la posición del istmo



para competir en los mercados mundiales de movilización de mercancías, a través del uso combinado de diversos medios de transporte.

El Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec en su más amplia expresión, constituye uno delos proyectos más ambiciosos y alto impacto social, que comprende la habilitación de polos de desarrollo sobre la franja terrestre más estrecha del país, como una opción sumamente atractiva para la atracción de inversiones dedicadas al desarrollo de distintas industrias en la región, al ofrecer el traslado de mercancías del Golfo de México al Océano Pacífico, y viceversa, de forma segura y eficiente; además de coadyuvar en la conectividad y el desarrollo económico del sur-sureste de México.

Con base en lo anterior y en apoyo a la estrategia nacional, uno de los retos más importantes del Puerto de Salina Cruz es la construcción de la infraestructura portuaria que se requiere para permitir el arribo de embarcaciones y el manejo de la carga en forma eficiente y segura, así como impulsar las inversiones del sector público y privado para el desarrollo de los proyectos estratégicos. En este sentido, por línea de negocio, los principales retos que se observan son los que se describen a continuación.

Vinculación

EL proyecto va acorde con el objetivo del programa que es:

Impulsar el crecimiento sostenible del Puerto de Salina Cruz como nodo logístico competitivo para el Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec con la estrategia de Desarrollar infraestructura y equipamiento portuario competitivos y la línea de acción de Mejorar y conservar la infraestructura del puerto.

Así como con la estrategia de Promover la planeación integral y la sustentabilidad y la línea de acción de Fomentar la planeación del desarrollo portuario considerando la vinculación urbana y ambiental, por lo que la ampliación del patio de almacenamiento dado su naturaleza y ubicación es necesario solicitar la autorización en materia de impacto ambiental y cambio de uso del suelo en el Documento técnico unificado que se presenta.

III.6.3 Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente para el Estado de Oaxaca

Esta Ley, cuya última actualización se publicó en el Periódico Oficial del Estado de Oaxaca el 29 de noviembre del 2023, tiene por objeto establecer las bases para: garantizar el derecho de toda persona a vivir en un ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar; propiciar el aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales; asegurar la participación responsable de las personas, en forma individual o colectiva, en la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, así como en el desarrollo sustentable de la entidad; y la prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo dentro del ámbito de competencia estatal, entre otros

Artículo 139.- Las emisiones de contaminantes de los vehículos automotores que circulen en el territorio del Estado no deberán rebasar los límites permisibles establecidos en las normas oficiales mexicanas.





Artículo 140.- Los propietarios o poseedores de vehículos automotores, verificarán éstos con la periodicidad y en los centros de verificación vehicular que para el efecto autorice la Secretaría y los ayuntamientos, para controlar la generación de emisiones contaminantes.
Cuando en el procedimiento de verificación de emisiones contaminantes, resulte que el vehículo excede los límites permisibles, el propietario o poseedor deberá efectuar las reparaciones necesarias al vehículo que las genere, en el plazo que para tal efecto establezcan las autoridades ambientales, a fin de que se cumpla con las normas oficiales mexicanas correspondientes. La omisión de la verificación o el incumplimiento de las medidas que se establezcan para el control de emisiones serán sancionados en los términos previstos en esta Ley y en otras disposiciones jurídicas aplicables.

Vinculación
En el caso de los vehículos que utilicen gasolina o diésel en su combustión y que sean utilizados para el desarrollo de las actividades del proyecto, el promovente tramitará las verificaciones correspondientes para que sus emisiones a la atmósfera no superen los límites máximos establecidos en la normatividad vigente, en el caso de la maquinaria y equipo se tendrá un programa de mantenimientos preventivos, llevando a cabo una bitácora de cumplimiento
Artículo 153.- Las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua de jurisdicción estatal o en los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población deberán cumplir con las normas oficiales mexicanas y las condiciones particulares de descarga que en su caso fije la autoridad competente en los términos de la ley de la materia. Los responsables de las descargas de aguas residuales deberán tratar dichas aguas antes de verterlas en los cuerpos de aguas de jurisdicción estatal o en los sistemas de drenaje y alcantarillado para ajustar su calidad a la dispuesta en las normas oficiales mexicanas y, en su caso, a las condiciones particulares de descarga. Estas descargas deberán registrarse ante el organismo operador o prestador de servicios correspondiente. Las aguas residuales domésticas quedan exceptuadas de lo dispuesto en los dos párrafos anteriores.

Vinculación
Dado la naturaleza del proyecto no se generarán aguas residuales, sin embargo, en las áreas de servicios del proyecto estarán instalados sanitarios, los cuales están conectados a la red de drenaje de la ASIPONA de Salina Cruz.
Artículo 163.- Los residuos sólidos urbanos o de manejo especial que se acumulen o puedan acumularse y se depositen o infiltren en los suelos deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar:

I. La contaminación del suelo;
II. Las alteraciones nocivas en el proceso biológico de los suelos;
III. Las alteraciones nocivas en el proceso biológico del suelo;
IV. Las alteraciones en el suelo que perjudiquen su aprovechamiento, uso o explotación, y;
V. Los riesgos y problemas de salud.





Vinculación
El promovente durante el proceso de construcción implementara un programa de manejo de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial (residuos de construcción), a fin de evitar un mal manejo y disposición de estos residuos.

III.6.4 Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos del Estado de Oaxaca
Esta Ley, cuya última actualización se publicó en el Periódico Oficial del Estado de Oaxaca el 24 de abril de 2024, tiene por objeto garantizar el derecho de toda persona a un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar a través de la gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de los residuos de manejo especial, así como la remediación de la contaminación de sitios dentro del territorio del Estado por dichos residuos.
Artículo 37. Toda persona física o moral que genere residuos sólidos urbanos tiene la propiedad y responsabilidad de su manejo hasta el momento en que los entregue al servicio de recolección, o deposite en los contenedores, estaciones de transferencia o rellenos sanitarios establecidos para tal efecto por la autoridad municipal competente.

Vinculación
El promovente será responsable por el manejo de los residuos sólidos urbanos, desde su generación hasta su entrega para transporte a un sitio de confinamiento o disposición final. Asimismo, implementará procesos para reducir la generación de residuos dentro de las actividades del proyecto, y promoverá su aplicación hacia los involucrados en sus procesos.

Artículo 43. Todo generador de residuos sólidos urbanos debe separarlos en orgánicos e inorgánicos, dentro de sus domicilios, empresas, establecimientos mercantiles, industriales y de servicios, instituciones públicas y privadas, centros educativos y dependencias gubernamentales, y similares.
Artículo 44. Los residuos sólidos urbanos deben depositarse en contenedores separados para su recolección por el servicio público de limpia, con el fin de facilitar su aprovechamiento, tratamiento y disposición final, o bien, llevar aquellos residuos valorizables directamente a los centros de acopio o establecimientos de reutilización y reciclado.

Vinculación
El promovente elaborará y ejecutará un programa de manejo de residuos sólidos urbanos, que permita minimizar el volumen de disposición final, esto mediante acciones de sensibilización separación y revalorización de los residuos, esto aplicará durante todo el proceso constructivo

Artículo 74. La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos de manejo especial corresponde a quien los genera. En el caso de que se contraten los servicios de manejo y disposición final de residuos de manejo especial por gestores autorizados por la SEMAEDESO, la responsabilidad por las operaciones será de estas últimas, independientemente de la responsabilidad solidaria que tiene el generador.





Vinculación

En la construcción del proyecto se generarán residuos de manejo especial clasificados como residuos de la construcción, por lo que elaborar e implementar un programa de manejo de estos residuos, identificando, separando y clasificando aquellos residuos que puedan ser valorizados y con esto disminuir el volumen de disposición final, el cual tendrá como destino el que la autoridad municipal de Salina Cruz determine.





Bibliografía

ASIPONA Salina Cruz | PMDP. (s. f.). Recuperado 27 de noviembre de 2025, de https://www.puertosalinacruz.com.mx/esps/0020108/pmdp.html

Home. (s. f.). Recuperado 27 de noviembre de 2025, de https://gisviewer.semarnat.gob.mx/aplicaciones/atlas2015/biodiversidad.html

Humedales de la República Mexicana Inventario Nacional de Humedales INH | Comisión Nacional del Agua | Gobierno | gob.mx. (s. f.). Recuperado 27 de noviembre de 2025, de https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-humedales-inh

Naturales, S. de M. A. y R. (s. f.). Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POETG). gob.mx. Recuperado 27 de noviembre de 2025, de http://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programa-de-ordenamiento-ecologico-general-del-territorio-poetg

Oaxaca.gob.mx/planeacion/wp-content/uploads/sites/29/2024/08/09_OT_SalinaCruz_VF.pdf. (s. f.). Recuperado 27 de noviembre de 2025, de https://www.oaxaca.gob.mx/planeacion/wp-content/uploads/sites/29/2024/08/09_OT_SalinaCruz_VF.pdf

Programa de ordenamiento ecológico regional del territorio del estado de oaxaca. (s. f.).

Protegidas, C. N. de Á. N. (s. f.). Áreas Naturales Protegidas. gob.mx. Recuperado 27 de noviembre de 2025, de http://www.gob.mx/conanp/documentos/areas-naturales-protegidas-278226

República, P. de la. (s. f.). Plan Nacional de Desarrollo 2025—2030. gob.mx. Recuperado 28 de octubre de 2025, de http://www.gob.mx/presidencia/documentos/plan-nacional-de-desarrollo-2025-2030-391771





CAPITULO IV

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO



Contenido

IV.1. Delimitación del área de estudio donde pretende establecerse el proyecto 12
IV.2. Caracterización y análisis del Sistema Ambiental (SA) 16
IV.2.1. Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SA 16
IV.2.2.1 Medio abiótico 16
Fisiografía 20
Geología 21
Edafología 22
IV. 2. 2. Estado de conservación del suelo 24
IV.2.2.1 Estimación de la pérdida del suelo por efecto hídrico y eólico en el Sistema Ambiental. 24
Erosión eólica. 29
Estimación de la Erosión Eólica Actual. 29
IV.2.2.2 Estimación de la pérdida del suelo por efecto hídrico y eólico en el CUSTF 32
Degradación de suelos 43
Hidrología 44
Hidrología Superficial 45
Coeficiente de escurrimiento (Ce). 54
Hidrología Subterránea 58
Riesgos naturales 60
Riesgo sísmico 60
Tormentas tropicales 63
Inundaciones. 64
Riesgo por tsunami 65
Inestabilidad de laderas 66
IV.2.2.3 Medio biótico 67
Vegetación 67
Vegetación secundaria arbustiva y arbórea de selva baja caducifolia 69
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia 69

Diversidad florística 73
Composición florística 74
Curva de acumulación de especies. 74
IV.2.2.4 Medio socioeconómico 154
Demografía 154
Economía 155
IV.2.2.5 Paisaje 155
IV.3. Servicios ambientales que pudieran ponerse en riego por el cambio de uso del suelo propuesto 165
IV.4 Diagnóstico ambiental 166
1. Captura y almacenamiento de carbono 166
2. Generación de oxígeno. 169
3. Protección a la Biodiversidad (Flora y Fauna) 170
A. Flora 170
B. Fauna 172
Bibliografía 174

Índice de Figuras

Figura 1. Polígono general del proyecto “Ampliación de patio de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca”. 12
Figura 2. Área sujeta a CUSTF del proyecto. 13
Figura 4. Delimitación del Sistema Ambiental. 16
Figura 5. Clima, Sistema Ambiental 17
Figura 6. Clima cálido subhúmedo en el área sujeta a Cambio de Uso del Suelo 17
Figura 7. Temperaturas máxima, media y mínima en el SA y CUSTF. 19
Figura 8. Riesgo muy alto de sismos en el sitio del proyecto 20
Figura 9. Provincias Fisiográficas a nivel municipal. Fuente: Provincias Fisiográficas INEGI 21
Figura 10. Geología en el Sistema Ambiental y CUSTF 22

Figura 11. Edafología, Sistema Ambiental 24
Figura 12. Puntos de muestreo de suelo en sitio CUSTF, conforme la NOM-021-SEMARNAT-2000 40
Figura 13. Puntos de muestreo de suelo en sitio CUSTF, conforme la NOM-138-SEMARNAT-2012 41
Figura 14. Puntos muestreo en suelos en sitio CUSTF conforme a la NOM -147-SEMARNAT/SSA1-2004 42
Figura 15. Degradación del suelo en el Sistema Ambiental 43
Figura 16. Ubicación del proyecto en relación con la región hidrológica, cuenca y subcuenca 45
Figura 17. Hidrología superficial, Sistema Ambiental 47
Figura 18. Sitios de muestreo de agua de acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-2021 ... 48
Figura 19. Acuífero Tehuantepec, Sistema Ambiental 59
Figura 20. Hidrología subterránea, Sistema Ambiental 60
Figura 21. Regionalización Sísmica de México 61
Figura 22. Sismicidad Nacional 2024. Fuente Servicio Sismológico Nacional. 62
Figura 23. Riesgo por Ciclones tropicales 64
Figura 24. Riesgo por Inundaciones 65
Figura 25. Riesgo por Tsunami 66
Figura 26. Riesgo de Susceptibilidad por inestabilidad de laderas en Salina Cruz, Oaxaca 67
Figura 27. Uso de suelo y vegetación 68
Figura 28. Manglar en el Sistema Ambiental 70
Figura 29. Estado actual del mangle en el Sistema Ambiental. 71
Figura 30. Esquema de los sitios de muestreo (1: sitio de 1 m2 para el muestreo de las hierbas) 72
Figura 31. Curva de acumulación de especies Sistema Ambiental 76
Figura 32. Curva de acumulación de especies (Área sujeta a cambio de uso del suelo) 77
Figura 33. Eficiencia del muestreo 78

Figura 34. Eficiencia del muestreo 78
Figura 35. Mapa de sitios de muestreo de flora en el Sistema Ambiental 80
Figura 36. Sitios de muestreo en el Área sujeta a Cambio de Uso de Suelo 82
Figura 37. Porcentaje de individuos por forma de crecimiento en el Sistema Ambiental 83
Figura 38. Porcentaje de individuos por forma de crecimiento en el Área de CUSTF .. 84
Figura 39. Porcentaje de individuos por forma de crecimiento en el Sistema Ambiental 89
Figura 40. Especies arbustivas con mayor densidad e I.V.I. en el Sistema Ambiental . 91
Figura 41. Especies herbáceas con mayor densidad e I.V.I. en el Sistema Ambiental . 92
Figura 42. Especies suculentas con mayor densidad e I.V.I. en el SA 93
Figura 43. Especies de árboles con mayor densidad e I.V.I. en el Área de CUSTF 96
Figura 44. Especies arbustivas con mayor densidad e I.V.I. en el Área CUSTF 97
Figura 45. Especies herbáceas con mayor densidad e I.V.I. en el Área sujeta a cambio de uso del suelo 98
Figura 46. Especies de palmas y suculentas con mayor densidad e I.V.I. en el Área sujeta a cambio de uso del suelo 99
Figura 47. Iguana verde (*Iguana iguana*) 108
Figura 48. Diagrama ilustrativo del método por puntos de conteo 109
Figura 49. Aguililla caminera (*Rupornis magnirostris*) 109
Figura 50. Recorridos para ubicar estaciones de observación 110
Figura 51. Instalación de cámaras trampa. 112
Figura 52. Zorrillo manchado sureño (*Spilogale angustifrons*) 112
Figura 53. Sitios de muestreo de fauna en Sistema Ambiental 115
Figura 54. Sitios de muestreo de Fauna en CUSTF 117
Figura 55 Estratificación vertical del bosque 120
Figura 56. Curva de acumulación de especies para anfibios y reptiles en el SA 123
Figura 57. Curva de acumulación de especies para aves en el SA 124
Figura 58. Curva de acumulación de especies para mamíferos en el SA 125
Figura 59. Lagartija de árbol del Pacífico (*Urosaurus bicarinatus*) 128

Figura 60. Lagartija espinosa de cola larga (*Sceloporus siniferus*) 128
Figura 61. Zopilote común (*Coragyps atratus*) 131
Figura 62. Monjita americana (*Himantopus mexicanus*) 131
Figura 63. Garza nocturna de corona clara (*Nyctanassa violacea*) 132
Figura 64. Huella Conejo serrano (*Sylvilagus flaridanus*) 135
Figura 65. Excreta de Cacomixtle norteño (*Bassariscus astutus*) 136
Figura 66. Curva de acumulación de especies para anfibios y reptiles en CUSTF 141
Figura 67. Curva de acumulación de especies para aves en CUSTF 142
Figura 68. Sapo jaspeado (*Incilius marmoreus*) 145
Figura 69. Mazacuata (*Boa imperator*) 145
Figura 70. Paloma de collar turca (*Streptopelia decaocto*) 148
Figura 71. Carpintero cheje (*Melanerpes aurifrons*) 148
Figura 72. Matraca nuca canela (*Campylorhynchus humilis*) 149
Figura 73. Excreta de Cacomixtle norteño (*Bassariscus astutus*) 152
Figura 74. Pirámide poblacional de Salina Cruz. Fuente: Economia.gob.mx 154

Índice de Tablas

Tabla 1. Coordenada UTM del polígono general del proyecto 13
Tabla 2. Datos de temperatura y precipitación de la estación 20149 Tehuantepec 18
Tabla 3. Valores correspondientes a tipo de suelo 26
Tabla 4. Valores para CATEX de acuerdo a los tipos de textura 26
Tabla 5. Factor topográfico (CATOP) 27
Tabla 6. Calificación por Uso de Suelo y Vegetación 27
Tabla 7. Agrupación de la intensidad de la erosión hídrica en función de su valor de erosión laminar 28
Tabla 8. Erosión hídrica Actual 29
Tabla 9. Valores de suelos no calcáreos para el cálculo de la capa de calificación de textura 30

Tabla 10. Valores de suelos calcáreos para el cálculo de la capa de calificación de textura 31

Tabla 11. Valores de suelos calcáreos para el cálculo de la capa de calificación de textura 31

Tabla 12. Erosión eólica actual en el SA 32

Tabla 13. Erosión eólica actual en el SA 34

Tabla 14. Valores para CATEX de acuerdo a los tipos de textura 35

Tabla 15. Factor topográfico (CATOP) 35

Tabla 16. Calificación por Uso de Suelo y Vegetación 35

Tabla 17. Agrupación de la intensidad de la erosión hídrica en función de su valor de erosión laminar 36

Tabla 18. Erosión hídrica Actual 37

Tabla 19. Valores de suelos no calcáreos para el cálculo de la capa de calificación de textura 38

Tabla 20. Valores de suelos calcáreos para el cálculo de la capa de calificación de textura 38

Tabla 21. Agrupación de la intensidad de la erosión eólica 38

Tabla 22. Erosión eólica actual en el área de CUS 39

Tabla 23. Volumen de agua precipitado en el SA 51

Tabla 24. Tabla de valores de K, en función del tipo y uso de suelo 52

Tabla 25. Valores de k por tipo de vegetación 53

Tabla 26. Fórmula para cálculo de escurrimiento anual 53

Tabla 27. Valores del Coeficiente de escurrimiento por tipo de vegetación 54

Tabla 28. Volumen de escurrimiento en el SA. 54

Tabla 29. Volumen de infiltración por tipo de vegetación en el SA. 55

Tabla 30. Tabla de valores de K, en función del tipo y uso de suelo 56

Tabla 31. Fórmula para cálculo de escurrimiento anual 57

Tabla 32. Clasificación de Peligrosidad Sísmica Nacional (CFE, 2015) 62

Tabla 33. Tipos de vegetación y uso del suelo presentes en el Sistema Ambiental. 68

Tabla 34. Estimadores no paramétricos de la riqueza de especies 75

Tabla 35. Coordenadas de los sitios de muestreo en la Vegetación de manglar del proyecto “Ampliación de patio de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca” 79

Tabla 36. Coordenadas geográficas de los sitios de muestreo en el área Sujeto a Cambio de uso del suelo 80

Tabla 37. Número de individuos por forma de crecimiento 82

Tabla 38. Número de individuos por forma de crecimiento 83

Tabla 39. Composición florística en el Sistema Ambiental 85

Tabla 40. Valores estructurales de los árboles en el Sistema Ambiental 89

Tabla 41. Valores estructurales de los árboles en el Sistema Ambiental 90

Tabla 42. Valores estructurales de las hierbas en el Sistema Ambiental 91

Tabla 43.Valores estructurales para el estrato de las palmas y suculentas 92

Tabla 44. Valores de diversidad calculados para los árboles, arbustos, hierbas y suculentas en el Sistema Ambiental 93

Tabla 45. Índice de Shannon-Weiner (H’) 94

Tabla 46. Índice de Simpson (D) 94

Tabla 47. Equitatividad (E) 95

Tabla 48. Valores estructurales de los árboles en el Área de CUSTF 95

Tabla 49. Valores estructurales de los arbustos en el Área de CUSTF 96

Tabla 50. Valores estructurales de las hierbas en el Área sujeta a cambio de uso del suelo 98

Tabla 51. Valores estructurales de las palmas y suculentas en el Área sujeta a cambio de uso del suelo 99

Tabla 52. Valores de diversidad calculados para los árboles, arbustos, hierbas, palmas y suculentas en el Área sujeta a cambio de uso del suelo 100

Tabla 53. Índice de Shannon-Weiner (H’) 100

Tabla 54. Índice de Simpson (D) 101

Tabla 55. Equitatividad (E) 101

Tabla 56. Composición florística de la vegetación secundaria de mangle en el área sujeta a cambio de uso del suelo 102

Tabla 57. Especies en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010 . 103

Tabla 58. Metodología de fototrampeo 111
Tabla 59. Coordenadas de los transectos en el Sistema Ambiental 113
Tabla 60. Coordenadas de los puntos de observación de aves 114
Tabla 61. Coordenadas de ubicación de las cámaras trampa instaladas 114
Tabla 62. Coordenadas de los transectos en CUSTF 115
Tabla 63. Coordenadas de los puntos de muestreo de aves en CUSTF 117
Tabla 64. Coordenadas de ubicación de las cámaras trampa instaladas en CUSTF ... 117
Tabla 65. Lista general de especies registradas en la cuenca, número de individuos registrados y tipo de registro 121
Tabla 66. Datos del análisis EstimateS 9.1 para anfibios y reptiles en el SA 123
Tabla 67. Datos del análisis Estimates 9.1 para aves en el SA 124
Tabla 68. Datos del análisis EstimateS 9.1 para mamíferos en el SA 125
Tabla 69. Valores de interpretación del índice de Margalef 126
Tabla 70. Valores de interpretación del índice de Shannon - Wiener 127
Tabla 71. Criterios de análisis para la caracterización de la herpetofauna presente en el Sistema Ambiental 129
Tabla 72. Cálculos de los índices de diversidad para anfibios y reptiles en Sistema Ambiental 129
Tabla 73. Valores de interpretación de los índices de Shannon - Wiener y Margalef. 130
Tabla 74. Criterios de análisis para la caracterización de la avifauna presente en el Sistema Ambiental 132
Tabla 75. Cálculos de los índices de diversidad para la avifauna en el Sistema Ambiental 134
Tabla 76. Valores de interpretación de los índices de Shannon - Wiener y Margalef. 135
Tabla 77. Criterios de análisis para la caracterización de mamíferos presentes en el Sistema Ambiental 136
Tabla 78. Cálculo de los índices de diversidad para la mastofauna en Sistema Ambiental 137
Tabla 79. Valores de interpretación de los índices de Shannon - Wiener y Margalef. 137
Tabla 80. Lista general de especies registradas en el área de CUSTF, número de individuos registrados y tipo de registro 139

Tabla 81. Listado de especies de fauna registrados en el sitio de CUSTF y su estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010..... 140

Tabla 82. Datos del análisis EstimateS 9.1 para anfibios y reptiles en CUSTF 141

Tabla 83. Datos del análisis EstimateS 9.1 para aves en CUSTF..... 142

Tabla 84.Valores de interpretación del índice de Margalef 143

Tabla 85. Valores de interpretación del índice de Shannon - Wiener..... 144

Tabla 86. Criterios de análisis para la caracterización de la herpetofauna presente en el área de CUSTF..... 146

Tabla 87. Valores de interpretación de los índices de Shannon - Wiener y Margalef, en CUSTF..... 147

Tabla 88. Valores de interpretación de los índices de Shannon - Wiener y Margalef. 147

Tabla 89. Criterios de análisis para la caracterización de la avifauna presente en CUSTF 150

Tabla 90. Cálculos de los índices de diversidad para la avifauna CUSTF 151

Tabla 91. Valores de interpretación de los índices de Shannon - Wiener y Margalef. 151

Tabla 92. Criterios de análisis para la caracterización de mamíferos presentes en CUSTF 152

Tabla 93. Criterios para evaluar la calidad visual (Alta, Media y Baja)..... 157

Tabla 94. Evaluación de la calidad visual del proyecto “Ampliación de patio de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca”..... 158

Tabla 95. Criterios utilizados para evaluar la fragilidad visual de acuerdo con el modelo Rojas y Kong (1998) 161

Tabla 96. Evaluación de la Fragilidad visual..... 162

Tabla 97. Criterios y componentes del diagnóstico ambiental “Ampliación de patio de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca”..... 164

Tabla 98. Ecuaciones desarrolladas por el Instituto Nacional de Ecología para estimar el contenido de carbono según el tipo de vegetación..... 167

Tabla 99. Contenido de Carbono dentro del área de cambio de uso del suelo 168

Tabla 100. Captura de Carbono (ha/Ton) en una superficie de 3.92 ha del proyecto 170

Tabla 101. Producción de oxígeno dentro del área de influencia del proyecto 170

Tabla 102. Índices de Diversidad estimados para el área CUSTF y SA 171

Tabla 103. Valores de interpretación de los índices de Shannon - Wiener y Margalef 172

IV.1. Delimitación del área de estudio donde pretende establecerse el proyecto

El propósito del proyecto es establecer un área destinada a la ampliación y modernización de los patios de almacenamiento y maniobras del puerto, mediante el retiro de vegetación, nivelación y acondicionamiento en un polígono general con una superficie de 9.08ha, que incluye una superficie sujeta a Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) de 3.92 ha caracterizadas por la presencia de cobertura vegetal conformada por elementos arbóreos y arbustivos propios de una vegetación secundaria de manglar (***Conocarpus erectus*** remanentes aislados de *Avicennia germinans*, la comunidad vegetal dominada por especies secundarias, oportunistas y exóticas-invasoras Azadirachta indica, Cryptostegia grandiflora, Urochloa mollis y Pithecellobium dulce). La implementación del proyecto permitirá incrementar la eficiencia operativa y logística del puerto en el manejo de carga general y graneles, contribuyendo al fortalecimiento de la infraestructura estratégica del Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec (CIIT). En las figuras 1 y 2, se presenta el polígono general del proyecto y el polígono propuesto para CUSTF, respectivamente.

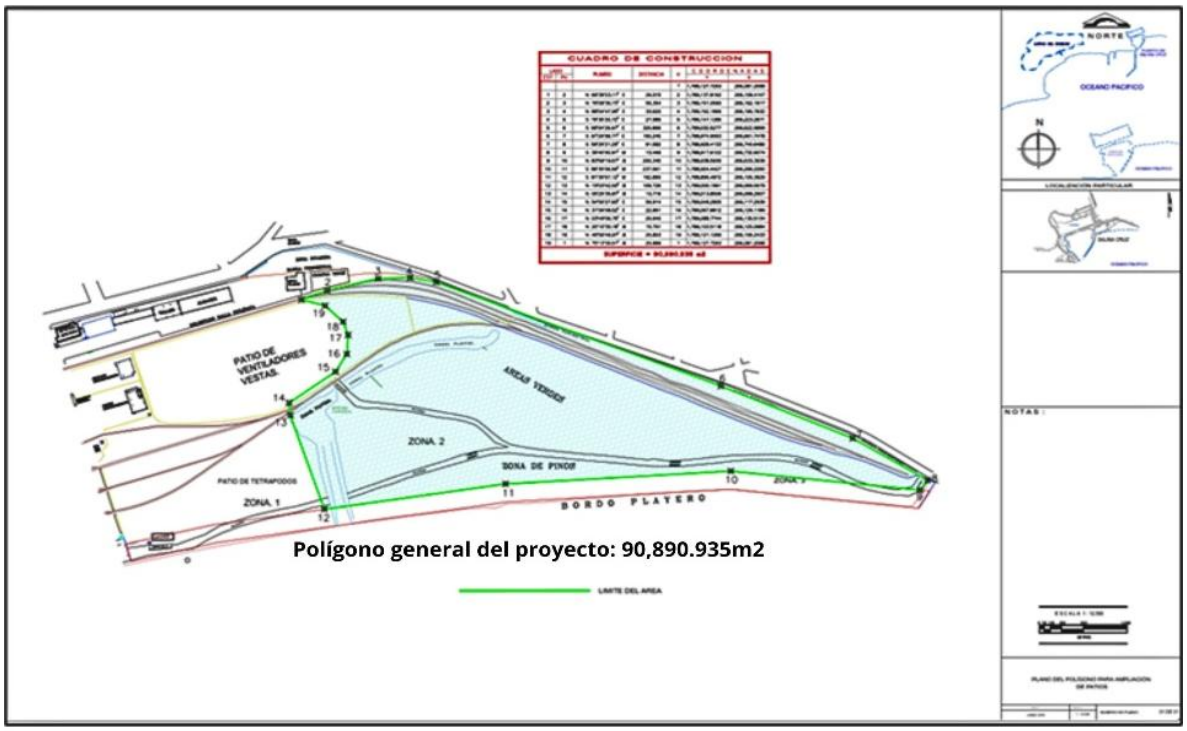


Figura 1. Polígono general del proyecto "Ampliación de patio de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca".

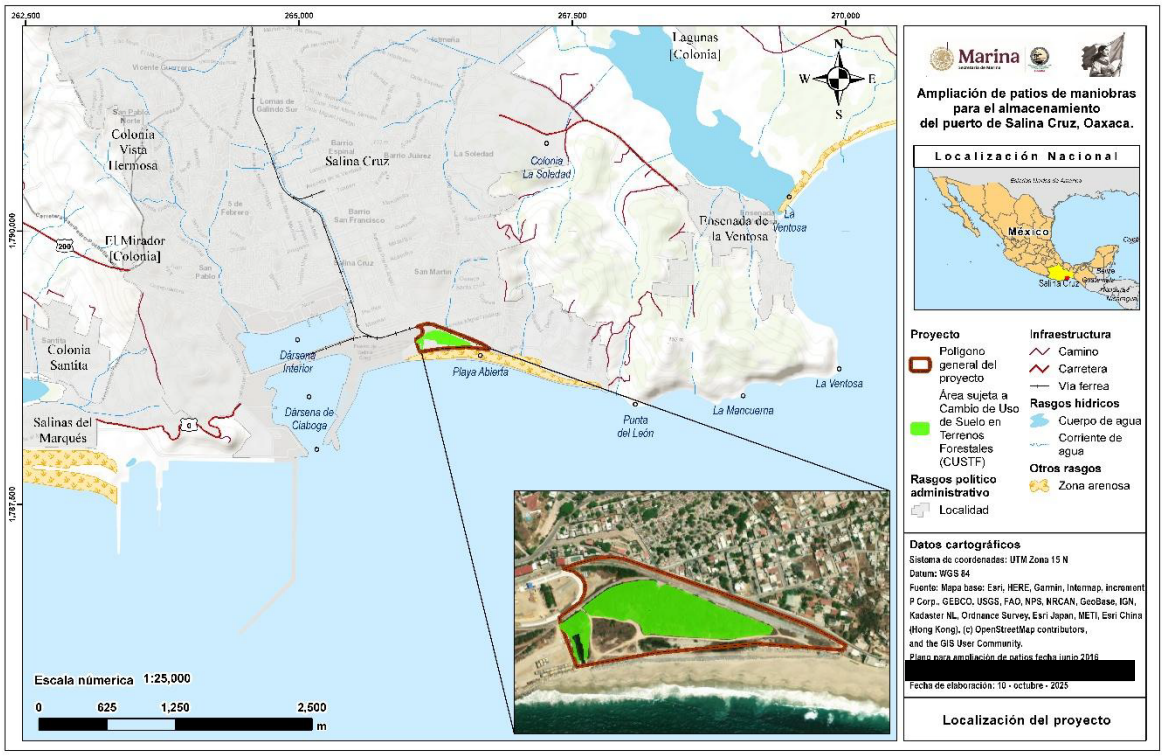


Figura 2. Área sujeta a CUSTF del proyecto.

El predio donde se pretende desarrollar el proyecto se ubica dentro del Recinto Portuario ASIPONA de Salina Cruz. En la siguiente tabla se presentan las coordenadas UTM que conforman el polígono del proyecto.

Tabla 1. Coordenada UTM del polígono general del proyecto

Cuadro de construcción del Polígono general del proyecto						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				Y	X
				1	1,789,127.7293	266,081.2098
1	2	N 69°39'23.11" E	29.015	2	1,789,137.8162	266,108.4147
2	3	N 76°09'30.73" E	55.354	3	1,789,151.0590	266,162.1617
3	4	N 88°04'47.95" E	33.62	4	1,789,152.1855	266,195.7632
4	5	S 79°35'20.72" E	27.985	5	1,789,147.1285	266,223.2871
5	6	S 69°04'26.67" E	320.866	6	1,789,032.5277	266,522.9899
6	7	S 67°26'58.71" E	150.245	7	1,788,974.9093	266,661.7478
7	8	S 59°29'21.29" E	91.582	8	1,788,928.4133	266,740.6486
8	9	S 36°40'00.91" W	13.466	9	1,788,917.6122	266,732.6074
9	10	N 83°59'19.57" W	200.345	10	1,788,938.5930	266,533.3639
10	11	S 86°35'06.56" W	237.561	11	1,788,924.4427	266,296.2250

Cuadro de construcción del Polígono general del proyecto						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				Y	X
11	12	S 81°39'57.12" W	192.869	12	1,788,896.4872	266,105.3929
12	13	N 19°03'42.50" W	109.726	13	1,789,000.1961	266,069.5579
13	14	N 05°25'35.87" W	13.716	14	1,789,013.8506	266,068.2607
14	15	N 54°55'27.83" E	59.914	15	1,789,048.2805	266,117.2939
15	16	N 31°06'08.52" E	22.891	16	1,789,067.8812	266,129.1189
16	17	N 03°49'06.76" E	20.94	17	1,789,088.7744	266,130.5134
17	18	N 20°10'30.18" W	15.701	18	1,789,103.5118	266,125.0984
18	19	N 46°56'49.97" W	25.803	19	1,789,121.1269	266,106.2433
19	1	N 75°13'30.51" W	25.889	1	1,789,127.7293	266,081.2098

Las cuencas son áreas geográficas naturales delimitadas por elevaciones del terreno por donde fluye agua hacia cuerpos de agua principal como río, lagos o hacia el mar, es decir, que recolectan y almacenan el agua y actúan como importantes reservorios de agua que pueden ser aprovechadas no sólo por el ser humano para su consumo personal, suministrando recursos naturales para el desarrollo de actividades productivas que dan sustento a la población, usos directos (agricultura, industria, agua potable, etc.), generación de electricidad, regulación de flujos y control de inundaciones, transporte de sedimentos, recarga de acuíferos, dispersión de semillas y larvas de la biota, sino también para el consumo de los animales y plantas y, por tanto el desarrollo de sistemas bióticos completos y duraderos.

La aplicación de este concepto es importante al ser una herramienta para comprender como se distribuye y se moviliza en agua dentro de ese ámbito. Así, dada la importancia de las cuencas y por consiguiente del Sistema Ambiental, se revisó la información a este nivel de estudio para el Proyecto ya mencionado y con la posibilidad de utilizarla como Sistema Ambiental; para ello, se consultó el Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA), el cual permite visualizar información de carácter ambiental como Áreas Naturales Protegidas (Federales, Estatales y Municipales), Regiones Prioritarias (Terrestres, Hidrológicas y Marinas), Ordenamientos Ecológicos (Regionales, Locales y Marinos), Uso del suelo y vegetación, y otros (Sitios Ramsar, AICAS, UMAS y manglares), así como el sistema hidrográfico del país.

Con base en lo anterior, en el SIGEIA se identificó la Cuenca Hidrológica; el sitio del proyecto pertenece a la Cuenca RH2 Costa de Oaxaca; se localiza en la cuenca 21A “Cuenca del Río Astata y otros”, Subcuenca RH21Aa “Salina Cruz”. De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio del Estado de Oaxaca (POERTEO), el Sistema Ambiental se ubica en la UGA 024 y 01, teniendo como uso condicionado la Industria. Sin embargo, el nivel de subcuenca y microcuenca es sumamente amplio, por lo que se optó por una delimitación de menor magnitud.

Al analizar espacialmente los componentes que se interrelacionan con el sitio del proyecto, así como la cercanía/lejanía de estos con el proyecto, se procedió a obtener su delimitación en formato vectorial (*shape*), con la finalidad de poder realizar la cartografía, los análisis espaciales y la descripción de la misma. Para el presente estudio se consideró la delimitación de un espacio geográfico tomando como base las características geográficas, físicas y biológicas con base al Uso del suelo y vegetación de INEGI (Serie VIII), considerado para esta zona como Asentamiento Humanos, que la hacen funcionar como un ecosistema, tal es el resultado de interacciones de influencias globales y locales a lo largo del tiempo, en una dinámica constante que ha conducido a la unidad geográfica que la conforma.

Respecto al proyecto que nos ocupa, el área de la Sistema Ambiental, como se ha mencionado, está catalogado como Asentamientos Humanos y se definió de la siguiente manera:

Al Norte: se delimitó con la con la barda perimetral de la Refinería “Antonio Dovalí Jaime” y la carretera Boca del Río.
Al Sur: se consideró la línea costera del Océano Pacifico.
Al Este: con la línea un ducto subterráneo en operación y que está bajo un camino que llega hasta la playa
Al Oeste: se consideró el límite con la carretera Bahía La Ventosa.

Una vez delimitado el Sistema Ambiental se tiene una superficie total de 976.28ha., en donde está inmersa la superficie sujeta a cambio de uso de suelo de 3.92 ha (CUSTF), en la figura 3, se presenta la delimitación del SA.

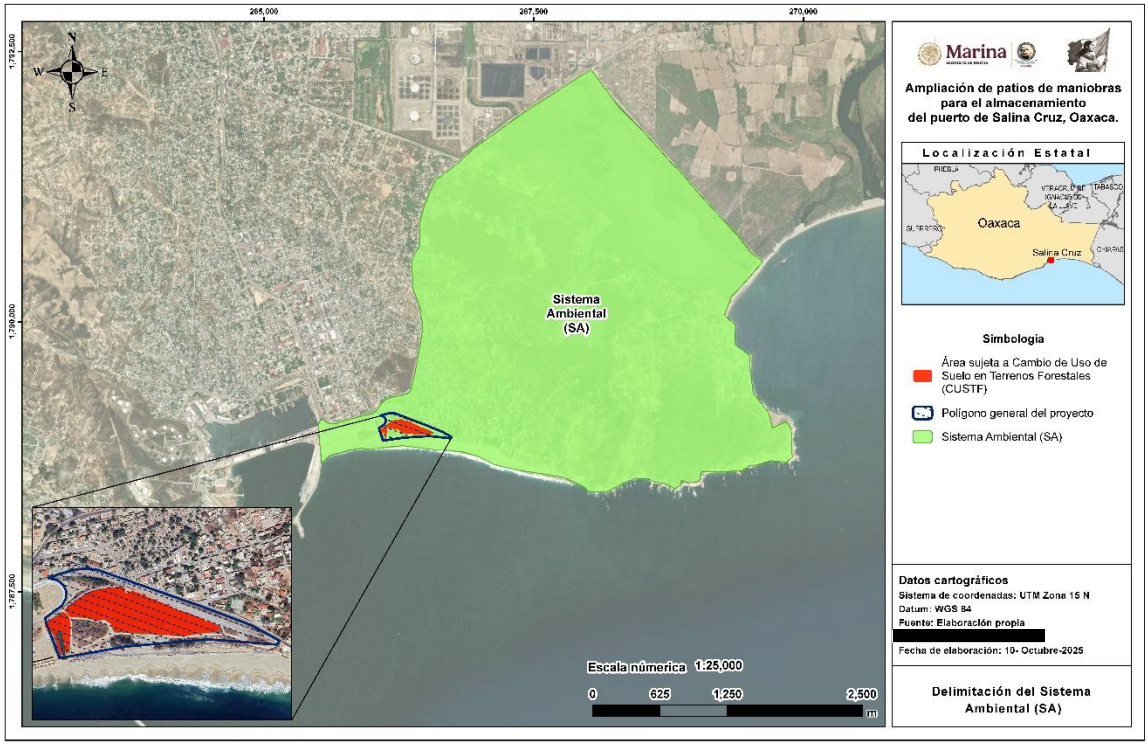


Figura 3. Delimitación del Sistema Ambiental.

IV.2. Caracterización y análisis del Sistema Ambiental (SA)

La Sistema Ambiental abarca solo el territorio del municipio de Salina Cruz del Estado de Oaxaca, en la región Istmo de Tehuantepec. Se ubica dentro de la Subcuenca denominada Salina Cruz, perteneciente a la Región Hidrológica Costa de Oaxaca (RH21), ver Anexo 13.

IV.2.1. Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SA

IV.2.2.1 Medio abiótico

Clima

De acuerdo con la carta temática de Climas Comisión Nacional para la Conservación y Biodiversidad (CONABIO.1998), el clima de la Sistema Ambiental es cálido subhúmedo de nomenclatura Awo, se aprecia el clima existente en este ámbito territorial; se define porque la temperatura media anual es de 28.6 C°, el mes más frío, enero llega 19.5C° y el más caliente, mayo a 36.9 C° de temperatura media, por tanto, la oscilación media anual de la temperatura es de 7.7C°. La precipitación anual es de un rango de 800 a 1200 mm, el mes más seco es febrero con 3.4. mm de lluvia y el más húmedo, junio con 226.7 mm. Los meses con precipitación abarca de junio a octubre, ver Anexo 14.

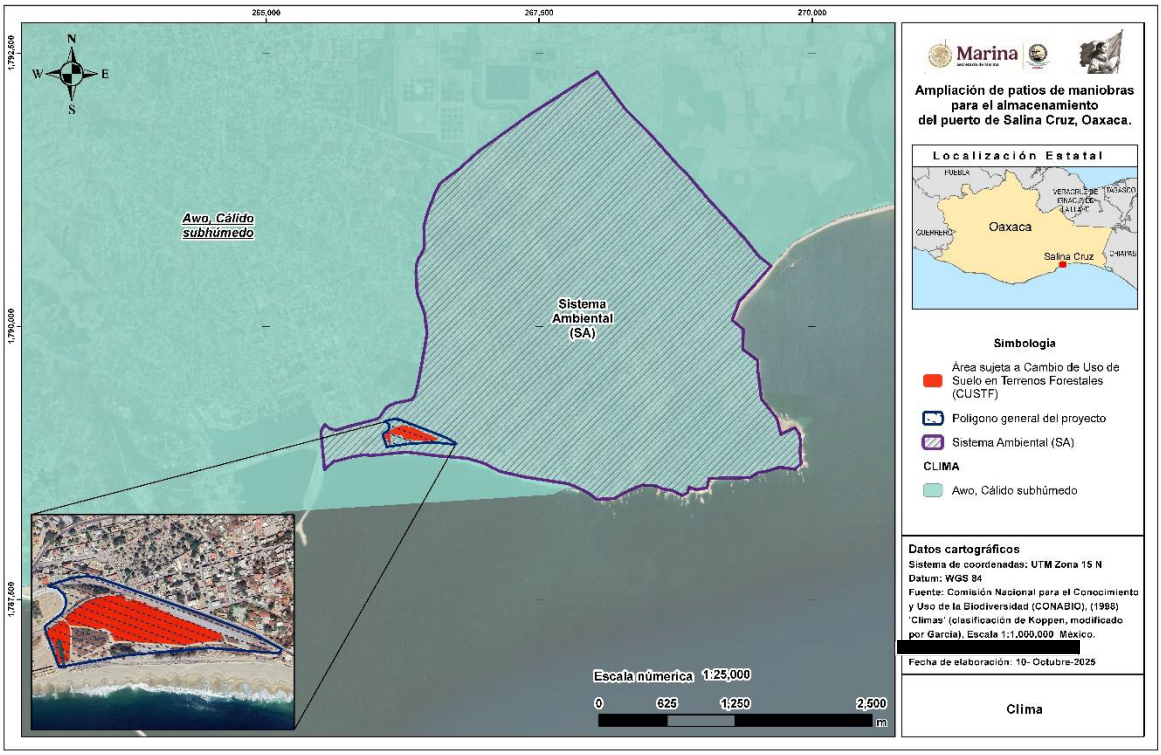


Figura 4. Clima, Sistema Ambiental

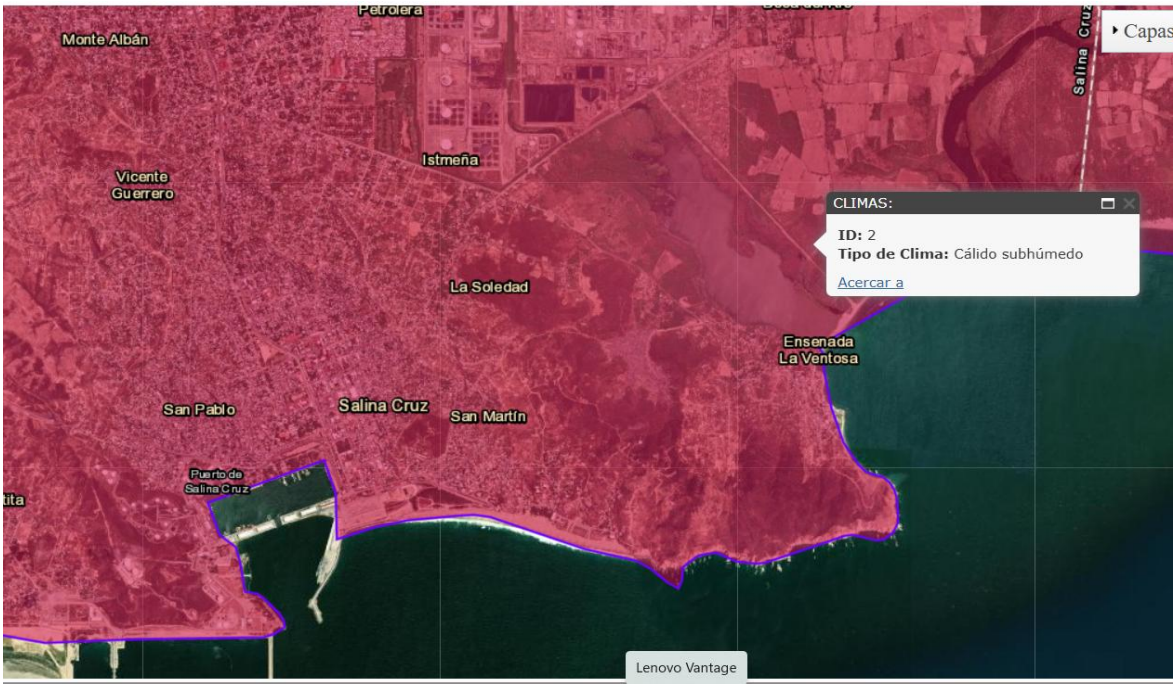


Figura 5. Clima cálido subhúmedo en el área sujeta a Cambio de Uso del Suelo

En la siguiente tabla se presentan los datos de temperatura máxima, mínima y media mensual, así como la precipitación mensual, correspondientes a la estación climatológica 20149 Tehuantepec, localizada en Santo Domingo Tehuantepec, a una distancia aproximada de 16.6 km del sitio del proyecto y a una altitud de 41 msnm.
La información original corresponde al periodo 1971-2000; sin embargo, con el objetivo de contar con una representación más actual de las condiciones climáticas, los valores fueron ajustados considerando tendencias reportadas por el Servicio Meteorológico Nacional, con datos disponibles hasta el año 2025.
Esta actualización incorpora el incremento observado en la temperatura media regional, así como la variabilidad reciente en los patrones de precipitación.

Tabla 2. Datos de temperatura y precipitación de la estación 20149 Tehuantepec

Periodo:	1985-2025												
Estación:	20149 Tehuantepec												
Latitud:	16°18'00" N												
Longitud:	95°14'4.02" W												
Altura:	41.0 MSNM												
Distancia a la poligonal del Proyecto	16.66 km												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura máxima	34.8	35.0	36.3	37.2	37.8	36.2	36.5	36.7	36.0	36.1	35.8	34.7	36.1
Temperatura mínima	20.3	20.5	22.0	23.5	24.6	24.0	24.3	24.4	23.6	23.4	22.8	21.3	22.9
Temperatura media	27.6	27.8	29.2	30.4	31.2	30.1	30.4	30.5	29.8	29.7	29.3	28.0	29.5
Precipitación	3.5	3.2	3.4	4.3	48.0	235.0	160.0	162.0	205.0	65.0	22.0	3.5	914.0

Fuente:https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica.

Como se puede apreciar en la siguiente figura, las temperaturas máxima, mínima y media presentan una ligera variación a lo largo del período anual.

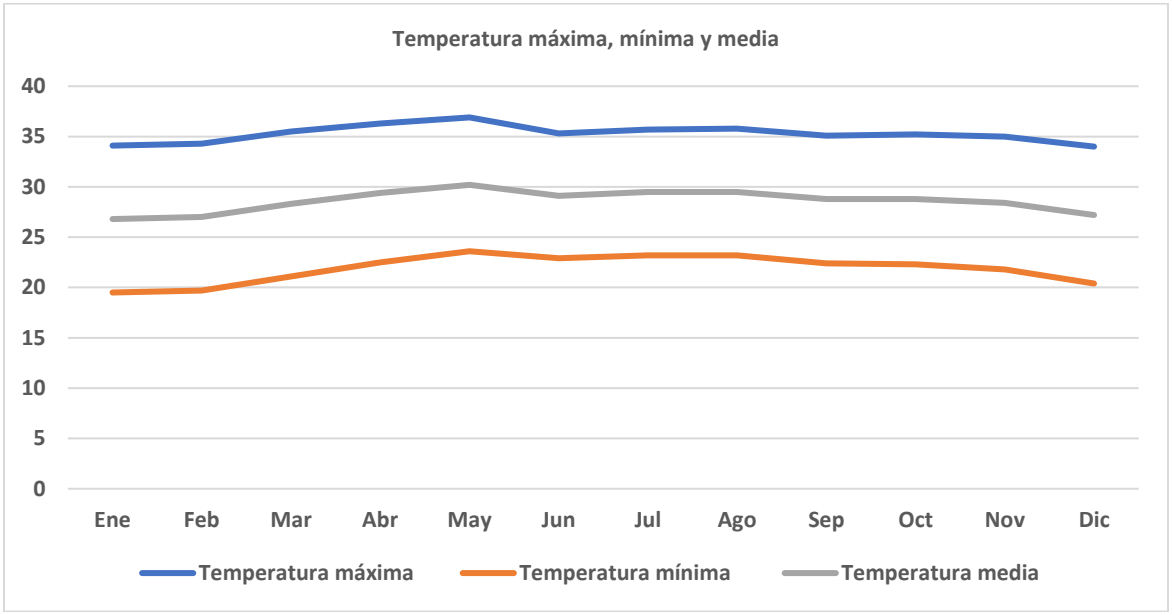


Figura 6. Temperaturas máxima, media y mínima en el SA y CUSTF.

Riesgos hidrometeorológicos

Respecto a fenómenos meteorológicos extremos, se consultaron las bases de datos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y el Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Salina Cruz (2011), identificándose los siguientes riesgos relevantes:

Ciclones tropicales: La zona presenta un riesgo bajo por la incidencia de estos fenómenos, los cuales pueden generar mareas de tormenta de hasta tres metros, incremento del nivel del mar, inundaciones, daños a la infraestructura y afectaciones a la población local. La vulnerabilidad física es grave por el tipo de construcciones.

Inundaciones: El grado de peligro es muy alto. En la zona urbana, la falta de mantenimiento a la infraestructura hidráulica y a los sistemas de drenaje disminuye la capacidad de desalojo de agua pluvial, por lo que una cantidad de lluvia menor al umbral podría causar afectaciones. Con respecto a la vulnerabilidad asociada al municipio, se cataloga como media (CENAPRED. 2017).

Tsunami. Según el Atlas de Riesgos Naturales del municipio de Salina Cruz (2011), que incluye la simulación de un Tsunami con elevación del nivel del mar de hasta 20 metros, indica que el sitio del proyecto es una zona de alto riesgo ante este fenómeno y representa una potencial afectación de gran magnitud para la zona urbana. Así mismo señala que los tipos de suelo representan un riesgo elevado al perder adherencia por contacto con la humedad.

Sismos. De acuerdo a la regionalización sísmica nacional, el municipio de Salina Cruz, está dentro de la zona D, que presenta una alta sismicidad y que se caracteriza por sismos de magnitud M>7. En la figura 7, se identifica la categoría de riesgo, de acuerdo al Atlas de Riesgo Nacional.

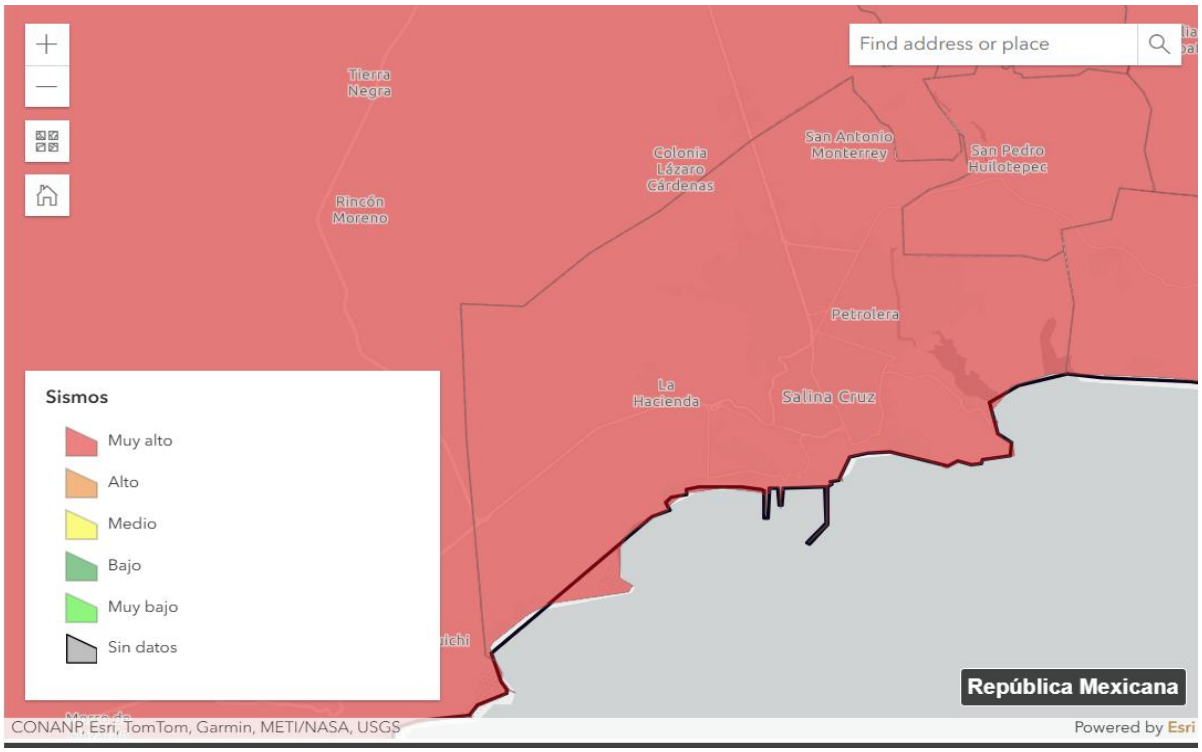


Figura 7. Riesgo muy alto de sismos en el sitio del proyecto

Fisiografía

La Sistema Ambiental definida para el análisis del proyecto, se ubica en la zona ecológica denominada costa sur, correspondiente al trópico seco y pertenece a la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur, que es la provincia de mayor complejidad geológica de México, y sus montañas están formadas por rocas de diversos tipos. La Sierra Madre del Sur abarca el 70% del territorio estatal, abarcando el Oeste, el Centro y el Sur de la entidad. Podemos encontrar rocas ígneas, sedimentarias y la mayor abundancia de rocas metamórficas del país.

El choque de las placas tectónicas de Cocos y la placa norteamericana, provocó el levantamiento de esta Sierra y ha determinado en gran parte su complejidad. Pertenece a la subprovincia Costas del Sur, que ocupa el 14.30%. Esta subprovincia comprende la angosta llanura costera del Pacífico, que va más o menos en sentido Oeste Noroeste-Este Sureste, desde las cercanías de la desembocadura del río Coahuayana, límite entre Colima y Michoacán de Ocampo, hasta Salina Cruz, Oaxaca (INEGI. 2004).

El sistema de topoformas que abarca mayor extensión es el de sierra baja compleja, unidades de este sistema se encuentran en los alrededores de San Pedro Atoyac, cerca de Villa de Tututepec de Melchor Ocampo y del Oeste de Santos Reyes Nopala a Salina Cruz (INEGI.2004). Los rangos altitudinales en el territorio municipal van desde 0 a los 600 m, sin embargo, las partes más altas dentro de SA, son de 100 m.

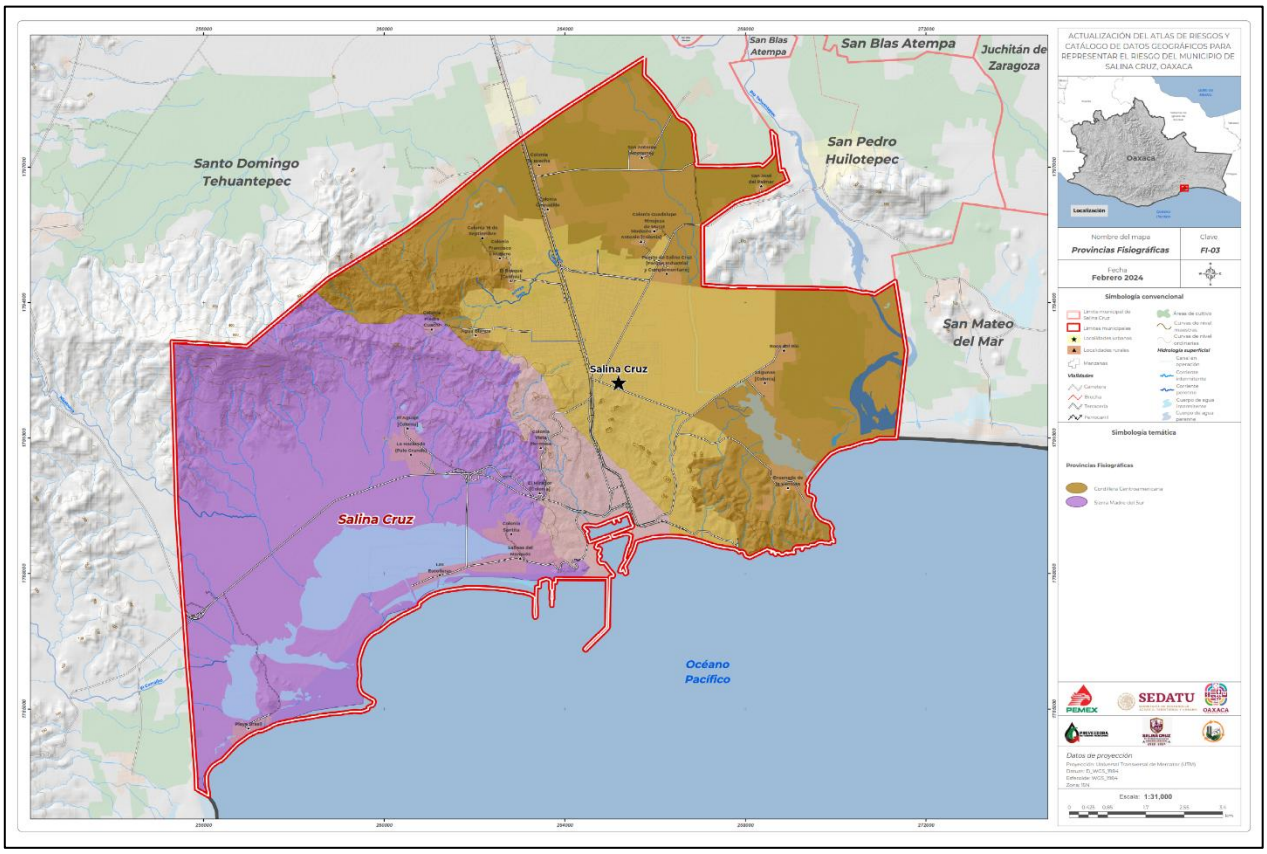


Figura 8. Provincias Fisiográficas a nivel municipal. Fuente: Provincias Fisiográficas INEGI

Geología

De acuerdo a la Carta Geológica del Servicio Geológico Mexicano (SGM), dentro de la Sistema Ambiental, se encuentran afloramientos rocosos con características cronoestratigráficas y litológicas que se mencionan en líneas adelante. La zona urbana del municipio de Salina Cruz, se desarrolla sobre tres tipos de litología: TmGD-Gr, Qhoal y Qholi, ver Anexo 15.

De acuerdo a INEGI (2005), las características de la geología existente se enmarcan en los siguientes términos:

TmGD-Gr. La mayor parte de la Sistema Ambiental, presenta asentamientos humados, estos están creciendo sobre suelo del Cuaternario y rocas ígneas intrusivas. Estas rocas corresponden a: Granodiorita GD, que es una roca plutónica que consiste esencialmente de cuarzo, plagioclasa y muy poca cantidad de feldespato alcalino y Granito Roca plutónica que consiste esencialmente de cuarzo, feldespato y plagioclasa en cantidades variables.

Qhoal. Los depósitos cuaternarios están definidos por la presencia de materiales aluviales. Los depósitos aluviales se exponen en la zona de valles, quebradas y flancos de laderas, así como en depresiones conformando rellenos, su litología consta de arenas, gravas y limos, también está conformando pequeñas terrazas. El suelo aluvial, es formado por el depósito de materiales sueltos (gravas y arenas) provenientes de rocas preexistentes, que han sido transportados por

corrientes superficiales de agua. Este nombre incluye a los depósitos que ocurren en las llanuras de inundación y los valles de los ríos.
Qholi. Este tipo de litología abarca la menor extensión de la Sistema Ambiental. Este depósito del cuaternario, está formado por materiales sueltos que se acumulan en zonas costeras por la acción de las olas y las corrientes marinas (arenas de playa).

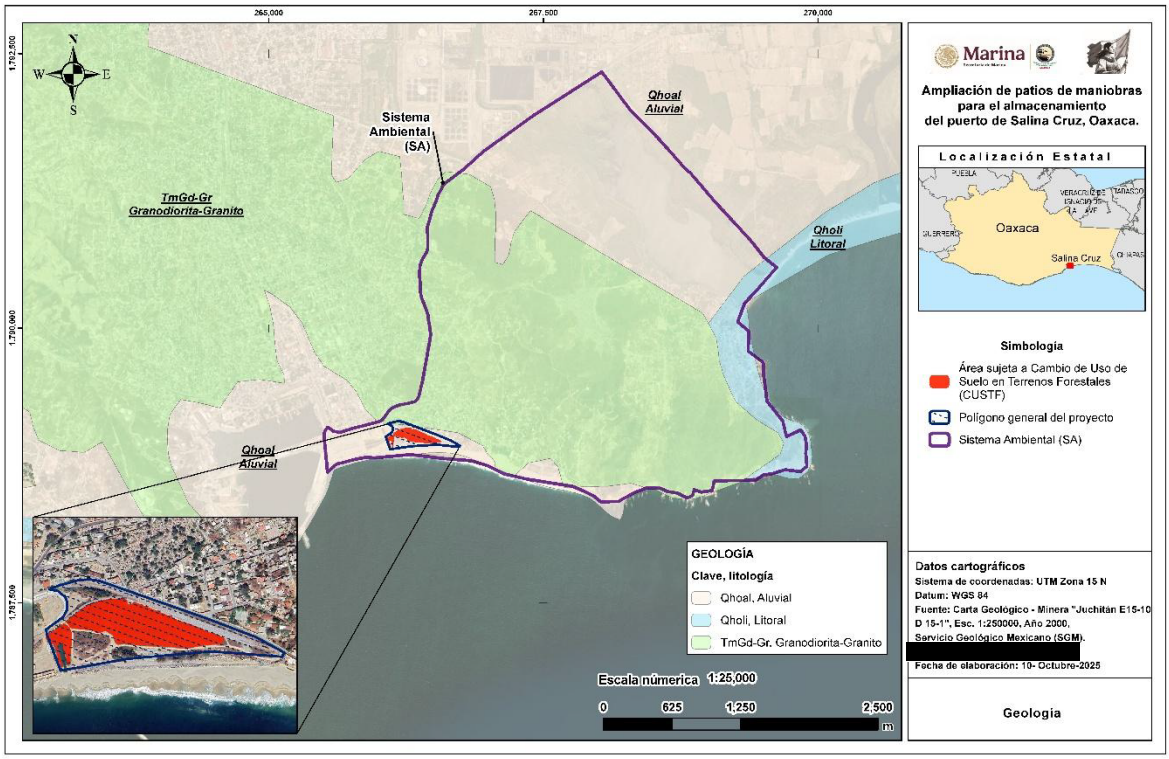


Figura 9. Geología en el Sistema Ambiental y CUSTF

Edafología

La Sistema Ambiental se localizan zonas edáficas bien definidas como producto del intemperismo provocado por los factores climáticos, el tipo de roca de origen, la fauna microbiana, la descomposición de la materia orgánica y de igual forma, por la acción directa del hombre. Según la Carta Edafológica serie III de INEGI, ver Anexo 16, los tipos de suelos predominantes en el SA, son los siguientes:

Technosol. Los Tecnosoles comprenden un nuevo Grupo de Suelos de Referencia (GSR) creado en 2006/2007 y que aglutina los suelos cuyas propiedades se encuentran originadas por un origen técnico (Madrimasd.2015). Suelos dominados o fuertemente influenciados por materiales elaborados por el hombre; del griego technikos, hábilmente hecho. El material parental, está conformado por todo tipo de materiales hechos «de alguna forma» por actividad humana, que de otro modo no aparecerían sobre la superficie de la tierra. La edafogénesis o pedogénesis en estos suelos se encuentra fuertemente afectada por los mentados materiales y su organización.

Se encuentran principalmente en áreas urbanas e industriales, en territorios de dimensiones pequeñas o moderadas, aunque distribuidos con un patrón complejo, en asociación con otros grupos. Desarrollo del perfil: Generalmente ninguno, aunque en vertederos/vaciaderos antiguos (e.g. escombros romanos) puede observarse evidencia de una pedogénesis natural, tal como translocación de arcilla. Los depósitos de lignito y hollín con el tiempo pueden exhibir propiedades vítricas o ándicas. El desarrollo original del perfil puede todavía encontrarse presente en suelos naturales contaminados.

Estos suelos contienen una cantidad significativa de artefactos (objetos reconocibles en el perfil edáfico elaborados o extraídos de la tierra por el hombre), o están sellados por material duro de naturaleza más o menos tecnológica (creados o confeccionados por los seres humanos, con propiedades diferentes a las rocas naturales). Los Tecnosoles incluyen suelos de desechos (rellenos, lodos, escorias, escombros o residuos de minería y cenizas), pavimentos con sus materiales subyacentes no consolidados, suelos con geomembranas y aquellos construidos en/sobre materiales hechos por el hombre. Los Tecnosoles son frecuentemente denominados “suelos urbanos” o de minas. Esta condición se presenta en el 20% de la superficie de la Sistema Ambiental.

Leptosol. Los Leptosoles (del griego leptos, delgado) son suelos someros y pedregosos que pueden tener roca continua en o muy cerca de la superficie. Se encuentran en todos los tipos de climas (secos, templados, húmedos) y son particularmente comunes en las zonas montañosas y en planicies calizas superficiales. El calcio que contienen puede inmovilizar los minerales, lo cual, junto con su poca profundidad y alta pedregosidad, limita su uso agrícola si no se utilizan técnicas apropiadas, por lo que debe preferirse mantenerlos con su vegetación original. Son los suelos de mayor distribución a nivel mundial con alrededor de 1 655 millones de hectáreas (IUSS, 2007). En México, los Leptosoles cubren 54.3 millones de hectáreas y son particularmente comunes en las Sierras Madre Oriental, Occidental y del Sur, las penínsulas de Yucatán y Baja California, y una vasta región del Desierto Chihuahuense (INEGI.2007). Anteriormente se conocía a este tipo de suelo como litosol. El leptosol cubre cerca del 50% del área de estudio.

Luvisol. Este tipo de suelo incide en el 30% del territorio de la Cuenca Hidrológica. Los Luvisoles (del latín luere, lavar) son suelos que se forman a partir de una gran variedad de materiales no consolidados, tales como las terrazas aluviales o los depósitos glaciales, eólicos, aluviales y coluviales. Son muy comunes en climas templados y fríos o cálidos húmedos con marcada estacionalidad de lluvia y sequía. Se encuentran dentro de los suelos más fértiles, por lo que su uso agrícola es muy elevado, sobre todo para la producción de granos pequeños, forrajes y caña de azúcar. Los Luvisoles se extienden por alrededor de 500 a 600 millones de hectáreas en el mundo y en México en 17.3 millones, siendo la Sierra Madre Occidental, Guerrero, Oaxaca, Campeche y la Península de Yucatán, algunas de sus zonas de distribución.

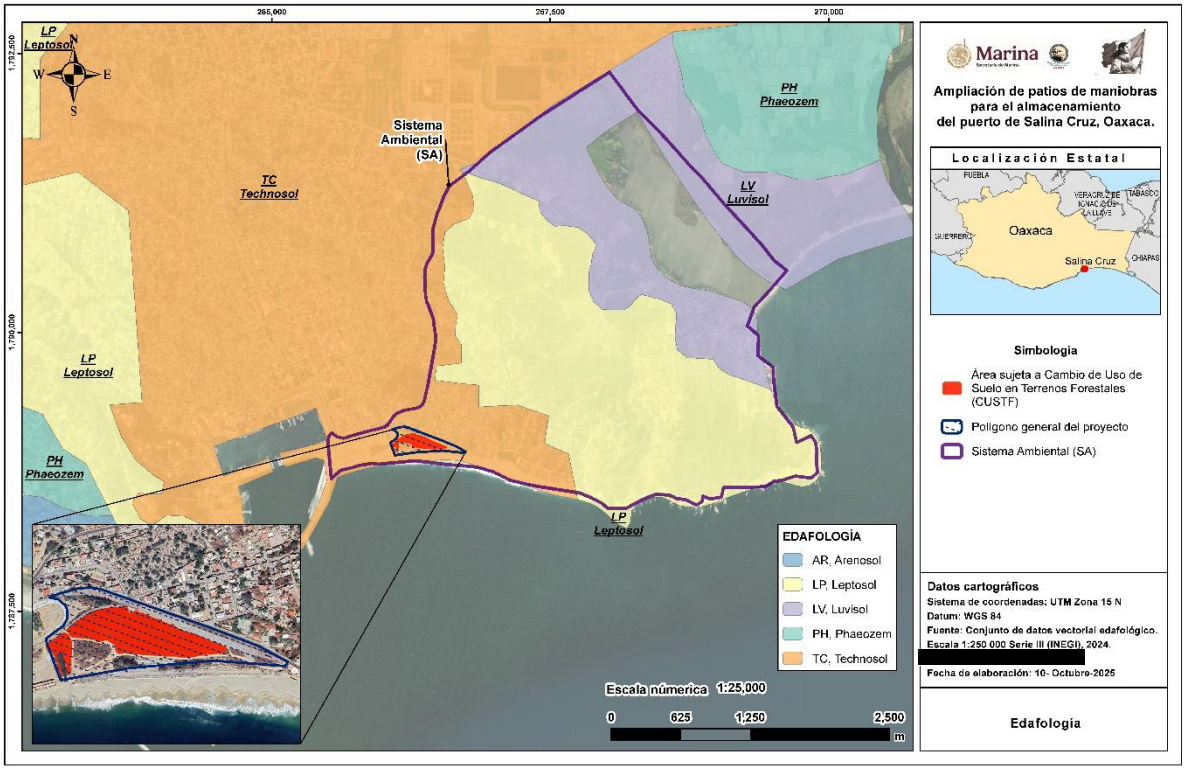


Figura 10. Edafología, Sistema Ambiental

Desde el punto de vista ambiental, se observa que el tipo Leptosol representa el tipo de suelo más ampliamente distribuido en el Sistema Ambiental. En segundo plano se encuentra el tipo de suelo Luvisol, mismo que abarca la zona donde se ubica el cuerpo y vegetación de manglar. En un tercer lugar se encuentra el suelo Technosol, en el cual se localiza el sitio del proyecto. La presencia de este tipo de suelo implica un proceso antrópico que ha impactado las condiciones originales del entorno ambiental de la zona de estudio.

En resumen, el análisis edafológico revela un patrón de suelos que transita desde condiciones costeras arenosas con baja capacidad de retención hacia suelos más fértiles tierra adentro. La presencia dominante de Technosol en el predio del proyecto es un aspecto importante a considerar en el diseño de estrategias de manejo ambiental, revegetación o restauración ecológica.

IV. 2. 2. Estado de conservación del suelo

IV.2.2.1 Estimación de la pérdida del suelo por efecto hídrico y eólico en el Sistema Ambiental.

La cobertura vegetal, el tipo y características del suelo, la geomorfología, la geología y los usos del suelo, establecen el grado de propensión del suelo a ser afectado por los agentes generadores de erosión (Leónidas, 2001). Uno de éstos, es la erosión hídrica, misma que se define como un proceso físico que consiste en el desprendimiento, transporte y deposición de

partículas, por efectos de la acción del agua. Cuando las pérdidas de suelo son mayores a la formación del mismo en condiciones naturales se presenta la erosión. Si dichas pérdidas se incrementan por la acción del hombre, se presenta la aceleración de la erosión (López, 2012).

Metodología para estimar la pérdida de suelo (erosión).

Para determinar la cantidad de material que se está removiendo en un espacio y tiempo determinado (ton/ha/año), se utilizó el Índice de Erosión de Suelos contemplado en el Manual de Ordenamiento Ecológico (SEDUE, 1988). En la determinación del índice de erosión se consideró el uso del suelo, la cubierta vegetal, características del suelo como: textura, unidad o subunidad; precipitación, pendiente del terreno, uso del suelo y topografía.

Para el cálculo de la tasa de erosión y volumen de suelo erosionable sin la ejecución del proyecto (condición actual), en el área del SA, se consideró la erosión por tipo de uso de suelo y vegetación presentes. Esta división por estratos mencionados, permite obtener un dato más certero sobre la medición del parámetro erosión tanto hídrica como eólica, ver Anexo 17 (digital).

La metodología de erosión hídrica y eólica considera la obtención de los siguientes parámetros:

1. El periodo de crecimiento (PECRE), esta medida corresponde al periodo de días en el cual existe disponibilidad de agua y temperatura favorable para el desarrollo de un cultivo. El valor se obtiene a partir de dos constantes y la precipitación media anual, para este caso la **precipitación media anual es de 880.4 mm**. La expresión matemática, es la siguiente:

PECRE: (0.2408) (Precipitación) – 0.0000372 (Precipitación)^2 – 33.1019

PECRE: (0.2408) (880.4) – 0.0000372 (880.4)^2 – 33.1019

PECRE: 150.06

2. Determinación del Subíndice de agresividad de la lluvia (IALLU). Es una constante que cuantifica la intensidad y la duración de las lluvias, así como su distribución a lo largo del año, indicando la capacidad de la lluvia para causar erosión y otros impactos.

IALLU = 1.1244 (PECRE) – 14.7875

IALLU = 1.1244*150.06 - 14.7875

IALLU=153.95

3. El parámetro de Índice de Agresividad del viento (IAVIE), se utiliza para evaluar la intensidad de la erosión eólica, es decir, el proceso de pérdida de suelo por el viento. Este índice generalmente se basa en la velocidad del viento y otros factores que influyen en su capacidad de transportar partículas de suelo. Este parámetro se obtiene mediante las siguientes constantes y datos:

IAVIE = 160.8252 – 0.7660 (PECRE)

IAVIE = 160.8252 – 0.7660* (150.06)

45.88

4. **Calificativo por erodabilidad** (**CAERO**). El Índice de ERODABILIDAD, corresponde a los tipos de suelo presentes en el SA. La unidad de suelo se compara con los valores de las tablas de tipo de suelo. El suelo de acuerdo a INEGI, corresponde a Technosol, leptosol y luvisol. Para estos

fines se considera, obtener el valor de suelo litosol dado que "Los Leptosoles, que se conocen en otras clasificaciones como Litosoles y Redzinas, son suelos muy delgados, pedregosos y poco desarrollados que pueden contener una gran cantidad de material calcáreo…" (SEMARNAT. Cap3 suelos.pdf). El suelo technosol es un suelo de nueva clasificación, que no aparece en la tabla de valores de tipo de suelo (CAERO) y para este caso se aplicara el valor asignado a un suelo tipo litosol. Para este índice se obtiene al valor de acuerdo al tipo de suelo, según la clasificación de FAO, los cuales se aprecian en el cuadro siguiente:

Tabla 3. Valores correspondientes a tipo de suelo

CAERO	Unidades de suelo						
0.5	Af	An	Bf	Bh	Cg	Ch	Ck
	E	Fa	Fh	Fo	Fp	Fr	Fx
	Gh	Gm	Hc	Hg	Hh	Hl	Jc
	Nd	Nc	Nh	Od	Oe	Ox	Qa
	Qf	Ql	Rc	Th	Tm	U	Zm
1	Ag	Ac	Bc	Bd	Be	Bg	Bk
	Ge	Gp	Jd	Je	Kh	Kk	Hl
	Lg	Lk	Lo	Ma	Hg	Ph	Pl
	Re	Sm	To	Tv	Wh	Wm	Zg
2	Ao	Ap	Bv	Bx	Dd	De	Dg
	I	Jt	La	Lp	Lv	Pf	Pg
	Pp	Rx	Sg	Vc	Vp	Wd	We
	Wx	Xh	Xk	Xl	Xy	Yh	Yk
	Xy	Yt	Zt				

I=litosol; L= Luvisol

Así, para el SA, el suelo litosol (I), el valor que lo representa es de 2.0 y para luvisol el valor correspondiente es 1.0.

5. Índice de texturas y fases (CATEX). Se obtiene la Calificación de Textura y Fase de los suelos presentes (CATEX); para el área del SA, en el suelo technosol se aplicó la textura media; la textura del suelo leptosol (de acuerdo a la carta de suelos) se presentan texturas franco arenosos y franco arcilloso, razón por la cual se asignó textura Media con un valor asignado de 0.3 de acuerdo a la tabla. En el caso de suelo luvisol la textura es arcillo arenosa, asignando textura Fina 0.1. En la siguiente tabla se muestra los valores definidos.

Tabla 4. Valores para CATEX de acuerdo a los tipos de textura

CATEX	Textura y fase
0.2	1 (Gruesa)

0.3	2 (Media)
0.1	3 (Fina)
0.5	Fase pedregoso o gravoso

6. El Factor topográfico se determina por la pendiente en porcentaje (%) CATOP. Este valor está definido por el rango de la pendiente en tres categorías, que se presentan en el cuadro siguiente:

Tabla 5. Factor topográfico (CATOP)

CATOP	Clase de pendiente	Rango	Topoforma
0.35	A	0-8%	Valle, Llanura, meseta con variación de 500 metros
3.50	B	8-30%	Lomeríos, meseta con variación de 500 a 750 metros
11.00	C	mayor 30%	Sierra, Bajada, meseta con variación mayor de 750 metros

La pendiente del SA corresponde a las clases A y B, al presentar pendientes de 2.3% a 11.75% y cuyos valores aplicables para estos rangos son de 0.35 y 3.5.

7. Vegetación y uso del suelo (CAUSO). Para el cálculo de Calificación por uso de Suelo (**CAUSO**), se consideran los tipos de vegetación y uso de suelo, de acuerdo con la siguiente tabla. En este caso para el uso de asentamientos humanos, se asignó el valor de 1; para VSa/SBC, se aplicó el concepto de vegetación secundaria y herbácea con el valor de 0.13; para el tipo de VSA/SBC asignó el concepto de toda vegetación secundaria con valor de 0.11; en tanto que para la VSa/SBk que es la zona donde se ubica el mangle, se consideró la vegetación de galería, debido a que presentan similitudes en su adaptación a condiciones de humedad y su rol en la regulación del ciclo del agua. para este caso, se aplicó en valor de 0.1.

Tabla 6. Calificación por Uso de Suelo y Vegetación

Uso del suelo y vegetación	CAUSO
Agricultura de riego y nopalera	0.8
Agricultura de temporal	0.8
Asentamientos humanos	1
Bosque de encino, Bosque de oyamel, Bosque de pino, bosque Mesófilo de montaña, Bosque mixto de pino-oyamel (incluye oyamel – pino), Bosque mixto oyamel – tepozán – pino. Selva mediana subperennifolia, Selva baja caducifolia, subcaducifolia	0.1
Bosque de encino secundario	0.11
Bosque de encino – pino	0.1
Bosque de galería	0.05

Uso del suelo y vegetación	CAUSO
Bosque de pino – encino	0.1
Bosque de pino- encino secundario y toda vegetación secundaria	0.11
Chaparral, matorral submontano, matorral espinoso tamaulipeco, matorral subtropical	0.11
Cuerpo de agua	0
Matorral desértico micrófilo y vegetación de desiertos arenosos	0.15
Matorral desértico rosetófilo	0.15
Mezquital	0.15
Vegetación secundaria arbustiva y herbácea	0.13
Pastizal halófilo	0.12
Pastizal inducido y agroforestería	0.12
Pastizal natural y sabana	0.12
Sin vegetación aparente, área de suelo baldío, sitio de extracción, terracería	0.4
Vegetación de galería	0.1
Vegetación halófila	0.12

Con base en los resultados de la metodología, se puede agrupar la erosión hídrica en 4 categorías, desde erosión nula a erosión muy alta, y a cada clase se le asignan los valores que se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Agrupación de la intensidad de la erosión hídrica en función de su valor de erosión laminar

Categoría	Valor de la erosión laminar (Ton/Ha*año)
Ligera	Menor de 12
Moderada	De 12 a 50
Alta	De 50 a 200
Muy Alta	Mayor de 200

Una vez obtenidos los anteriores valores, se sustituyen las variables en la fórmula para el cálculo de la erosión. Así, la erosión hídrica se obtiene de la ecuación siguiente:

Erosión Hídrica= IALLU*EDAF*TEXT*PEND*VEG

Para el cálculo de la tasa de erosión y volumen de suelo erosionable sin la ejecución del proyecto (condición actual), en el área del SA, se consideró la erosión por tipo de uso de suelo y vegetación presentes. Esta división por estratos mencionados, permite obtener un dato más certero sobre la medición del parámetro erosión.

Erosión hídrica Actual

Los resultados obtenidos, indican que el **índice de erosión actual** en el SA, varía de la siguiente manera: en el uso de suelo **Asentamientos humanos**, este uso de suelo, pendiente determinan la tasa de erosión **de 32.322 ton/ha/año**, siendo el valor más alto y que se cataloga como erosión **alta** y con un volumen total de suelo erosionado con **7,855.49 ton/ha/año.** En tanto que en la **VSa/SBC,** la tasa de erosión se ubica en **4.20 ton/ha/año**, ubicada en la categoría de **erosión ligera.**
En la VSA/SBC, se identificó un índice de **35.56 ton/ha/año,** en donde el factor pendiente incide en los valores obtenidos; para esta condición, la erosión se cataloga de tipo **moderada** (12-50 ton/ha/años). En este caso el volumen total de suelo erosionado alcanza las **13,486.98 ton**/año.
Para el tipo de vegetación de VSa/SBK, que la zona donde se ubica la vegetación de Mangle dentro del SA, la tasa de erosión determinada es **de 0.54 ton/ha/año**, catalogada como erosión **ligera.** En esta situación el **volumen total** de suelo erosionable es de **87.19 ton/año**.

Tabla 8. Erosión hídrica Actual

Superficie del Sistema Ambiental (869.35 ha)*								
Uso de suelo y vegetación	**IALLU**	**CAERO**	**CATEX**	**CATOP**	**CAUSO**	**Índice de Erosión (ton/ha/año)**	**Superficie (ha)**	**Erosión total del área SA (ton*año)**
AH	153.95	2.0	0.3	0.35	1	32.32	242.99	7855.49
VSa/SBC	153.95	2.0	0.3	0.35	0.13	4.20	85.29	358.45
VSA/SBC	153.95	2.0	0.3	3.5	0.11	35.56	379.25	13,486.98
VSa/SBk	153.95	1.0	0.1	0.35	0.1	0.54	161.82	87.19
Total								**21,788.12**

***Para el cálculo de erosión del SA, solamente se consideró el factor suelo, de tal forma que la superficie ocupada por el cuerpo de agua, no se considera en la superficie total del cálculo.**

Con base a los Índices obtenidos, el volumen total actual de suelo erosionable en una superficie de 869.35 ha del SA, es de **21,788.12 ton/año.**

Erosión eólica.
Con respecto a la erosión eólica, la cual se define como el desprendimiento y arrastre de las partículas del suelo ocasionado por el viento. Este fenómeno se presenta de manera predominante en las zonas áridas y semiáridas, aunque también se presenta en las regiones con escasa o nula vegetación durante la estación seca. De igual manera, se realizó el cálculo de erosión por tipo de vegetación como una forma de obtener un valor ponderado que permita identificar con mayor precisión la tasa de erosión volumen de suelo erosionable en el SA.

Estimación de la Erosión Eólica Actual.
Para el cálculo de la erosión eólica se utilizó la fórmula de erosión de suelos de acuerdo a la propuesta metodológica de la SEDUE (INEEC.1986). La metodología implica algunos cambios ya que considera la obtención de los siguientes parámetros:
Eo=IAVIE*CATEX*CAUSO.

Dónde:
E_E=Erosión eólica en ton /ha /año.
IAVIE: Índice de Agresividad del Viento.
CATEX: Calificación de textura y fase.
CAUSO: Calificación por uso del suelo.
Para la aplicación de la fórmula, se requiere también del valor del periodo de crecimiento (PECRE)

1. El periodo de crecimiento (PECRE), esta medida corresponde al periodo de días en el cual existe disponibilidad de agua y temperatura favorable para el desarrollo de un cultivo. El valor se obtiene a partir de dos constantes y la precipitación media anual. Siendo ésta la siguiente:

PERIODO DE CRECIMIENTO (PECRE)

PECRE: (0.2408) (880.4) – 0.0000372 $(880.4)^2$ – 33.1019

PECRE= 150.06

2. El parámetro de Índice de Agresividad del viento (IAVIE), corresponde al área en la cual se puede encontrar erosión eólica, aplicando la ecuación:

Índice de Agresividad del viento (IAVIE),

IAVIE = 160.8252 – 0.7660 (PECRE)

IAVIE = 160.8252 – 0.7660 (150.06)

IAVIE= 45.88

Valores superiores a **20 del IAVE**, **indican** presencia de **erosión eólica potencial.**

3. CATEX. El valor de esta variable esta dado por el tipo de textura y fase de suelos presentes en el territorio del SA. Para la obtención de esta variable, en erosión eólica, se recurre a dos tablas: para suelos no calcáreos (SUECAL C=0), y para suelos calcáreos (SUECAL C=1).

Tabla 9. Valores de suelos no calcáreos para el cálculo de la capa de calificación de textura

CATEX	Textura y fase de suelos no calcáreos
3.5	1(gruesa)
1.25	2(media)
1.85	3(fina)
1.75	1 y fase gravosa o pedregosa
0.62	2 y fase gravosa o pedregosa
0.92	3 y Fase gravosa o pedregosa

Para el presenta cálculo, los suelos son no calcáreos y se aplicó el criterio de textura de acuerdo al tipo de suelo en cada zona definida; Asentamiento Humanos se consideró asignar un valor de textura media con fase gravosa y pedregosa (valor 0.62); en el caso de VSa/SBC y VSA/SBC

con suelo leptosol de textura media (valor de 1.25) y, VSa/SBK con suelo luvisol de textura fina (con valor de 1.85).

Tabla 10. Valores de suelos calcáreos para el cálculo de la capa de calificación de textura

CATEX	Textura y Fase
3.5	1 (gruesa)
1.75	2(media)
1.85	3(fina)
0.87	Fase pedregosa o gravosa

4.- CAUSO (calificación por uso de suelo). Esta variable queda determinada a partir del uso de suelo y vegetación en el sitio, cuyos valores se presentaron anteriormente**.** De manera concreta, los valores son los siguientes: para Asentamientos humanos valor de aplicar es de 1, dado que gran parte de la superficie está cubierta por concreto y asfalto.

Para la condición de VSa/SBC el valor asignado es 0.13; en el caso de VSA/SBC le corresponde 0.11 y para la VSa/SBK se le asigna valor de 0.10.

En función de los valores que pueden tomar las variables de la fórmula para estimación de erosión eólica, las categorías de la intensidad de la erosión eólica, se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 11. Valores de suelos calcáreos para el cálculo de la capa de calificación de textura

Categoría	Valor de la erosión eólica (Ton/Ha*año)
Ligera	Menor de 12
Moderada	De 12 a 50
Alta	De 50 a 200
Muy Alta	Mayor de 200

Cálculo de pérdida de suelo por erosión eólica en el SA.

Como se mencionó en párrafos anteriores, para el cálculo de la tasa de erosión y volumen de suelo erosionable sin la ejecución del proyecto (condición actual), en el área del SA, se consideró la erosión por tipo de uso de suelo y vegetación presentes. Siendo estos: Asentamientos Humanos, VSa/SBC, VSA/SBC y VSa/SBK, en esta última corresponde a vegetación de manglar, la cual no está identificada por INEGI. Esta división por estratos mencionados, permite obtener un dato más certero sobre la medición del parámetro erosión.

Aplicando los valores a los factores utilizados en la fórmula, se tienen los siguientes resultados, señalados en la tabla 12. Memoria de cálculo de erosión, se presenta el procesamiento de los datos para determinar este parámetro.

Tabla 12. Erosión eólica actual en el SA

Uso de suelo y vegetación	IAVIE	CATEX	CAUSO	Índice de Erosión (ton/ha/año)	Superficie (ha)	Erosión total del área SA (ton*año)
AH	45.88	1.25	1	57.34	242.99	13,934.19
VSa/SBC	45.88	1.25	0.13	7.45	85.29	635.82
VSA/SBC	45.88	1.25	0.11	6.30	379.26	2,392.34
VSa/SBk	45.88	1.85	0.1	8.48	161.82	1,373.37
18,335.72 ton/año						

La estimación de la tasa de erosión eólica actual en la SA, por estrato de vegetación, se ubica en los siguientes términos:

En el estrato o zona de Asentamiento Humanos, el índice de erosión es determinado en **57.34 ton/ha/año,** siendo el **volumen total de suelo** erosionado de **13,934.19 Ton/año.**

Para el estrato de VSa/SBC el procesamiento de la información identificó un índice de erosión de **7.45 ton/ha/año** y ubicado en la categoría de erosión ligera**;** lo anterior, implica un volumen total de **635.82 ton/año** que se erosionan por el efecto eólico.

En el estrato de VSA/SBC el índice determinado es de **6.30** ton/ha/año (categoría de erosión ligera) y un volumen de suelo erosionable de **2,392.34 ton/año**

Se determinó un índice de **8.48ton/ha/año** para la **VSa/SBK** y un volumen total de suelo erosionado de 1**,373.37ton/ha/año.** Es en esta zona del humedal, donde se encuentra presente la vegetación de mangle. La condición de pendiente ligera y cobertura de la vegetación, determinan la dimensión de la tasa de erosión.

De acuerdo a estos valores, la erosión total del SA se ubica en **18,335.72 ton/año. Conforme a los datos anteriores, el área de asentamientos humanos aporta un alto volumen a la erosión eólica (46.5% del volumen total del SA).**

Derivado de los análisis de erosión hídrica y eólica, arroja que, en las condiciones actuales, sin la ejecución del proyecto y considerando la superficie de suelo en el SA (869.35 has), se estima que la erosión hídrica existente es de **21,788.12 ton/año**, en tanto que la erosión eólica es de **18,335.72** ton/año. La **suma de ambas** en el área del SA, suma un total de **40,123.84 ton/año.**

IV.2.2.2 Estimación de la pérdida del suelo por efecto hídrico y eólico en el CUSTF

La cobertura vegetal, el tipo y características del suelo, la geomorfología, la geología y los usos del suelo, establecen el grado de propensión del suelo a ser afectado por los agentes generadores de erosión (Leónidas, 2001). Uno de éstos, es la erosión hídrica, misma que se define como un proceso físico que consiste en el desprendimiento, transporte y deposición de partículas, por efectos de la acción del agua. Cuando las pérdidas de suelo son mayores a la formación del mismo en condiciones naturales se presenta la erosión. Si dichas pérdidas se incrementan por la acción del hombre, se presenta la aceleración de la erosión (López, 2012).

Erosión Actual y potencial del suelo. El valor de la erosión actual representa la tasa de erosión que existe en el sitio. El valor de la erosión potencial indica la cantidad de suelo que se pierde por efectos de la remoción de la vegetación en el área sujeta a CUSTF.
Metodología. Para estimar la perdida de suelo por procesos erosivos hídricos y eólicos en el área sujeta a CUSTF, se utilizó la metodología de la SEDUE, considerada en el manual de ordenamiento ecológico (SEDUE 1988).

Estimación de la Erosión Hídrica Actual del área del Proyecto sujeta a CUSTF.
Para el cálculo de la erosión se utilizó la fórmula de erosión de suelos de acuerdo a la propuesta metodológica de la SEDUE (1988). En la determinación del índice de erosión hídrica se considera; el uso del suelo, la cubierta vegetal, características del suelo como textura, unidad o subunidad, precipitación, pendiente del terreno, y topografía, contemplados en el manual antes mencionado. Así, la erosión hídrica se obtiene de la ecuación siguiente:
Erosión Hídrica= **IALLU x CAERO x CATEX x CATOP x CAUSO**
El cálculo de erosión hídrica considera la obtención de los siguientes parámetros:
1. El periodo de crecimiento (PECRE), esta medida corresponde al periodo de días en el cual existe disponibilidad de agua y temperatura favorable para el desarrollo de un cultivo. El valor se obtiene a partir de dos constantes y la precipitación media anual, para este caso la **precipitación media anual es de 880.4 mm**. La expresión matemática, es la siguiente:

PECRE: (0.2408) (Precipitación) – 0.0000372 (Precipitación)^2 – 33.1019

PECRE: (0.2408) (880.4) – 0.0000372 (880.4)^2 – 33.1019

PECRE: 150.06

2. Determinación del Subíndice de agresividad de la lluvia (IALLU). Es una medida que cuantifica la intensidad y la duración de las lluvias, así como su distribución a lo largo del año, indicando la capacidad de la lluvia para causar erosión y otros impactos
IALLU = 1.1244 (**PECRE**) – 14.7875
IALLU = 1.1244*150.06- 14.7875
IALLU=153.95

3. El parámetro de Índice de Agresividad del viento (IAVIE), se utiliza para evaluar la intensidad de la erosión eólica, es decir, el proceso de pérdida de suelo por el viento. Este índice generalmente se basa en la velocidad del viento y otros factores que influyen en su capacidad de transportar partículas de suelo. Este parámetro se obtiene mediante las siguientes constantes y datos:

IAVIE = 160.8252 – 0.7660 (**PECRE**)
IAVIE = 160.8252 – 0.7660* (150.06)
45.88

4. Calificativo por erodabilidad (**CAERO**). El Índice de ERODABILIDAD, corresponde al tipo de suelo presente. La unidad de suelo se compara con los valores de las tablas de tipo de suelo. El suelo de acuerdo a INEGI, corresponde a Technosol, es un suelo de reciente denominación y

que puede estar constituido de diferentes materiales dependiendo de su origen. Para estos fines se considera, obtener el valor de suelo litosol dado que "Los Leptosoles, que se conocen en otras clasificaciones como Litosoles y Redzinas, son suelos muy delgados, pedregosos y poco desarrollados que pueden contener una gran cantidad de material calcáreo…" (SEMARNAT. Cap3 suelos.pdf). El suelo technosol es un suelo de nueva clasificación, que no aparece en la tabla de valores de tipo de suelo (CAERO) y para este caso se aplicara el valor asignado a un suelo tipo litosol.

Para estos fines se compara con un litosol (clasificación de la FAO), esto en función que los litosoles son suelos delgados, con alto contenido de piedras y/o rocas y con una capa orgánica muy ligera. Para este índice se obtiene al valor de acuerdo al tipo de suelo, según la clasificación de FAO, los cuales se aprecian en el cuadro siguiente:

Tabla 13. Erosión eólica actual en el SA

CAERO	Unidades de suelo						
0.5	Af	An	Bf	Bh	Cg	Ch	Ck
	E	Fa	Fh	Fo	Fp	Fr	Fx
	Gh	Gm	Hc	Hg	Hh	Hl	Jc
	Nd	Nc	Nh	Od	Oe	Ox	Qa
	Qf	Ql	Rc	Th	Tm	U	Zm
1	Ag	Ac	Bc	Bd	Be	Bg	Bk
	Ge	Gp	Jd	Je	Kh	Kk	Hl
	Lg	Lk	Lo	Ma	Hg	Ph	Pl
	Re	Sm	To	Tv	Wh	Wm	Zg
2	Ao	Ap	Bv	Bx	Dd	De	Dg
	I	Jt	La	Lp	Lv	Pf	Pg
	Pp	Rx	Sg	Vc	Vp	Wd	We
	Wx	Xh	Xk	Xl	Xy	Yh	Yk
	Xy	Yt	Zt				

Para el proyecto, **el suelo del área sujeta CUSTF, corresponden a un technosol y para fines de la metodología se equiparo con Litosol (I), el valor que lo representa es de 2.0**

5. Índice de texturas y fases (CATEX). Se obtiene la Calificación de Textura y Fase de los suelos presentes (CATEX); para el área sujeta CUSTF es de textura MEDIA y un valor asignado de 0.3; en la siguiente tabla se muestra los valores definidos.

Tabla 14. Valores para CATEX de acuerdo a los tipos de textura

CATEX	Textura y fase
0.2	1 (Gruesa)
0.3	2 (Media)
0.1	3 (Fina)
0.5	Fase pedregoso o gravoso

6. El Factor topográfico se determina por la pendiente en porcentaje (%) CATOP. Este valor está definido por el rango de la pendiente en tres categorías, que se presentan en el cuadro siguiente:

Tabla 15. Factor topográfico (CATOP)

CATOP	Clase de pendiente	Rango	Topoforma
0.35	A	0-8%	Valle, Llanura, meseta con variación de 500 metros
3.50	B	8-30%	Lomeríos, meseta con variación de 500 a 750 metros
11.00	C	mayor 30%	Sierra, Bajada, meseta con variación mayor de 750 metros

La pendiente del área de CUSTF corresponde a clase A, al presentar una pendiente menor al 2.8% y cuyo valor para este factor es de 0.35.

7. Vegetación y uso del suelo (CAUSO). De acuerdo al inventario florístico, existe Vegetación Secundaria de Mangle, por lo tanto, se utilizó el criterio de **Toda vegetación secundaria** con el valor de **0.1**

Tabla 16. Calificación por Uso de Suelo y Vegetación

Uso del suelo y vegetación	CAUSO
Agricultura de riego y nopalera	0.8
Agricultura de temporal	0.8
Asentamientos humanos	1
Bosque de encino, Bosque de oyamel, Bosque de pino, bosque Mesófilo de montaña, Bosque mixto de pino-oyamel (incluye oyamel – pino), Bosque mixto oyamel – tepozán – pino. Selva mediana subperennifolia, Selva baja caducifolia, subcaducifolia	0.1
Bosque de encino secundario	0.11
Bosque de encino – pino	0.1
Bosque de galería	0.05
Bosque de pino – encino	0.1
Bosque de pino- encino secundario y toda vegetación secundaria	0.11
Chaparral, matorral submontano, matorral espinoso tamaulipeco, matorral subtropical	0.11

Uso del suelo y vegetación	CAUSO
Cuerpo de agua	0
Matorral desértico micrófilo y vegetación de desiertos arenosos	0.15
Matorral desértico rosetófilo	0.15
Mezquital	0.15
Vegetación secundaria arbustiva y herbácea	0.13
Pastizal halófilo	0.12
Pastizal inducido y agroforestería	0.12
Pastizal natural y sabana	0.12
Sin vegetación aparente, área de suelo baldío, sitio de extracción, terracería	0.4
Vegetación de galería	0.1
Vegetación halófila	0.12

Con base en los resultados se puede agrupar la erosión hídrica en 4 categorías, desde erosión ligera a erosión muy alta, y a cada clase se le asignan los valores que se muestran en la tabla 17.

Tabla 17. Agrupación de la intensidad de la erosión hídrica en función de su valor de erosión laminar

CATEGORÍA	VALOR DE LA EROSIÓN LAMINAR (TON/HA*AÑO)
Ligera	Menor de 12
Moderada	De 12 a 50
Alta	De 50 a 200
Muy Alta	Mayor de 200

Una vez obtenidos los anteriores valores, se sustituyen las variables en la fórmula para el cálculo de la erosión.

Estimación de la erosión hídrica Actual

Los resultados obtenidos, indican que el **nivel de erosión actual es de 3.55 ton/ha/año,** tomando en cuenta que la superficie del área sujeta a cambio de uso del suelo es de 3.92 ha, el volumen actual de suelo que se erosiona por efecto hídrico es de 13.94 ton/año. De tal forma que la erosión actual se cataloga como **erosión moderada.**

Tabla 18. Erosión hídrica Actual

EH= IALLU X CAERO X CATEX X CATOP X CAUSO						
SUPERFICIE DEL ÁREA DE CUSTF (3.92 HA)						
IALLU	CAERO	CATEX	CATOP	CAUSO	EROSIÓN (TON/HA/AÑO)	EROSIÓN TOTAL DEL ÁREA SUJETA CUSTF (TON/AÑO)
153.954	**2.0**	**0.3**	**0.35**	**0.10**	**3.55**	**13.94**

Estimación de la Erosión Eólica Actual del área del Proyecto sujeta a CUSTF.

Con respecto a la erosión eólica, la cual se define como el desprendimiento y arrastre de las partículas del suelo ocasionado por el viento. Este fenómeno se presenta de manera predominante en las zonas áridas y semiáridas, aunque también se presenta en las regiones con escasa o nula vegetación durante la estación seca. Es importante considerar que debido a la naturaleza del proyecto existirá remoción de cobertura vegetal en 3.92 ha, situación que puede potencializar el riesgo por erosión eólica en el sitio del proyecto.

Para el cálculo de la erosión eólica se utilizó la fórmula de erosión de suelos de acuerdo a la propuesta metodológica de la SEDUE (INEEC.1986). esta metodología difiere de la aplicada en erosión hídrica al considerar la agresividad del viento y la textura la define para suelos calcáreos y no calcáreos. La metodología implica la obtención de los siguientes parámetros:

Eo=IAVIE*CATEX*CAUSO.

Dónde:

E_E=Erosión eólica en ton /ha /año.

IAVIE: Índice de Agresividad del Viento.

CATEX: Calificación de textura y fase.

CAUSO: Calificación por uso del suelo.

Para la aplicación de la fórmula, se requiere también del valor del periodo de crecimiento (PECRE)

4. El periodo de crecimiento (PECRE), esta medida corresponde al periodo de días en el cual existe disponibilidad de agua y temperatura favorable para el desarrollo de un cultivo. El valor se obtiene a partir de dos constantes y la precipitación media anual. Siendo ésta la siguiente:

PERIODO DE CRECIMIENTO (PECRE)

PECRE: (0.2408) (880.4) – 0.0000372 $(880.4)^2$ – 33.1019

PECRE= 150.06

5. El parámetro de Índice de Agresividad del viento (IAVIE), se refiere a la capacidad de la fuerza del viento para generar en la superficie terrestre, aplicando la ecuación:

Índice de Agresividad del viento (IAVIE),

IAVIE = 160.8252 – 0.7660 (PECRE)

IAVIE = 160.8252 – 0.7660 (150.06)

IAVIE= 45.88

Valores superiores a 20 del IAVE, indican presencia de erosión eólica potencial

3. CATEX. El valor de esta variable esta dado por el tipo de textura y fase de suelos presente en el área de CUSTF. Para la obtención de esta variable, en erosión eólica, se recurre a dos tablas: para suelos no calcáreos (SUECAL C=0), y para suelos calcáreos (SUECAL C=1).

Tabla 19. Valores de suelos no calcáreos para el cálculo de la capa de calificación de textura

CATEX	TEXTURA Y FASE DE SUELOS NO CALCÁREOS
3.5	1(gruesa)
1.25	2(media)
1.85	3(fina)
1.75	1 y fase gravosa o pedregosa
0.62	2 y fase gravosa o pedregosa
0.92	3 y Fase gravosa o pedregosa

Tabla 20. Valores de suelos calcáreos para el cálculo de la capa de calificación de textura

CATEX	TEXTURA Y FASE
3.5	1 (gruesa)
1.75	2(media)
1.85	3(fina)
0.87	Fase pedregosa o gravosa

4.- CAUSO (calificación por uso de suelo). Esta variable queda determinada a partir del uso de suelo y vegetación en el sitio, cuyos valores se presentaron anteriormente.

En función de los valores que pueden tomar las variables de la fórmula para estimación de erosión eólica, las categorías de la erosión eólica se muestran en la **tabla 21**.

Tabla 21. Agrupación de la intensidad de la erosión eólica

CATEGORÍA	VALOR DE LA EROSIÓN EÓLICA (TON/HA*AÑO)
Ligera	Menor de 12
Moderada	De 12 a 50
Alta	De 50 a 200
Muy Alta	Mayor de 200

Cálculo de pérdida de suelo por erosión eólica en área de CUSTF.

Aplicando los valores a los índices utilizados, se tienen los siguientes resultados, señalados en la siguiente tabla.

Tabla 22. Erosión eólica actual en el área de CUS

EROSIÓN EÓLICA = IAVIE * CATEX * CAUSO				
IAVIE	CATEX	CAUSO	TASA DE EROSIÓN (TON/HA/AÑO)	EROSIÓN TOTAL DEL ÁREA SUJETA A CUSTF (TON/AÑO)
45.88	**1.25**	**0.10**	**6.31**	**24.72**

La estimación de la tasa de erosión eólica actual se ubica en **6.31 ton/ha/año**, que representa un grado de erosión ligera. En tanto que el volumen total de erosión eólica en la superficie del área sujeta a CUTSF corresponde a **24.72 ton/año.**
Derivado de los análisis de erosión hídrica y eólica, en las condiciones actuales se estima que se presenta una pérdida de suelo, sin la ejecución del proyecto y considerando la superficie del área de CUSTF (3.92 has), se estima que en el área del proyecto da un total de **volumen de suelo** erosionable de **38.67 ton/año.**

Muestreos de suelos. Con el propósito de tener un mejor panorama de la calidad del suelo en el área del CUSTF, se llevaron a cabo muestreos de suelo en tres puntos dentro del área de CUSTF para conocer la presencia o ausencia de contaminantes como hidrocarburos, metales pesados y de la textura del suelo, ver Anexo 18. El procedimiento analítico se desarrolló conforme a lo establecido en las normas oficiales mexicanas aplicables:

- **NOM-021-SEMARNAT-2000**, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y textura del suelo;
- **NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012**, que define los límites máximos permisibles de hidrocarburos y las especificaciones para la caracterización y remediación de suelos contaminados; y
- **NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004**, que determina los criterios para la evaluación de suelos contaminados por metales pesados y metaloides

Los puntos de muestreo se presentan en las figuras 11. Figura 12 y figura 13.

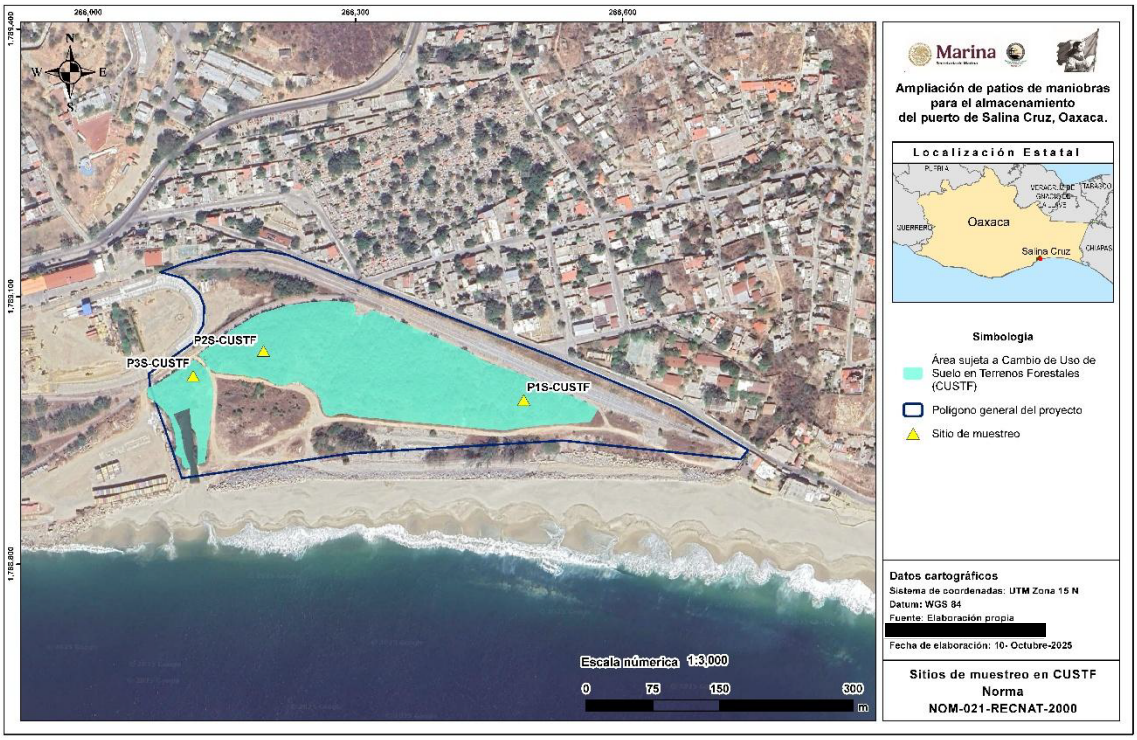


Figura 11. Puntos de muestreo de suelo en sitio CUSTF, conforme la NOM-021-SEMARNAT-2000

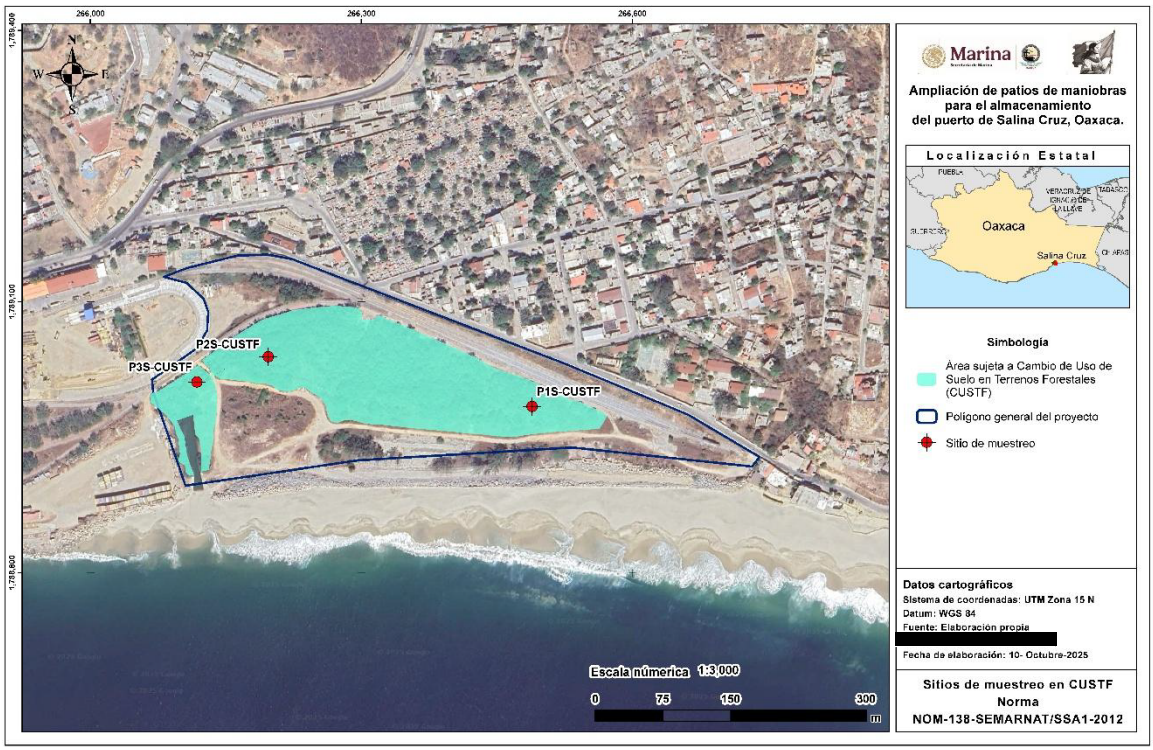


Figura 12. Puntos de muestreo de suelo en sitio CUSTF, conforme la NOM-138-SEMARNAT-2012

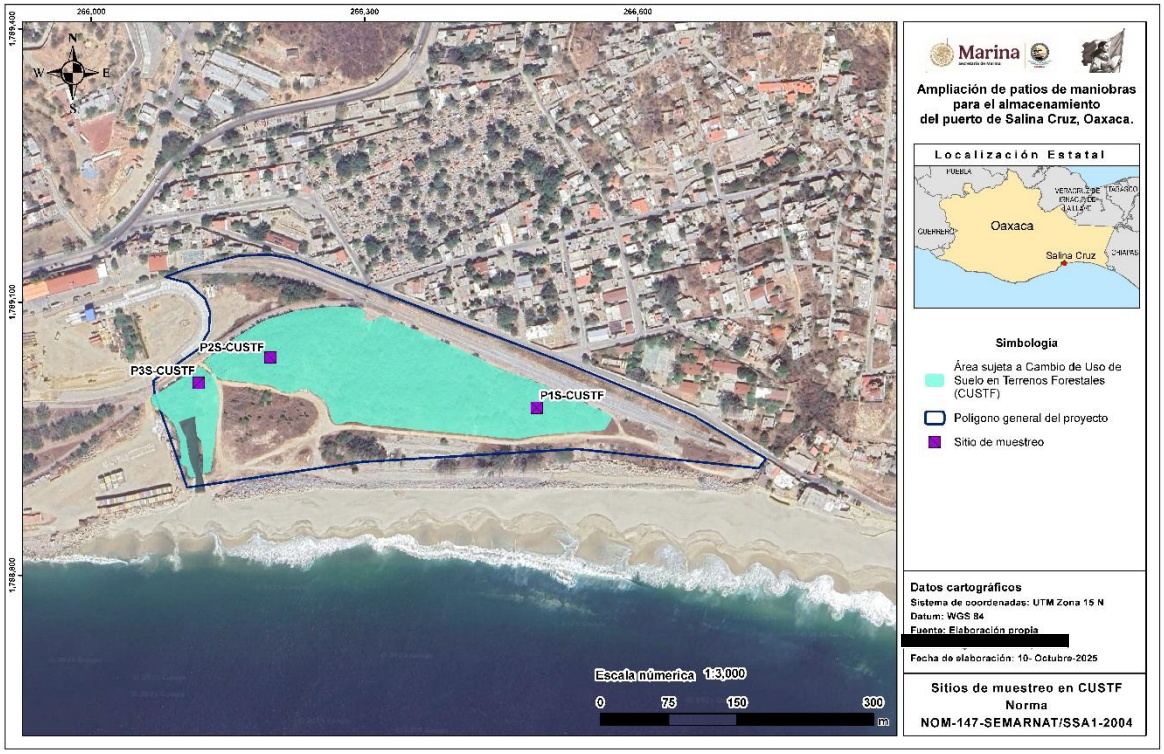


Figura 13. Puntos muestreo en suelos en sitio CUSTF conforme a la NOM -147-SEMARNAT/SSA1-2004

Los resultados obtenidos señalan lo siguiente:

De acuerdo con la **NOM-021-SEMARNAT-2000,** los resultados manifiestan que presentan una textura franca arcillo arenosa, por lo tanto, son suelos con un buen drenaje y capacidad de retener nutrientes. No obstante, el agua que está entrando al manglar no es de buena calidad ya que las aguas residuales descargan directamente en dicha zona sin un tratamiento previo, por lo que se podría inferir que el mangle se encuentra sometido a estrés debido a la continua filtración del agua por la cantidad alta en sedimentos que acarrea y altas cantidades de materia orgánica.

Para identificar y cuantificar la presencia de hidrocarburos totales de petróleo y sus fracciones (ligera, media y pesada), así como de compuestos aromáticos (BTEX y HAP’s), el muestreo y análisis se fundamentó en la NOM-138-SEMARNAT-2012, los resultados de laboratorio arrojaron que la zona sujeta a cambio de uso de suelo no presenta contaminación por hidrocarburos y sus derivados.

En el estudio de metales pesados y metaloides, se analizaron 12 elementos y con un uso de suelo **Agrícola, residencial y comercial**, esta clasificación de uso de suelo se consideró por ser el valor más estricto para efectos del análisis e interpretación de resultados, y se determinó que en la superficie del área sujeta a CUS, estos elementos se encontraron por debajo de las concentraciones de Referencia totales (CRt) con base en la **NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004,** *Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados*

por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio.

Los elementos Bario y Plomo, si bien es cierto se encontraron por debajo de CRt, se ubicaron por arriba del límite de cuantificación del método de análisis; las referencias señalan que las descargas de tipo industrial y la descarga de aguas residuales altamente contaminadas, son factores de contaminación por estos elementos. Altas concentraciones de materia orgánica aportadas por las aguas residuales, como es el caso, pueden propiciar la retención de plomo, reduciendo su movilidad y ser más biodisponible en el ecosistema.

Los resultados del análisis de calidad de suelos se presentan en el **Anexo digital.**

Degradación de suelos

De acuerdo con el mapa temático de Degradación del suelo elaborado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), titulado "Degradación del Suelo en la República Mexicana" (Escala 1:250 000, 2004), se identificó el Sistema Ambiental del proyecto "Ampliación de patios de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca", ver Anexo 19**.**

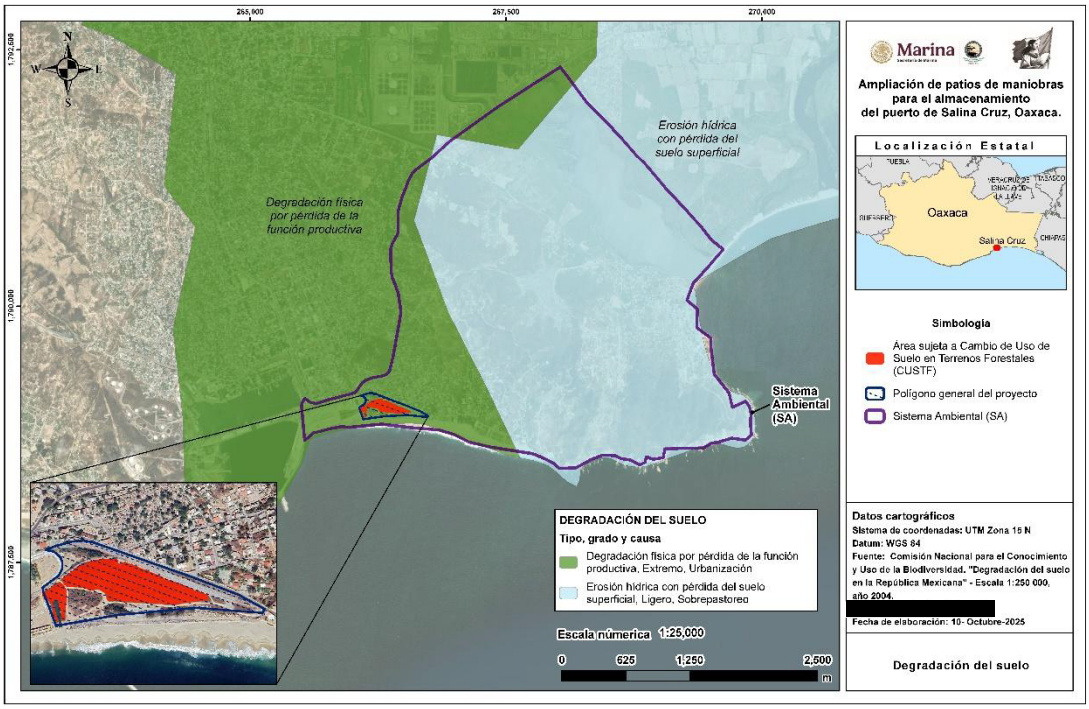


Figura 14. Degradación del suelo en el Sistema Ambiental

Desde una perspectiva ambiental, es relevante destacar que la Sistema Ambiental está sujeta a este tipo de degradación, la cual puede verse intensificada por factores ambientales adicionales como:

-Erosión hídrica, debido a la cercanía al litoral y la exposición directa a lluvias intensas y escurrimientos.
-Lixiviación, que favorece la perdida de nutrientes esenciales.
-Salinización, principalmente en suelos mal drenados o cercanos a cuerpos marinos.
Estos procesos tienden a disminuir la productividad edáfica, limitar el establecimiento de vegetación natural o inducida, y aumentar la susceptibilidad del terreno a la degradación progresiva, sobre todo de degradación física asociada al proceso antrópico que impacta sobre el elemento suelo.
Por lo tanto, el tipo de suelo presente en el SA, junto con su estado de degradación identificado, representan un factor ambiental clave a considerar en el diseño de estrategias de restauración y planificación del uso del terreno.

Hidrología
Con base en la información del INEGI (2004), se menciona que en el estado de Oaxaca se presentan serios contrastes en la disponibilidad regional y temporal del recurso agua, dado que, regiones como la Cañada y la Mixteca registran valores raquíticos de precipitación, que no facilitan la acumulación de agua en grandes cantidades; en cambio, en las sierras Mazateca, Juárez, Madre del Sur y Atravesada, se reportan algunas de las láminas de lluvia más altas del país. El balance general del estado en relación con los volúmenes utilizados contra los escurrimientos y disponibilidad en los acuíferos es positivo. Actualmente, la actividad industrial no presenta un desarrollo que demande grandes volúmenes de agua (excepto en Salina Cruz por la influencia de la Refinería Antonio Dovalí), en general el incremento constante en la demanda del recurso es para uso doméstico, que genera el problema del manejo de grandes volúmenes de aguas negras. Es conocida la importancia del agua como sostén de los diferentes ecosistemas, hay zonas de la entidad que comienzan a tener problemas de saneamiento que repercuten en la variedad y en la calidad de vida de las distintas especies animales y vegetales.
De acuerdo con INEGI (1986), en su carta temática de hidrología superficial escala 1:250,000. el área que ocupa la Sistema Ambiental se localiza en la región hidrológica número 21 Costa de Oaxaca (Puerto Ángel).
La Región Hidrológica 21 Costa de Oaxaca, se encuentra ubicada en el Sureste de la República Mexicana, en la región de la costa del Estado de Oaxaca, y abarca una superficie 10,225.68 kilómetros cuadrados. Esta región hidrológica está perfectamente definida desde el punto de vista hidrológico, y comprende una zona costera relativamente angosta, que va desde la desembocadura del Río Verde o Atoyac hasta la desembocadura del Río Tehuantepec, cerca de Salina Cruz. Su límite Norte está constituido por la Sierra Madre del Sur, y tanto hacia el Suroeste, como hacia el Sureste colinda con el Océano Pacífico, excepto en un pequeño tramo situado en el extremo Este donde tiene como límite al Golfo de Tehuantepec.
La Región hidrológica, cuenta con un gran desarrollo del litoral, y por constituir una vertiente directa, se forman corrientes de longitud relativamente corta que bajan de la Sierra Madre del Sur desde cumbres muy elevadas, ya que en su parte más alta el parteaguas que limita por el Norte a la región hidrológica alcanza una altitud de 3,800 msnm, en las inmediaciones de Santiago Lapaguía, cerca de los orígenes del Río Copalita. El sistema hidrológico está constituido por los ríos San Francisco, Grande, Colotepec Manialtepec, Cozoaltepec, Tonameca, Coyula, Zimatán, Ayuta, Huamelula o Astata y Mazatán, como las principales corrientes que

forman la región hidrológica número 21 Costa de Oaxaca. Esta región, abarca el 10.89% de la superficie estatal, drenando las aguas del sur de la entidad hacia el Océano Pacífico. Las cuencas de esta región hidrológica y la porción del territorio estatal que cubren son: Río Astata y otros (2.92%), Río Copalita y otros (4.03%) y Río Colotepec y otros (3.94%).

De tal manera que, en el SA, se localiza en la Cuenca RH21A Río Astata y otros y, de manera específica en la Subcuenca RH21Aa Salina Cruz. En la Subcuenca Salina Cruz, dominan terrenos de baja permeabilidad. Las isoyetas son del orden de 800 a 1,200 mm. Las unidades de escurrimiento de 10 a 20% son de mayor extensión en la Subcuenca, las zonas que entran en el rango que va de 0 a 5% tienen alta permeabilidad, la pendiente del terreno es baja y la densidad de vegetación es media (Atlas de riesgo Salina Cruz. 2011), ver Anexo 20.

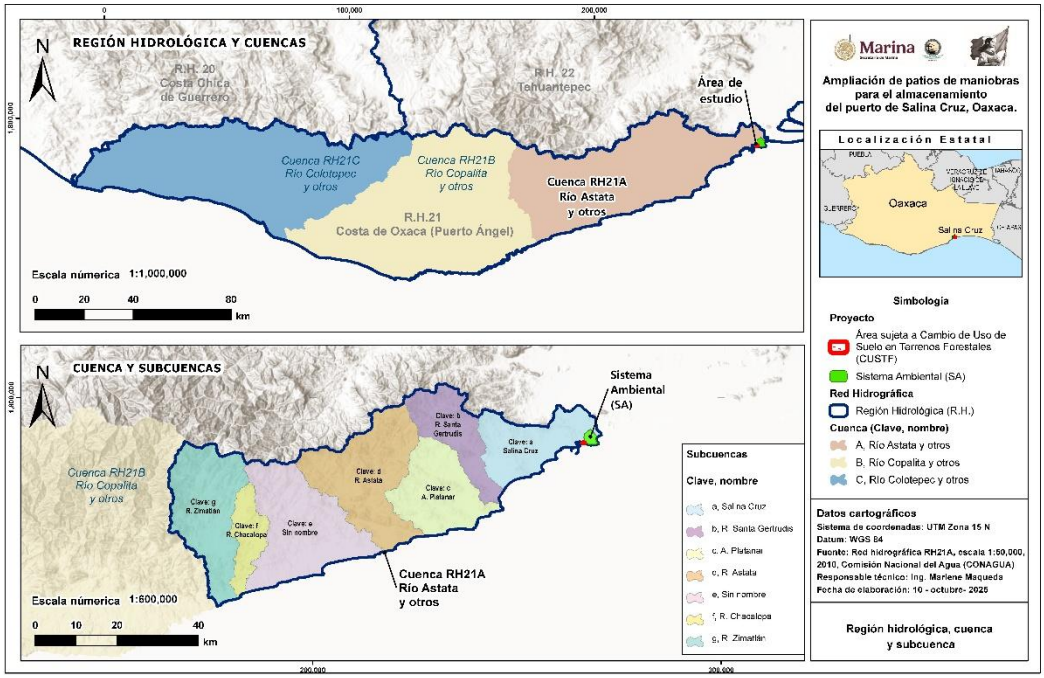


Figura 15. Ubicación del proyecto en relación con la Región Hidrológica, Cuenca y Subcuenca

Hidrología Superficial

Como se mencionó anteriormente, el sitio del proyecto se localiza de manera específica en la Subcuenca RH21Aa Salina Cruz.

El análisis cartográfico evidencia que, en el Sistema Ambiental, donde se localiza el proyecto "Ampliación de patio de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca" hay un arroyo y cuerpo de agua de importancia ambiental en la zona. El arroyo tiene una longitud de 3,259m, esta corriente se encuentra canalizada en la porción que cruza la refinería "Antonio Dovalí Jaime" y alimenta el cuerpo de agua o humedal, cuya longitud es de 2,234m, asimismo el humedal es alimentado por otras corrientes de carácter intermitente que escurren desde lomeríos cercanos. Es notorio señalar que humedal alberga un área importante de manglar.

Los dos cuerpos de agua importantes ya señalados, se localizan a aproximadamente 2.5km del sitio del proyecto. Esta lejanía y la topografía indican que no hay influencia directa de la dinámica hidrológica sobre el sitio del proyecto, tanto en lo relativo al escurrimiento superficial como a la interacción entre aguas continentales.

En el entorno inmediato del proyecto se reconoce la presencia de un escurrimiento superficial de carácter intermitente, el cual conduce flujos únicamente durante eventos de precipitación. Este escurrimiento presenta alteraciones por influencia antrópica, funcionando en ocasiones como vía de conducción de aguas pluviales y descargas urbanas, sin constituir un sistema hidrológico natural o permanente.

Es importante precisar que dicho escurrimiento descarga hacia un área intervenida dentro del recinto portuario, la cual ha sido previamente designada como zona de reforestación y monitoreo ambiental en el marco de un proyecto distinto, autorizado mediante oficio SRA/DGIRA/DG/04099 de fecha 24 de agosto de 2021 por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Por lo tanto, esta zona de reserva no forma parte del presente proyecto, aunque se considera dentro del análisis regional por su proximidad y contexto ambiental.

En este sentido, si bien en dicha área se observa vegetación de manglar y especies asociadas, las condiciones hidrológicas actuales responden principalmente a procesos antrópicos, sin que ello implique una conexión funcional directa con el sitio del proyecto.

Por tratarse de una zona costera, la hidrología superficial del entorno está influenciada por el régimen de lluvias, los escurrimientos intermitentes y, de manera indirecta, por la dinámica mareal, la cual puede incidir en la calidad del agua y en el comportamiento de los flujos durante eventos hidrometeorológicos extremos.

En conclusión, el sitio del proyecto no presenta interacción directa con cuerpos de agua permanentes ni sistemas hidrológicos funcionales; sin embargo, por su ubicación en un entorno costero y urbanizado, se considera necesario implementar medidas de manejo de escurrimientos pluviales, control de erosión y prevención de contaminación, a fin de garantizar la protección de los recursos hídricos superficiales en el área de influencia. En este sentido, se prevé la construcción y mantenimiento de obras de drenaje pluvial que permitan la conducción controlada de escurrimientos, evitando procesos de erosión, encharcamientos y arrastre de sedimentos. Asimismo, se establecerán acciones para prevenir la contaminación del agua, tales como el manejo adecuado de residuos, la prohibición de descargas directas y la implementación de buenas prácticas durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación, ver Anexo 21.

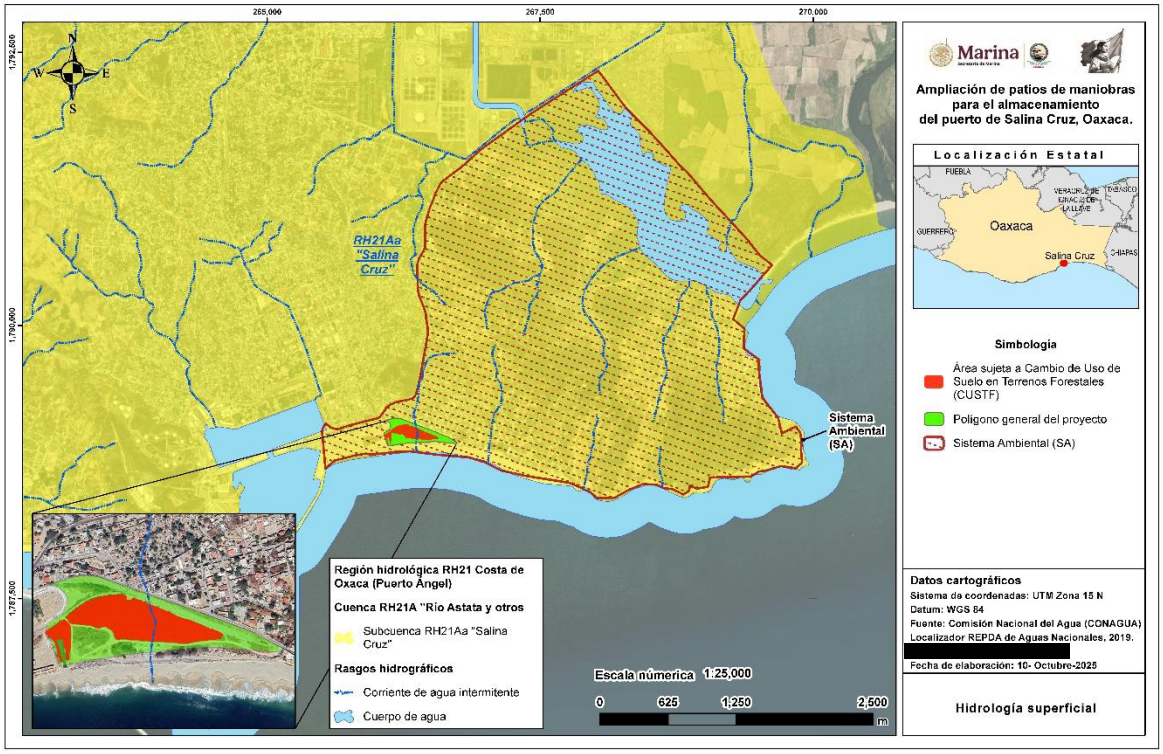


Figura 16. Hidrología superficial, Sistema Ambiental

Región Hidrológica 21, Costa de Oaxaca (RH21, es donde se inscribe el sitio del proyecto. y es en la Subcuenca Salina Cruz, donde se localiza el sitio del proyecto, dominan terrenos de baja permeabilidad. Las isoyetas son del orden de 800 a 1,200 mm. Las unidades de escurrimiento de 10 a 20% son de mayor extensión en la Subcuenca, las zonas que entran en el rango que va de 0 a 5% tienen alta permeabilidad, la pendiente del terreno es baja y la densidad de vegetación es media. En las cercanías del polígono del proyecto no se identifican ríos o arroyos permanentes.

En las inmediaciones del polígono del proyecto no se identifican corrientes superficiales permanentes. Se reconoce la presencia de un escurrimiento superficial de tipo intermitente, con una longitud aproximada de 1.2 km, el cual conduce flujos únicamente durante eventos de precipitación.

Actualmente, este escurrimiento funciona de manera modificada por actividades antropogénicas, actuando como canal de conducción de aguas pluviales y, de forma ocasional, de aguas residuales. Si bien se observa la presencia de humedad edáfica localizada y vegetación asociada, estas condiciones no corresponden a un sistema hidrológico natural ni a un humedal funcional, sino a un ambiente alterado sin procesos ecológicos característicos de humedales, tales como inundación permanente o saturación hídrica continua.

En este sentido, el área no presenta las características hidrológicas, edáficas y biológicas necesarias para ser clasificada como humedal conforme a criterios establecidos por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y la Convención Ramsar.

En este sentido, con el objetivo determinar mediante análisis físico químico y bacteriológico la calidad de agua en el área sujeta a CUSTF y con base a la NOM-001-SEMARNAT-2021, que establece los límites permisibles en las descargas de aguas residuales, se realizó la toma de tres muestras de agua para análisis por laboratorio acreditado. Estas muestras se tomaron en distintos puntos del canal dentro del área sujeta a CUSTF.

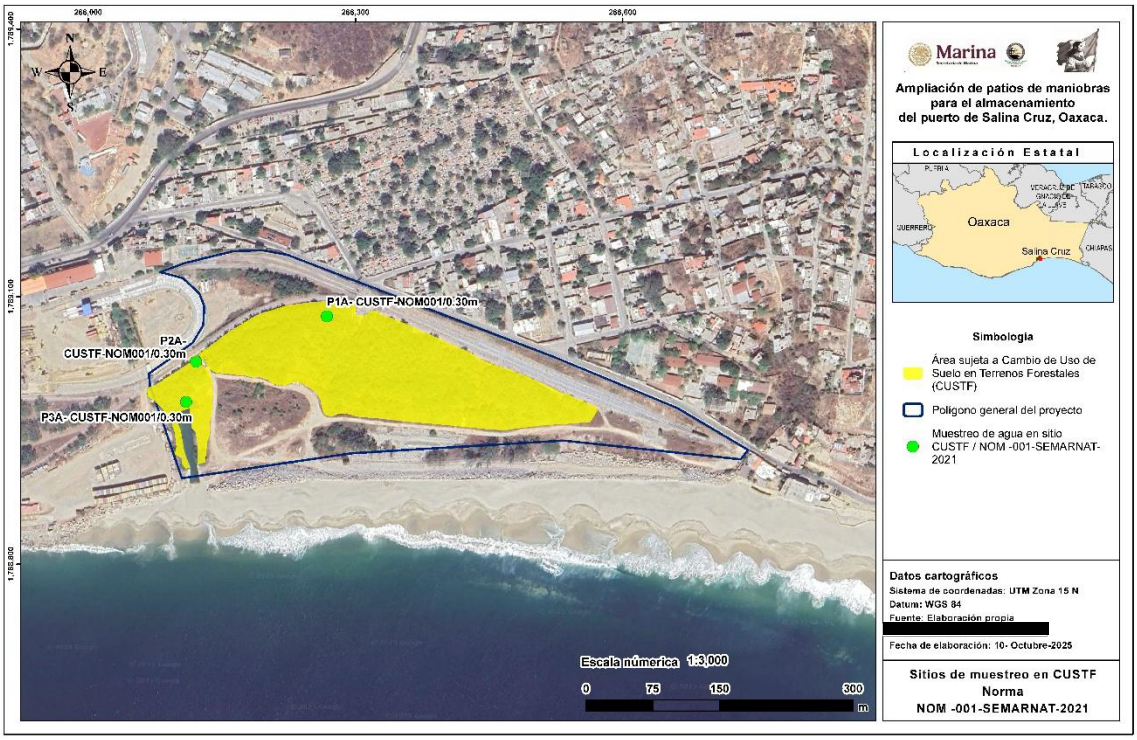


Figura 17. Sitios de muestreo de agua de acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-2021

Los resultados analíticos, ver Anexo 22 (digital), determinaron lo siguiente:
Para el parámetro de **Grasas y aceites** el valor identificado en el punto identificado como **P3A**, fue de 43.66 mg/l, sobrepasando en **22.66** mg/l, el **Límite Permisible** (**LP** de 21.00 mg/l), señalado en la Norma. Esta situación está altamente relacionada con el aporte de aguas residuales proveniente de la zona urbana y que este punto en particular se encuentra en el extremo donde se concentra la descarga de las aguas residuales.
En referencia a los **sólidos suspendidos totales** (**TDS**) es la suma de todos los minerales, metales y sales disueltas en el agua. El punto de muestreo señalado anteriormente (**P3A CUSTF**), mostró una concentración de 160 mg/l, rebasando en **76** mg/l el LP (84mg/l). La cantidad de sólidos representa un obstáculo para la penetración de la luz, afectando de manera negativa el desarrollo de fauna y flora acuática, en general, afecta los ecosistemas acuáticos.
Con respecto a la presencia de metales y cianuros, todos los parámetros analizados se encontraron por debajo del LP especificado para cada uno de ellos.

La **Demanda Química de Oxígeno** (**DQO**), de acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-2021 es la medida del oxígeno consumido por la oxidación de la materia orgánica e inorgánica en una prueba específica. Este parámetro se utiliza para evaluar la calidad del agua y la carga contaminante en cuerpos de agua naturales y sistemas de tratamiento de aguas residuales. Altos valores de DQO indica una alta concentración de materia orgánica en el agua, lo cual puede tener varios impactos negativos. En primer lugar, la materia orgánica en el agua es descompuesta por microorganismos que consumen oxígeno en el proceso, lo que induce una reducción del oxígeno disuelto, afectando la vida acuática y pudiendo provocar condiciones anaeróbicas. Así, la alta demanda de oxígeno puede promover el crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas (eutrofización).

Con base en la normatividad señalada, la concentración del LP de **DQO** se ubica en 210 mg/L, en referencia a los resultados analíticos obtenidos, las tres muestras presentaron valores por arriba del normado, siendo estos del orden de 33.53 mg/L, 63.75 mg/L y 163.88 mg/l. Estos valores, como se ha mencionado con anterioridad derivan del aporte de agua con una alta carga de materia orgánica provenientes de las aguas residuales del área urbana.

Carbono orgánico total (COT), es un indicador de la materia orgánica presente en el agua; también es conocido como la diferencia del carbono total menos el carbono inorgánico en una sola masa; y se conforma de las distintas fracciones como Carbono Orgánico Disuelto, Carbono Orgánico Purgable, Carbono Orgánico Suspendido, y Carbono Orgánico No Purgable (NOM 001-SEMARNAT-2021). Es la cantidad de carbono presente en compuestos orgánicos en una muestra, y se utiliza como indicador de la calidad del agua y la contaminación ambiental. En las muestras analizadas de estos puntos de muestreo presentaron valores por arriba del LP del orden de 51.55 MG/L, 28.074 mg/l y 42.725 mg/l, lo anterior tiene relación con los valores de DQO identificados, situación debida a la alta carga de materia orgánica (con alto contenido de COT) de las aguas residuales y de la materia orgánica aportante de la vegetación existente en el polígono sujeto a CUSTF.

Con respecto a los parámetros biológicos, es posible señalar que la determinación de ***Escherichia Coli,*** apunta a valores que prácticamente duplican el LP en las muestras P1A y P2A (**1000** NMP/100mL) y la cuatriplican en el caso de la muestra P3A (**2400** NMP/100 ml). La presencia de *E. coli* en el agua residual es un indicador de contaminación fecal reciente e implica un riesgo significativo para la salud.

La calidad microbiológica del agua se evalúa en todo el mundo para proteger la salud humana y la biodiversidad en el medio ambiente acuático (Díaz. 2014)[1]. Varios microorganismos son utilizados como indicadores de contaminación fecal, dentro de ellos los **enterococos** son considerados buenos indicadores, porque sobreviven más tiempo ante condiciones adversas en la naturaleza. En las muestras analizadas en el sitio de monitoreo de mangle sujeto a CUSTF, presentaron valores superiores a 24 196 (NMP/100 ml), que representa una cantidad que **sobrepasa** más de 48 veces el LP, especificado en 500 (NMP 100/ml). Estas concentraciones elevadas indican un riesgo para la salud en caso de contacto humano. Lo anterior es indicativo del potencial contaminante que generan las aguas residuales que llegan al recinto portuario

Un elevado nivel de DQO en la zona de reserva, es un indicativo determinante de la presencia de un alto contenido de materia orgánica en las aguas residuales que alimentan el reservorio

de agua de la vegetación existente, situación que genera eutrofización y limita el desarrollo de fauna acuática.

Dentro del Recinto Portuario de Administración del Sistema Portuario Nacional Salina Cruz, se localiza una zona destinada a reserva para monitoreo y reforestación con especies de mangle, establecida como medida de compensación ambiental en el marco del proyecto "Modernización del Puerto Petrolero y Comercial de Salina Cruz, Oaxaca", autorizado mediante oficio SRA/DGIRA/DG/04099 de fecha 24 de agosto de 2021 emitido por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

En dicha zona, la vegetación de mangle y especies asociadas se desarrolla bajo condiciones ambientales alteradas, influenciadas por la presencia de escurrimientos de origen urbano que aportan aguas con calidad deficiente. Estas condiciones favorecen procesos de eutrofización, caracterizados por el enriquecimiento de nutrientes y el consecuente deterioro de la calidad del agua, lo cual limita el desarrollo adecuado de comunidades acuáticas.

Asimismo, se ha identificado una posible carga bacteriológica elevada, asociada a descargas de origen antrópico, lo que representa un riesgo potencial tanto para la salud humana como para la viabilidad de organismos acuáticos presentes en este sistema.

No obstante, es importante precisar que estas condiciones no corresponden a un sistema de humedal natural funcional, sino a un ambiente intervenido cuya dinámica hidrológica y ecológica ha sido modificada, por lo que su comportamiento actual responde principalmente a factores antropogénicos y no a procesos ecológicos naturales.

Estimación del Balance Hídrico sin Proyecto en el SA. La estimación del balance hídrico de la microcuenca, es el estudio de la estructura y funcionamiento de las cuencas superficiales y subterráneas, cuerpos de agua y ríos; es fundamental para la gestión del agua en el espacio y el tiempo. A partir del balance hídrico es posible hacer una evaluación cuantitativa de los recursos de agua y sus modificaciones por influencia de las actividades del hombre.

El estudio del balance hídrico en hidrología se basa en la aplicación del principio de conservación de masas, también conocido como ecuación de la continuidad. Esta, establece que, para cualquier volumen arbitrario, y durante cualquier período de tiempo, la diferencia entre las entradas y salidas estará condicionada por la variación del volumen de agua almacenada. En general, la técnica del balance hídrico implica mediciones de ambos aspectos, almacenamientos y flujos del agua; sin embargo, algunas mediciones se eliminan en función del volumen y período de tiempo utilizados para el cálculo del balance (UNESCO, 1971), ver Anexo 23. Para el cálculo del balance hídrico se han tomado recomendaciones de Lee (1980) y Chang (2003) citados por Sánchez (2007) y Vazquez et al. (2014), donde relacionan a la precipitación (P) con el conjunto de variables que a continuación se describen:

De acuerdo con la vegetación y uso del suelo, en el SA presenta una superficie de 976.38 ha y, la precipitación media anual de este SA es de 880.4 mm.

De acuerdo con la fórmula siguiente, se ha estimado el balance hídrico en el área del proyecto:

$$\boldsymbol{P - (Eva + Esc + Inf) = 0}$$

Dónde:

P= Precipitación (volumen precipitado),

Eva= Evapotranspiración,

Esc= Escurrimiento Superficial,
Inf= Infiltración.

Volumen de agua precipitado (P)

En la estimación del valor de P, en el SA, se utilizaron los valores siguientes:

Tabla 23. Volumen de agua precipitado en el SA

Precipitación (mm)	Precipitación (m)	Sup. (ha)	Área (m^2)	Volumen precipitado (m^3)
880.4	0.8804	976.38	9,763,800	8,596,049.52

Balance hídrico

El método utilizado para el cálculo del balance hídrico corresponde al descrito por Thornthwaite & Mather (1955). Este método supone que el agua que llega al suelo proviene únicamente de la precipitación, y que las pérdidas hacia la atmósfera son ocasionadas por la evaporación de agua en el suelo y transpiración desde la vegetación existente en condiciones medias climáticas, sin considerar las pérdidas por percolación profunda o flujos subterráneos.

A partir de la precipitación media y la evapotranspiración real se realiza el balance de masa para un lapso temporal, donde se consume o acumula recurso hídrico conforme las variables de entrada fluctúan debido a la variabilidad de estas.

En las siguientes líneas, se describe cada elemento contemplado en el balance hídrico superficial.

Metodología. Para calcular el volumen de agua captada en la superficie solicitada para el proyecto se utilizó el método utilizado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y determinado en la NOM-011-CNA para determinar la disponibilidad de agua en los acuíferos de México, para el balance superficial del agua se utilizó la siguiente expresión:

Infiltración = P – Et – Ve

Dónde:
I = Infiltración en m3 por año
P = precipitación media anual en m3 por año
Et = evapotranspiración en m3 por año
Ve = volumen medio anual de escurrimiento natural en m3 por año

Cálculo de Evapotranspiración (Etr)

Para el cálculo de la evapotranspiración real (ETR) se utilizó el método de Turc, con la siguiente expresión de la constante:

$x=1/(0.8+(0.14*t))$
t= temperatura media
así el cálculo se asume con la expresión
$ETR\ m= P*x*P^2$
P=Precipitación

Cálculo de Escurrimiento superficial (Ve).

El escurrimiento superficial se calcula a partir del llamado coeficiente de escurrimiento que representa el porcentaje de agua de precipitación que escurre sobre la superficie hasta acumularse en los cuerpos de agua o seguir a través de corrientes superficiales (NOM-011-CNA).

Ve = Ce * Vp

Donde

Ce = Coeficiente anual de escurrimiento.

Vp = Volumen de precipitación (Obtenido de multiplicar precipitación por el área).

Ve = Volumen de escurrimiento anual.

Cálculo de Coeficiente de escurrimiento (Ce)

Obtención del valor de K (Valor en función de uso de suelo), el valor de K se calcula en función del tipo de suelo y vegetación existente en el área del SA. Asignando los siguientes valores.

Tabla 24. Tabla de valores de K, en función del tipo y uso de suelo

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	
Tabla valores de K, en función del tipo y uso de suelo.	
A	suelos permeables, tales como arenas profundas y loess poco compactos
B	Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad, loess algo más compactos que los correspondientes a los suelos A; terrenos migajosos
C	Suelos casi impermeables, tales como arenas y loess muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas

Uso del suelo	**Tipo de suelo**		
	A	**B**	**C**
Barbecho, áreas incultas y desnudas	0.26	0.28	0.3
Cultivos:			
En hilera	0.24	0.27	0.3
legumbres o rotación de pradera	0.24	0.27	0.3
Granos Pequeños	0.24	0.27	0.3
Pastizal: % del suelo cubierto o pastoreo			
más del 75% - poco	0.14	0.20	0.28
Del 50 al 75% - Regular	0.20	0.24	0.3
Menos del 50% - Excesivo	0.24	0.28	0.3
Bosque:			
Cubierto más del 75%	0.07	0.16	0.24
Cubierto del 50 al 75%	0.12	0.22	0.26
Cubierto del 25 al 50%	0.17	0.26	0.28
Cubierto menos del 25%	0.22	0.28	0.3
Zonas urbanas	0.26	0.29	0.32
Caminos	0.27	0.30	0.33
Pradera permanente	0.18	0.24	0.3

Para este caso se consideró los tipos de vegetación en el SA, siendo Asentamiento Humanos; VSa/SBC; VSA/SBC Y VSa/SBK donde se localiza la vegetación de manglar no reportada por INEGI, y los tipos de suelo.

Tabla 25. Valores de k por tipo de vegetación

Tipo de Uso y vegetación	Valor de k	Superficie (ha)	Superficie (m2)
AH	0.28	242.9900	2,429,900.00
VSa/SBC	0.28	85.2900	852,900.00
VSA/SBC	0.22	379.2500	3,792,500.00
Vsa/SBK	0.16	161.8200	1,618,200.00

Una vez obtenido el valor de K, el coeficiente de escurrimiento anual (Ce), se calcula mediante las fórmulas siguientes.

Tabla 26. Fórmula para cálculo de escurrimiento anual

K, parámetro que depende del Tipo y Uso de suelo	Coeficiente de escurrimiento anual.
Si K resulta menor o igual que 0.15	**Ce = K (P-250) / 2000**
Si K es mayor que 0.15**,**	**Ce = K (P-250) / 2000 + (K –0.15) / 1.5**

Cálculo de valores.

Para calcular cada uno de los componentes del balance se utilizaron los datos promedio de precipitación y temperatura en el periodo comprendido entre 1980 y 2023 de la Estación Climatológica No. 20149 Tehuantepec, ubicada a 16 km de la poligonal del proyecto, con coordenadas: latitud 16.316667°, longitud -95.234444°, con una altitud 41 msnm. Los datos a aplicar en el procedimiento son: Precipitación media anual= **880.4 mm**; Temperatura media anual = **29.5°C**

- **Cálculo de Evapotranspiración (Etr)**

De acuerdo con los datos de precipitación, siguiendo el cálculo de Evapotranspiración, para el área de la SA, se utilizó los datos de la precipitación registrados: P es la precipitación media anual = 880.4mm; T (temperatura media anual) = 29.5 C

Se obtiene el factor x:

X= 1/(0.8+(0.14*29.5))=0.203

ETR es la evapotranspiración real anual en m. Así el cálculo se asume con la expresión

ETR m= $P-(x*P^2)$

ETR = 0.8804-(0.203 * (.8804*8804))

ETR= 0.723m

ETR= 0.723m

Coeficiente de escurrimiento (Ce).

El coeficiente de escurrimiento se determinó, según la norma NOM-011-CONAGUA-2000, incluyendo las recomendaciones de los valores k (valor en función del tipo y uso de suelo), publicada en el DOF el 27 de marzo del 2015, de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS) y se calcula un valor K ponderado multiplicando el valor K de la norma por el porcentaje de uso de suelo respectivo.

Si K resulta menor o igual que 0.15, **Ce = K (P-250) / 2000;**

Si K es mayor que 0.15, Ce **= K (P-250) / 2000 + (K –0.15) / 1.5**

En este caso el valor de K y la formula aplicable es señalada en la tabla 27.

Tabla 27. Valores del Coeficiente de escurrimiento por tipo de vegetación

Uso de suelo y vegetación	k	Formula	Ce
Cuerpo de agua	-		**1**
AH	0.28	K (P-250) / 2000 + (K – 0.15) / 1.5	**0.175**
VSa/SBC	0.28	K (P-250) / 2000 + (K –0.15) / 1.5	**0.175**
VSA/SBC	0.22	K (P-250) / 2000 + (K –0.15) / 1.5	**0.116**
Vsa/SBK	0.16	K (P-250) / 2000 + (K –0.15) / 1.5	**0.057**

Con este dato se obtiene el volumen de escurrimiento anual estimado

Ve = Ce * Vp

Donde

Ce = Coeficiente anual de escurrimiento.

Vp = Volumen de precipitación (Obtenido de multiplicar precipitación por el área).

Ve = Volumen de escurrimiento anual.

Ve= Ce*(0.8804*superficie)

Tabla 28. Volumen de escurrimiento en el SA.

Uso de suelo y vegetación	Ce	Superficie (ha)	Ve (m3)
Cuerpo de agua	1	107.02	942,204.08
Asentamiento Humanos	0.175	242.9900	374,209.08
VSa/SBC	0.175	85.2900	131,348.234
VSA/SBC	0.116	379.2500	387,349.987

Uso de suelo y vegetación	Ce	Superficie (ha)	Ve (m3)
Vsa/SBK	0.057	161.8200	81,346.37
			1,916,468.14

Ve= 1,916,468.14 m³

El resultado manifiesta que el volumen de escurrimiento anual es **1,916,468.14m³/año** en el área del SA.

Para obtener el volumen de infiltración en el área del proyecto y de acuerdo a la fórmula de infiltración

$$Infiltración = P - ET - Ve$$

Tabla 29. Volumen de infiltración por tipo de vegetación en el SA.

Uso de suelo y vegetación	Superficie (m2)	I (m3)
Cuerpo de agua	1070200.00	-
AH	2,429,900.00	7,844.36
VSa/SBC	852,900.00	2,746.39
VSA/SBC	3,792,500.00	208,919.72
Vsa/SBK	1,618,200.00	173,070.16
		392,560.58

Por lo tanto, el **volumen actual de infiltración** en el área del SA se ubica en **392,560.58 m³**

Balance hídrico en el área de CUSTF

El método utilizado para el cálculo del balance hídrico corresponde al descrito por Thornthwaite & Mather (1955). Este método supone que el agua que llega al suelo proviene únicamente de la precipitación, y que las pérdidas hacia la atmósfera son ocasionadas por la evaporación de agua en el suelo y transpiración desde la vegetación existente en condiciones medias climáticas, sin considerar las pérdidas por percolación profunda o flujos subterráneos.

A partir de la precipitación media y la evapotranspiración real se realiza el balance de masa para un lapso temporal, donde se consume o acumula recurso hídrico conforme las variables de entrada fluctúan debido a la variabilidad de estas.

En las siguientes líneas, se describe cada elemento contemplado en el balance hídrico superficial.

Metodología. Para calcular el volumen de agua captada en la superficie forestal solicitada para el proyecto se utilizó el método utilizado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y determinado en la NOM-011-CNA para determinar la disponibilidad de agua en los acuíferos de México, para el balance superficial del agua se utilizó la siguiente expresión:

Infiltración = P – Et – Ve

Dónde:

I = Infiltración en m^3 por año

P = precipitación media anual en m3 por año

Et = evapotranspiración en m3 por año

Ve = volumen medio anual de escurrimiento natural en m^3 por año

Cálculo de Escurrimiento superficial (Ve).

El escurrimiento superficial se calcula a partir del llamado coeficiente de escurrimiento que representa el porcentaje de agua de precipitación que escurre sobre la superficie hasta acumularse en los cuerpos de agua o seguir a través de corrientes superficiales.

Ve = Ce * Vp

Donde

Ce = Coeficiente anual de escurrimiento.

Vp = Volumen de precipitación (Obtenido de multiplicar precipitación por el área).

Ve = Volumen de escurrimiento anual.

Cálculo de Coeficiente de escurrimiento (Ce)

El coeficiente de escurrimiento se determinó, según la norma NOM-011-CONAGUA-2000, incluyendo las recomendaciones de los valores k (valor en función del tipo y uso de suelo), publicada en el DOF el 27 de marzo del 2015, de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS) y se calcula un valor K ponderado multiplicando el valor K de la norma por el porcentaje de uso de suelo respectivo.

Obtención del valor de K (Valor en función de uso de suelo), el valor de K se calcula en función del tipo de suelo y vegetación existente en el área sujeta a CUSTF. Para este caso es una suelo medianamente permeable y cubierto de vegetación en más del 75%, cuyo **valor designado es de 0.16.**

Tabla 30. Tabla de valores de K, en función del tipo y uso de suelo

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	
TABLA VALORES DE K, EN FUNCIÓN DEL TIPO Y USO DE SUELO.	
A	Suelos permeables, tales como arenas profundas y loess poco compactos
B	Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad, loess algo más compactos que los correspondientes a los suelos A; terrenos migajosos.
C	Suelos casi impermeables, tales como arenas y loess muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas.

USO DEL SUELO	TIPO DE SUELO		
	A	B	C
Barbecho, áreas incultas y desnudas	0.26	0.28	0.3
Cultivos:			
En hilera	0.24	0.27	0.3

USO DEL SUELO	TIPO DE SUELO		
	A	B	C
legumbres o rotación de pradera	0.24	0.27	0.3
Granos Pequeños	0.24	0.27	0.3
Pastizal: % del suelo cubierto o pastoreo			
más del 75% - poco	0.14	0.20	0.28
Del 50 al 75% - Regular	0.20	0.24	0.3
Menos del 50% - Excesivo	0.24	0.28	0.3
Bosque:			
Cubierto más del 75%	0.07	0.16	0.24
Cubierto del 50 al 75%	0.12	0.22	0.26
Cubierto del 25 al 50%	0.17	0.26	0.28
Cubierto menos del 25%	0.22	0.28	0.3
Zonas urbanas	0.26	0.29	0.32
Caminos	0.27	0.30	0.33
Pradera permanente	0.18	0.24	0.3

Una vez obtenido el valor de K, el coeficiente de escurrimiento anual (Ce), se calcula mediante las fórmulas siguientes.

Tabla 31. Fórmula para cálculo de escurrimiento anual

K, PARÁMETRO QUE DEPENDE DEL TIPO Y USO DE SUELO	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO ANUAL.
Si K resulta menor o igual que 0.15	**Ce = K (P-250) / 2000**
Si K es mayor que 0.15**,**	**Ce = K (P-250) / 2000 + (K –0.15) / 1.5**

Cálculo de valores

Para calcular cada uno de los componentes del balance se utilizaron los datos promedio de precipitación y temperatura en el periodo comprendido entre 1980 y 2023 de la Estación Climatológica No. 20149 Tehuantepec, ubicada a 16 km de la poligonal del proyecto, con coordenadas: latitud 16.316667°, longitud -95.234444°, con una altitud 41 msnm. Los datos para aplicar en el procedimiento son: Precipitación media anual= **880.4 mm**; Temperatura media anual = **29.5ºC** y Área de CUSTF = **39,200 m².**

- **Cálculo de Evapotranspiración (Etr)**

De acuerdo con los datos de precipitación, siguiendo el cálculo de Evapotranspiración, para el área de CUS, se utilizó los datos de la precipitación y temperatura registrados en la estación meteorológica:

P es la precipitación media anual = 880.4mm

T (temperatura media anual) = 29.5 C

Para el cálculo de la evapotranspiración real (ETR) se utilizó la siguiente de la constante:

x=1/(0.8+(0.14*t))

t= temperatura media.
así el cálculo se asume con la expresión
ETR m= P*x*P²
X= 1/(0.8+(0.14*29.5))=0.203
ETR = 0.8804 - (0.203 * (0.8804*0.8804))
ETR= 0.723m

Coeficiente de escurrimiento (Ce).
En este caso el valor de K es de 0.16 (mayor a 0.15) se aplica la primera fórmula, así que
Ce= **K (P-250) / 2000 + (K –0.15) / 1.5)**
Ce= 0.057

Con este dato se obtiene el volumen de escurrimiento anual estimado
Ve = Ce * Vp
Donde
Ce = Coeficiente anual de escurrimiento.
Vp = Volumen de precipitación (Obtenido de multiplicar precipitación por el área).
Ve = Volumen de escurrimiento anual.
Ve= 0.057*(0.8804*39,200)
Ve= 1,970.57 m³

El resultado manifiesta que el volumen de escurrimiento anual es de **1970.57 m3/año** en el área del proyecto (3.92 ha).
Para obtener el volumen de **infiltración** en el área del proyecto y de acuerdo con la fórmula de infiltración

$$Infiltración = P - ET - Ve$$

Precipitación= 0.8804m³ en la superficie de 3.92 ha= **34,511.68 m³**
ET= 0.719m³*3.96 ha = **28,348.580 m³**
VE= **1970.57 m³**
I= 34,511.68 – 28,348.58 – 1,970.57**= 4,192.529 m³**
Por lo tanto, el **volumen actual de infiltración** en el área del proyecto se ubica en **4,192.529 m³**

Hidrología Subterránea
Las unidades geo hidrológicas se refieren a uno o varios tipos de roca o material granular cuyas características físico-químicas permiten almacenar y transmitir agua subterránea, en diferente grado. En el estado de Oaxaca, las zonas con condiciones aptas para la extracción de aguas subterráneas son principalmente valles intermontanos con reducidos espesores de material granular y varios rangos de permeabilidad.

El acuífero Tehuantepec, definido con la clave 2007 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la porción suroriental del estado de Oaxaca, cubriendo una superficie aproximada de 14,015 km².

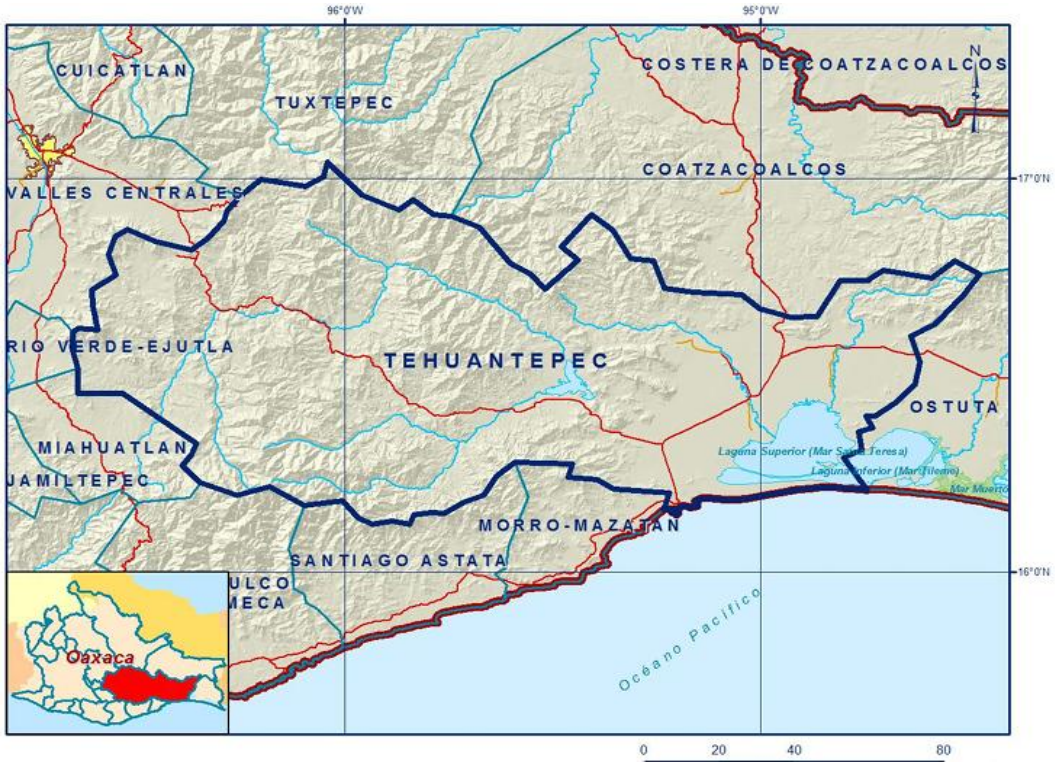


Figura 18. Acuífero Tehuantepec, Sistema Ambiental

De acuerdo con la información hidrológica proporcionada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) a través del "*Localizador REPDA de Aguas Nacionales, Zonas Federales y Descargas de Aguas Residuales*" (2019), la zona de estudio, se inserta totalmente en la zona de explotación de manto acuífero Tehuantepec-Salina Cruz.

De acuerdo al INEGI (2004), este acuífero se localiza en la porción sureste del estado de Oaxaca, comprende la parte baja de los distritos Tehuantepec y Juchitán, se trata de un acuífero libre constituido por material granular de acarreo como son gravas, arenas, limos y arcillas, en general el conjunto tiene rangos de permeabilidad que van de media a baja en material consolidado, y sobre todo es alta en material no consolidado; el espesor varía de 5 a 100 m, ver Anexo 24.

Debido a su cercanía al mar y a la amplitud de la llanura, presenta discontinuidad en el funcionamiento hidrológico por la presencia de antiguos cauces y suelos lacustres sepultados por material aluvial. La recarga se lleva a cabo mediante la infiltración directa de la lluvia, entradas subterráneas horizontales de las sierras que rodean la llanura e infiltración de los ríos que fluyen sobre la llanura, el más importante de ellos es el río Tehuantepec.

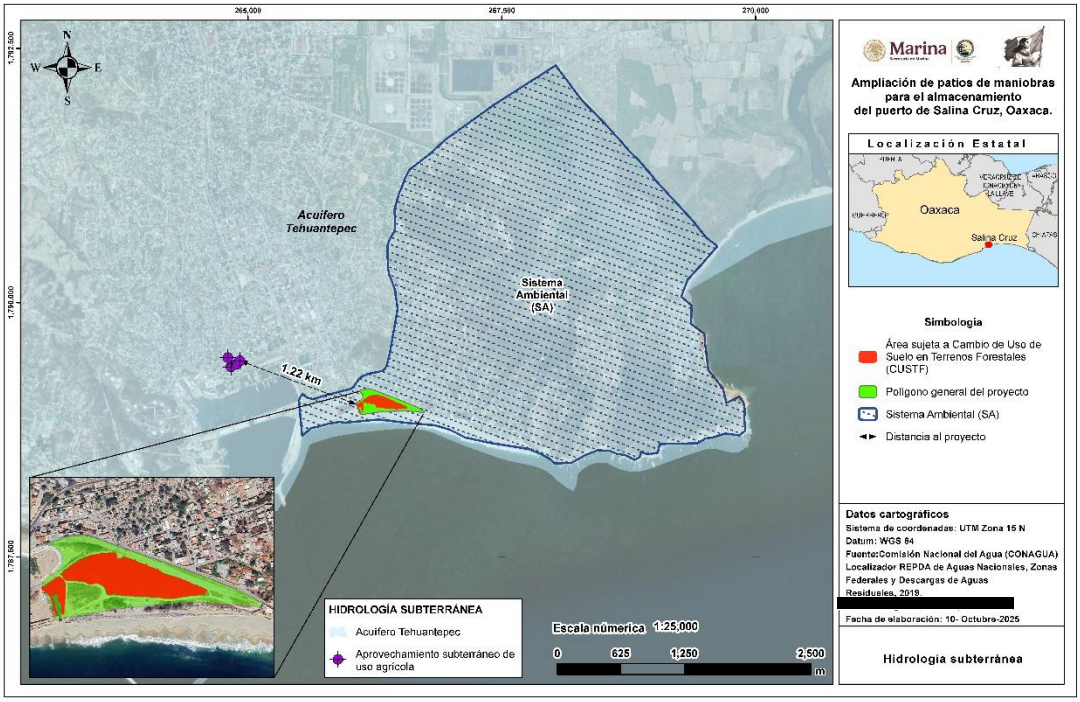


Figura 19. Hidrología subterránea, Sistema Ambiental

La profundidad al nivel del agua subterránea en el año 2019 (CONAGUA. 2007) presentó valores que variaron desde algunos centímetros en la zona costera hasta 20 m, los cuales se incrementan por efecto de la topografía, de la planicie costera y del cauce del río Tehuantepec y arroyos hacia las estribaciones de las sierras que limitan el valle, conforme se asciende topográficamente.

Presenta discontinuidad en el funcionamiento hidrológico por la presencia de antiguos cauces y suelos lacustres sepultados por material aluvial. La recarga se lleva a cabo mediante la infiltración directa de la lluvia, entradas subterráneas horizontales de las sierras que rodean la llanura e infiltración de los ríos que fluyen sobre la llanura.15 Las unidades de permeabilidad que presenta la zona de estudio son tres: Material consolidado con permeabilidad baja. Se encuentra al noreste y sureste del municipio. Destacan rocas como gneises, esquistos y cataclasitas. Material no consolidado con permeabilidad alta. Se encuentra al norte, noreste y oeste del municipio. Los materiales que integran esta unidad son los sedimentos del Cuaternario. Material no consolidado con permeabilidad baja. Se desarrolla de noroeste a sureste del municipio. Se debe a la formación de barras lacustres a las que se les asignó este rango de permeabilidad.

Riesgos naturales

Riesgo sísmico

La sismicidad en Oaxaca está relacionada con la interacción de las placas tectónicas de Cocos y Norteamérica. La placa de Cocos, que se encuentra debajo del océano Pacífico, se está subduciendo debajo de la placa de Norteamérica, generando tensiones que se liberan

periódicamente en forma de terremotos. Esta zona de subducción es conocida como la Fosa de Tehuantepec y se extiende a lo largo de la costa sur de México.

En septiembre de 2017, un terremoto de magnitud 8.2 golpeó la costa de Chiapas, vecino de Oaxaca, causando daños significativos en varias ciudades oaxaqueñas, como Juchitán y Matías Romero. Este evento destacó la vulnerabilidad de la región a los terremotos y la importancia de la preparación y la mitigación del riesgo sísmico. Más recientemente, el 16 de febrero de 2018, un terremoto de magnitud 7.2 sacudió la región, causando daños significativos en edificios y carreteras. Durante el 2024, Oaxaca fue una de las entidades que mayor número de sismos se registraron en el país, al contabilizar hasta el 31 de diciembre de 2024, un total de 7 mil 752 sismos, la mayoría de baja magnitud, colocando al estado entre los de mayor actividad a nivel nacional.

Según la Regionalización Sísmica de México (CFE, 2015), el Sistema Ambiental del proyecto "Ampliación de patio de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca" está situado en una zona (**D**) de Muy Alta actividad Sísmica, esta zona se caracteriza por las aceleraciones sísmicas pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad (9.8 m/s2) y porque el número de epicentros registrados por la red del Servicio Sismológico Nacional (SMN) es mucho mayor con respecto a las zonas A, B y C. En la **tabla 32**, se presenta las características de Peligrosidad Sísmica Nacional (CFE, 2015).

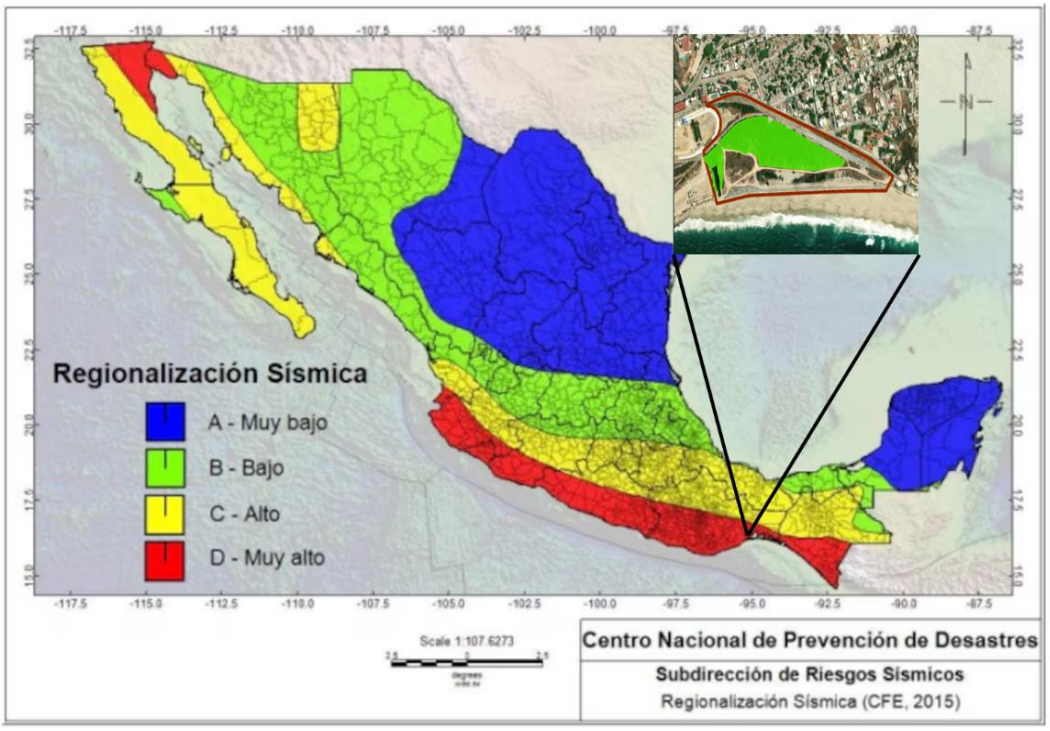


Figura 20. Regionalización Sísmica de México

Tabla 32. Clasificación de Peligrosidad Sísmica Nacional (CFE, 2015)

ZONA	PELIGRO	CARACTERISTICAS
Zona A (verde)	Baja actividad sísmica	Esta zona se caracteriza por la ausencia de registros históricos de sismos importantes y una baja probabilidad de ocurrencia de eventos sísmicos de gran magnitud. Las aceleraciones del suelo esperadas en esta zona son muy bajas.
Zona B (amarillo)	Moderada actividad sísmica	En esta zona, la ocurrencia de sismos es poco frecuente y de baja a moderada intensidad. Las aceleraciones del suelo esperadas son bajas a moderadas.
Zona C (naranja)	Alta actividad sísmica	Esta zona presenta una alta frecuencia de sismos de intensidad moderada a alta. Las aceleraciones del suelo esperadas son altas.
Zona D (rojo)	Muy alta actividad sísmica	Esta zona es la de mayor peligrosidad sísmica en México. Se caracteriza por la ocurrencia frecuente de sismos de gran magnitud y las aceleraciones del suelo esperadas son muy altas.

De acuerdo al Atlas de Riesgo de Salina Cruz (2011), el riesgo se cataloga como muy alto; se cuenta con registros que indican la ocurrencia de 21 sismos mayores a 4.5 grados en escala Richter, la mayoría de los cuales han tenido epicentro en el océano Pacífico y 1 sismo de 6.6 grados en escala Richter con epicentro a 44 kilómetros al sureste de Unión Hidalgo.
Según el reporte de Servicio Sismológico Nacional durante 2024 en la zona del Istmo de Tehuantepec, ocurrieron al menos 4 sismos con magnitud de 5 a 6, como se aprecia en la figura 21.

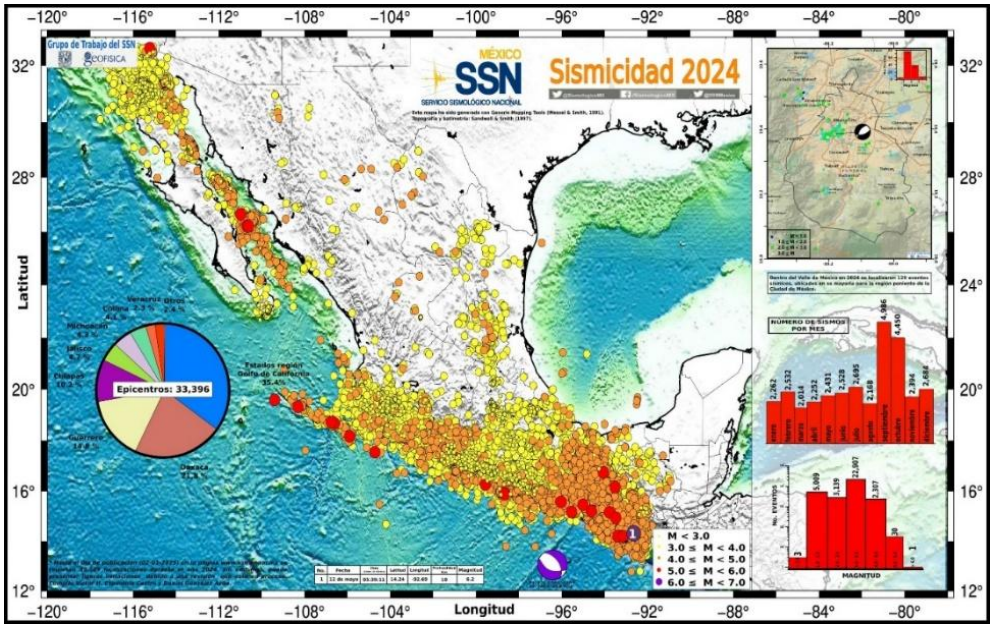


Figura 21. Sismicidad Nacional 2024. Fuente Servicio Sismológico Nacional.

Tormentas tropicales

Con base en la información de CENAPRED (2024), un ciclón tropical es un sistema atmosférico cuyo viento circula en dirección ciclónica, en el sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte. El desarrollo de esos sistemas requieren de calor y humedad, por lo tanto, sólo se desarrollan en los trópicos, entre latitudes 5° y 30° norte y sur, en las regiones y temporadas en las que la temperatura del mar es superior a 26°C. de acuerdo a esta fuente, un ciclón se divide en tres fases de acuerdo a la velocidad de sus vientos máximos sostenidos en superficie: Depresión tropical: menor a 62 km/h; Tormenta trópica: entre 63 y 118 km/h y, huracán: mayor a 119 km/h. bajo estas consideraciones, el CENAPRED señala que para Salina Cruz, el grado de peligro por ciclones tropicales es bajo.

Ahora bien, de acuerdo al Atlas de Riesgo del municipio de Salina Cruz, el municipio de Salina Cruz se localiza en la zona del Golfo de Tehuantepec, que es una región ciclo génica en que se forman huracanes y tormentas tropicales por dos circunstancias: Aire cálido ascendente más ligero que el aire frío del entorno, formando nubes convectivas del tipo cúmulos. El aire húmedo está presente en una capa atmosférica que se vuelve inestable por saturación de aire, tendiendo a elevarse a grandes altitudes, generando un mecanismo de presión. Otra explicación señala el choque de dos masas de aire frontal con ascendencia del viento por la llegada de aire frío que se desliza debajo del aire cálido y húmedo. Anualmente que provocan afectaciones al emplazamiento físico, así como a los habitantes.

La vulnerabilidad física ante tormentas y huracanes es grave debido a que el municipio se sitúa en zona costera, además el material de construcción es tabique y concreto armado en la cabecera municipal, pero en las zonas marginadas están construidas con adobe, madera, techos de lámina. Sus lomeríos admiten deslizamientos y flujos, mientras que la llanura tiene zonas inundables. Los huracanes actúan como un agente detonante. No presentan vulnerabilidad por marea de tormenta. La vulnerabilidad social es grave cuando a pesar de brindar los reportes meteorológicos la población no atiende a prepararse para este tipo de fenómenos y la infraestructura de vialidades públicas se ve afectada por inundaciones, derrumbes y flujos.[2]

Se ha registrado un conjunto de huracanes y tormentas tropicales que han producido inundaciones en el municipio de Salina Cruz, entre ellos: del 5 al 10 de octubre de 1997 se desarrolló el huracán “Paulina”; del 1 al 5 de octubre de 2005 Huracán “Stan”; del 21 al 28 de agosto de 2010 el huracán “Frank”; del 26 de septiembre al 12 de octubre de 1997 la tormenta tropical “Olaf”; del 25 al 27 de junio de 2003 la tormenta tropical “Carlos”; del 21 al 23 de agosto de 2010 la onda tropical número 24; en el año 2011 se presenta la tormenta tropical más catastrófica de que se tenga memoria en el municipio de Salina Cruz. Estos fenómenos hidrometeorológicos han afectado las zonas de laderas en los lomeríos este y oeste, así como las estribaciones de aquellas y las partes bajas de la llanura.

En asociación con los huracanes y tormentas tropicales se han producido deslizamientos de detritos ocasionalmente acompañados con rocas, que han afectado los asentamientos humanos enclavados en las laderas. Otros efectos causados por aquellos fenómenos son las inundaciones de las estribaciones del lomerío este y oeste, pero sobre todo de las partes bajas

[2] CENAPRED. 2024. Información básica de peligros naturales y antropogénicos a nivel municipal estado de Oaxaca Salina Cruz.

de la llanura. Los deslaves y las inundaciones más graves han ocurrido en el año 2011 en el municipio de Salina Cruz ocasionando pérdidas materiales y humanas, y poniendo de manifiesto los inconvenientes de la urbanización carente de planeación urbana.

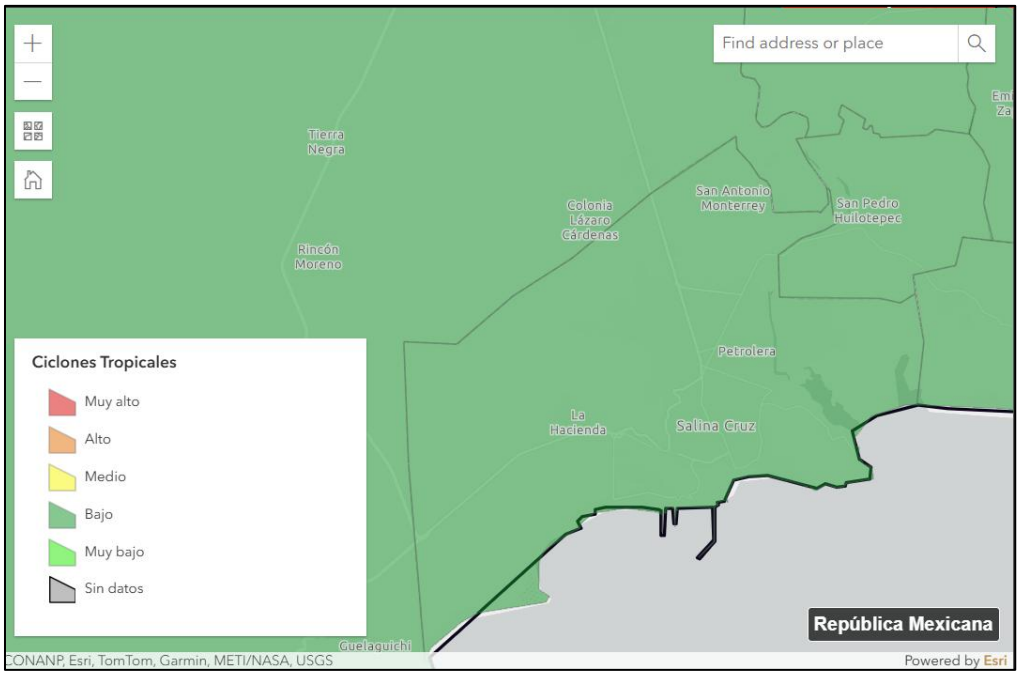


Figura 22. Riesgo por Ciclones tropicales

Inundaciones.

La secuela de inundaciones constituye uno de los mayores peligros que cíclicamente se presentan en el municipio de Salina Cruz, especialmente cuando aquellos fenómenos hidrometeorológicos conllevan mucha precipitación. Su potencialidad de ocurrencia está permanentemente planteada. Salina Cruz se ubica al norte de la trayectoria de los ciclones tropicales del Pacífico. De un total de 138 ciclones y tormentas tropicales que incidieron en las costas del pacífico mexicano en el periodo de 33 años, entre 1947 y 1979, solo dos ciclones y tres tormentas tropicales tocaron el puerto de Salina Cruz.

El municipio se identifica con un nivel alto de peligro muy alto por inundaciones (CENAPRED 2016). El umbral de precipitación acumulada en 12 horas es de 154.2mm. sin embargo existen condiciones que con precipitaciones de menor valor podrían generar inundaciones, como cuando ese presenta lluvias continuas por varios días y que saturan el suelo y por consecuencia se pierde capacidad de infiltración del agua de lluvia. En la zona urbana, la falta de mantenimiento a la infraestructura hidráulica y a los sistemas de drenaje disminuye la capacidad de desalojo de agua pluvial, por lo que una cantidad de lluvia menor al umbral podría causar afectaciones. Con respecto a la vulnerabilidad asociada al municipio, se cataloga como media (CENAPRED. 2017).

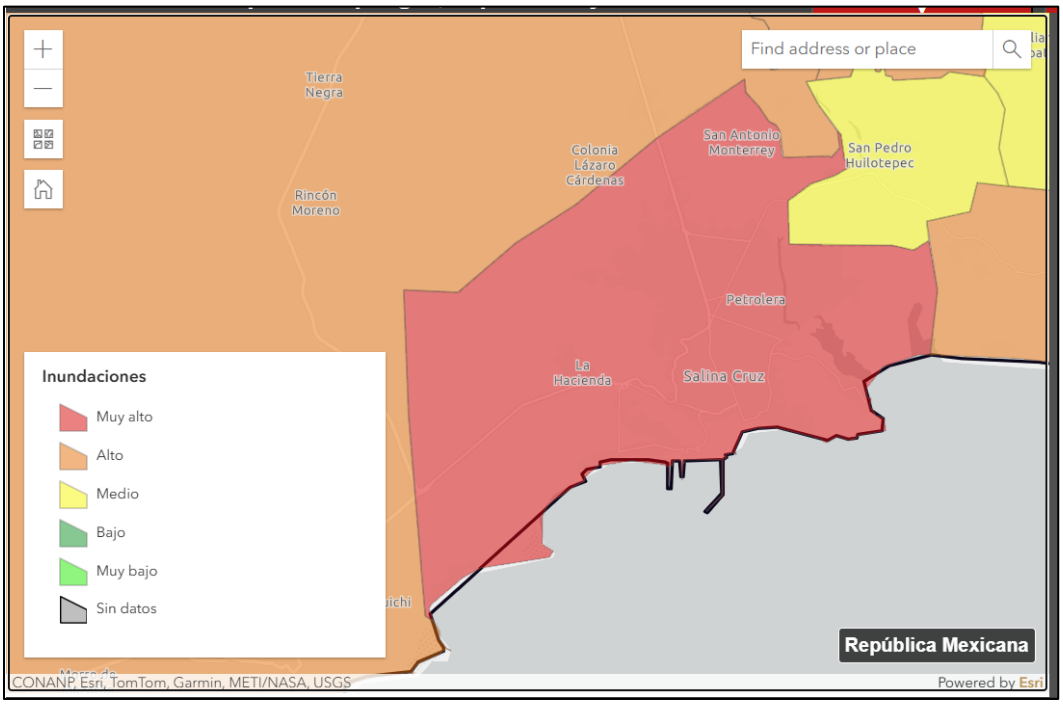


Figura 23. Riesgo por Inundaciones

Riesgo por tsunami

Los tsunamis, olas devastadoras originadas por sismos en el lecho oceánico, representan un peligro sísmico significativo, especialmente en la Costa del Pacifico mexicano. Según el Atlas de Riesgos Naturales del municipio de Salina Cruz (2011), es susceptible a tsunamis, la simulación de un Tsunami con elevación del nivel del mar de hasta 20 metros, manifiesta ser una zona de alto riesgo con una gran afectación a de la zona urbana. Así mismo señala que los tipos de suelo representan un riesgo elevado al perder adherencia por contacto con la humedad.

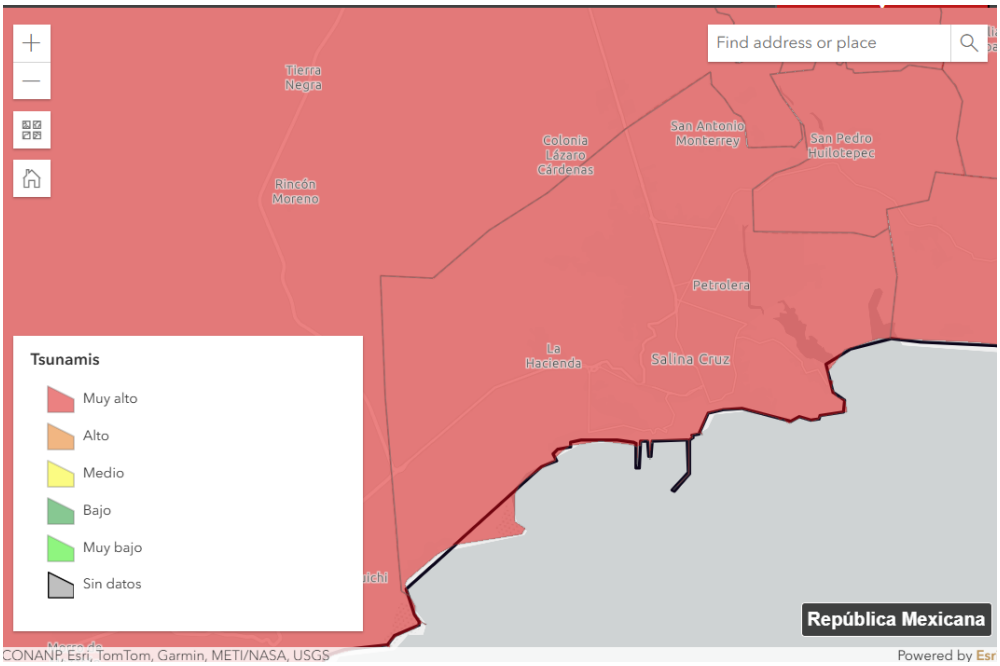


Figura 24. Riesgo por Tsunami

Inestabilidad de laderas

Según el Mapa Nacional de Susceptibilidad por Inestabilidad de Laderas referido por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2024), el Sistema Ambiental del proyecto "Ampliación de patio de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca" presenta un nivel de susceptibilidad "Muy bajo" frente a procesos de inestabilidad de laderas. La información cartográfica muestra que la mayor parte de la superficie del municipio de Salina Cruz y en específico, área de la Sistema Ambiental se encuentra dentro de esta categoría.

Esta clasificación se debe, principalmente, a que las condiciones morfológicas del terreno de la Sistema Ambiental o SA se caracterizan por la ausencia de pendientes pronunciadas, así como por una topografía relativamente homogénea, sin variaciones altitudinales significativas que generen una energía gravitacional suficiente para provocar procesos de remoción en masa (como deslizamientos, derrumbes o caídas de rocas).

Desde una perspectiva ambiental y de riesgo, esta condición es favorable para el desarrollo del proyecto, ya que disminuye la probabilidad de afectaciones estructurales o ambientales.

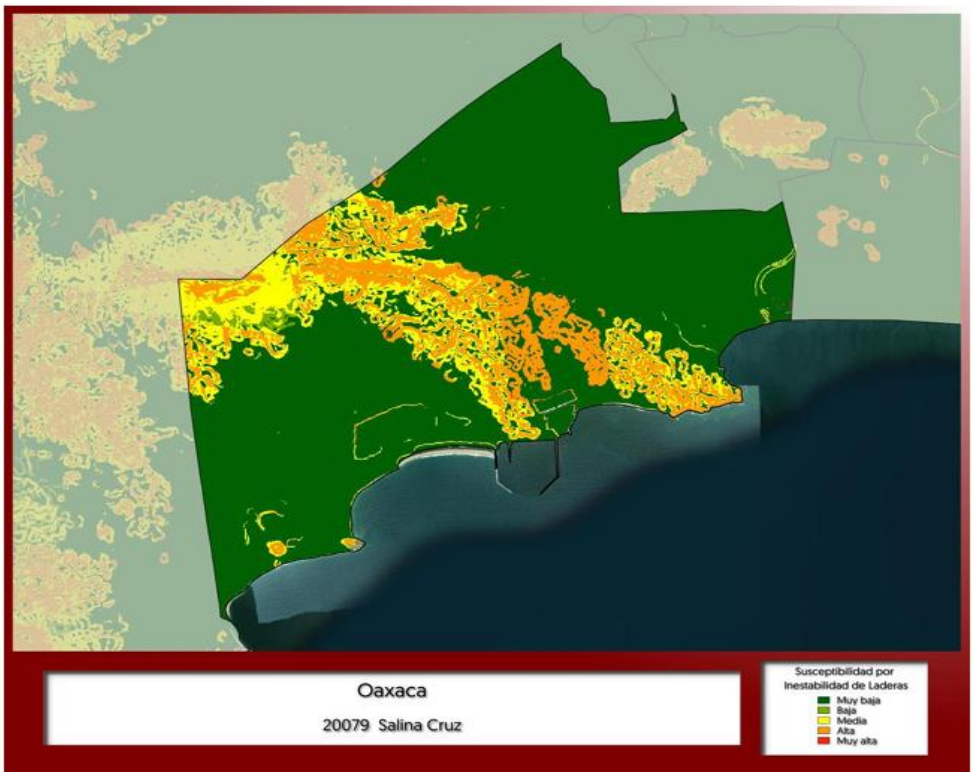


Figura 25. Riesgo de Susceptibilidad por inestabilidad de laderas en Salina Cruz, Oaxaca Fuente: CENAPRED.2024.

IV.2.2.3 Medio biótico

Vegetación

Con base en la carta temática de Uso del suelo y vegetación Serie VII de INEGI (2021); en el Sistema Ambiental, se identificaron tres tipos de vegetación, además de uso de suelo de asentamientos humanos y cuerpos de agua. A continuación, se describen de manera general las condiciones de cada uno y en la siguiente tabla, se presenta la extensión territorial que abarcan dentro del Sistema Ambiental, ver Anexo 25.

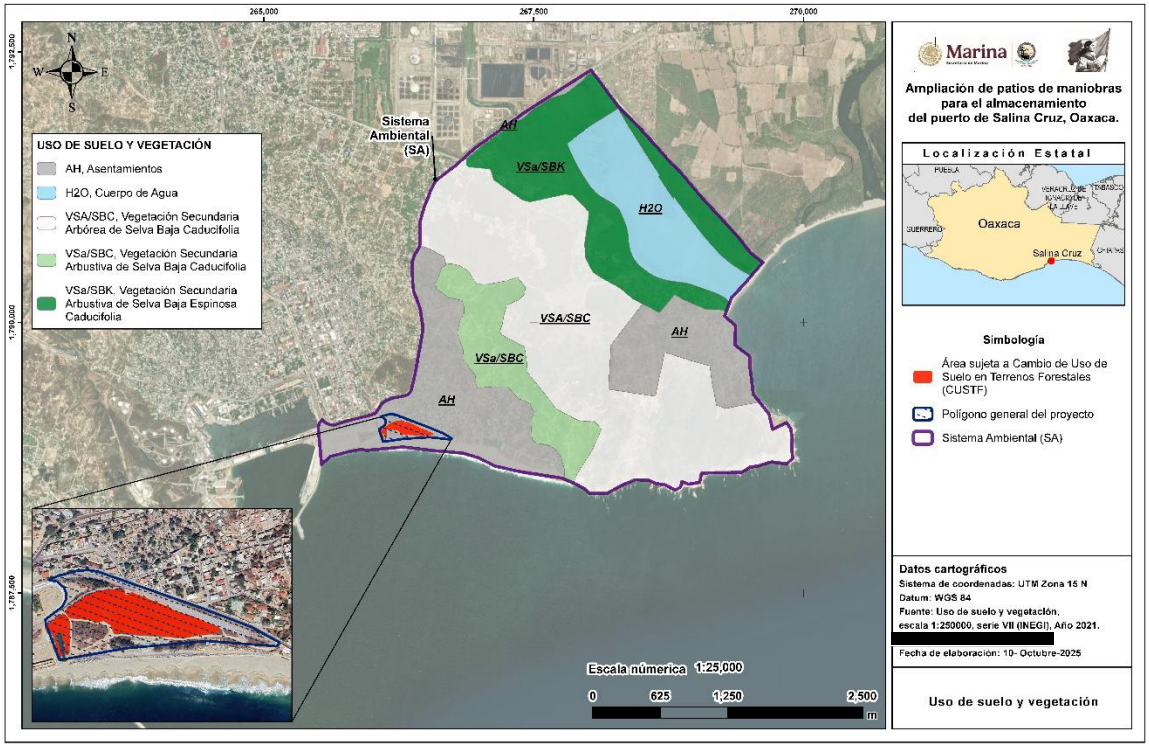


Figura 26. Uso de suelo y vegetación

De acuerdo con la Carta de uso del suelo y vegetación Serie VI del INEGI (2021), en el Sistema Ambiental delimitado para el proyecto denominado "Ampliación de patio de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca", en el Recinto Portuario ASIPONA, Municipio de Salina Cruz, Oaxaca, existen tres tipos de vegetación y asentamientos humanos, que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 33. Tipos de vegetación y uso del suelo presentes en el Sistema Ambiental.

Clave	Tipos de vegetación y usos del suelo	AREA_HA	%
AH	Asentamientos Humanos	242.99	24.89
H2O	Cuerpo de agua	107.01	10.96
VSa/SBC	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	85.29	8.74
VSA/SBC	Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia	379.25	38.84
VSa/SBK	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia	161.82	16.57
	TOTAL	**976.38**	**100.00**

A continuación, se describen los tipos de vegetación presentes en el Sistema Ambiental del proyecto antes mencionado, tomando como base la Guía para la interpretación de cartografía Uso del Suelo y Vegetación de INEGI Serie VII y complementando con la descripción de los tipos de vegetación de Oaxaca de Torres-Colín (2004).

Vegetación secundaria arbustiva y arbórea de selva baja caducifolia

En conjunto, la vegetación secundaria arbustiva y arbórea de selva baja caducifolia ocupan una superficie de 464.54 hectáreas, que representan el 47.58% del total y se ubica hacia el centro del Sistema Ambiental, al norte del predio sujeto a cambio de uso del suelo.

Actualmente y a causa de la actividad humana, la definición y delimitación de la vegetación secundaria se ha vuelto más compleja, dada su heterogeneidad florística, ecológica y su difícil interpretación, aún en campo, además que las áreas afectadas ocupan grandes superficies y variados ambientes, ya no son tan localizadas y a veces la presión es tanta que inhibe el desarrollo de ésta provocando una vegetación inducida.

La vegetación secundaria arbustiva y arbórea de selva baja caducifolia se desarrolla en condiciones climáticas en donde predominan los tipos cálidos subhúmedos, semisecos o subsecos. El más común es Aw, aunque también se presenta BS y Cw. La temperatura media anual oscila entre los 18 a 28°C. Las precipitaciones anuales se encuentran entre 300 a 1,500 mm. Con una estación seca bien marcada que va de 6 a 8 meses la cual es muy severa. Se le encuentra desde el nivel del mar hasta unos 1,900 m, rara vez hasta 2,000 m de altitud, principalmente sobre laderas de cerros con suelos de buen drenaje.

Los componentes arbóreos de esta selva presentan baja altura, normalmente de 4 a 10 m (eventualmente hasta 15m). El estrato herbáceo es bastante reducido y sólo se puede apreciar después de que ha empezado claramente la época de lluvias y retoñan o germinan las especies herbáceas. Las formas de vidas crasas y suculentas son frecuentes, especialmente en los géneros *Agave, Opuntia, Stenocereus* y *Cephalocereus.*

En Oaxaca este tipo de vegetación tiene una distribución importante en el istmo de Tehuantepec, los Valles Centrales, Mixteca Alta, Sierra Madre del Sur, Planicie costera del Pacífico, Valle de Tehuacán-Cuicatlán y la Depresión del Balsas.

Las especies arbóreas miden de 8 a 10 m y es frecuente encontrar *Bursera simaruba, B. fagaroides, Conzattia multiflora, Lonchocarpus emarginatus, Lysiloma acapulcense, L. divaricata, Havardia campylacantha, Ceiba aesculifolia, C. parvifolia, Pseudobombax ellipticum, Cordia elaegnoides, Euphorbia schlechtendalii, Gyrocarpus mocinnoi, Amphipterygium adstringens, Jacaratia mexicana, Bucida macrostachya, Astronium graveolens, Guaiacum coulteri, Pseudobombax multifolium, Cochlospermum vitifolium, Plumeria rubra, Thevetia ahouai* y *Ficus* spp. Además de los árboles, las formas básicas de estas selvas son arbustos, lianas, hierbas, formas arrosetadas y cactáceas; estas dos últimas formas se encuentran representadas por especies de los géneros *Agave, Cephalocereus, Escontria, Myrtillocactus, Neobuxbaumia, Pereskiopsis* y *Stenocereus* (Torres-Colín, 2004). Los bejucos son abundantes y las plantas epífitas se reducen principalmente a pequeñas bromeliáceas como *Tillandsia sp*., cactáceas y algunas orquídeas.

Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia

Este tipo de vegetación abarca una superficie de 161.82 has, que representa el 16.57% del total de la Sistema Ambiental y se distribuye al norte de ésta. Se desarrolla en climas similares a los de la Selva baja caducifolia o ligeramente más secos, pero en climas más húmedos que los matorrales xerófilos, con marcadas características de aridez, con precipitaciones comunes del orden de 900 mm o ligeramente menores, aunque el rango va de 350 a 1,200 mm y temperaturas medias anuales entre 20 y 27°C.

Es Oaxaca, esta selva se distribuye en las zonas más secas del istmo de Tehuantepec, Valles Centrales, Sierra Madre del Sur, Planicie Costera del Pacífico, en la Depresión del Balsas y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Se establece en elevaciones entre 100 y 900 m, en las que predomina el clima cálido subhúmedo. Está compuesta por árboles que no rebasan los 6 m; sin embargo, se pueden encontrar elementos de hasta 15 m, que en su mayoría se caracterizan por ser espinosos. Es común encontrar especies como *Piptadenia flava, Havardia campylacantha, Chloroleucon mangense, Parkinsonia praecox, Caesalpinia eriostachys, Mimosa* spp., *Ceiba parvifolia, Ziziphus amole, Bumelia celastrina, Amphipterygium adstringens, Fouquieria formosa, Bursera* spp. y *Cordia* spp., así como varias especies de cactáceas de los géneros *Pereskiopsis, Pachycereus, Stenocereus* y *Cephalocereus.*

Es importante mencionar que en la cartografía del INEGI no se reconoce a la **vegetación de Manglar** y su estado secundario dentro del Sistema Ambiental; sin embargo, en los recorridos en campo se pudo constatar la existencia de **vegetación de mangle**, tanto en el sitio sujeto a cambio de uso de suelo **(vegetación secundaria de mangle)** como en el Sistema Ambiental **(vegetación de mangle)** (**Figura 27**). A continuación, se describe el Manglar presente en el Sistema Ambiental.

El **manglar** se localiza en la porción norte del Sistema Ambiental, alrededor del cuerpo de agua que se reconoce en la cartografía del INEGI. Esta comunidad vegetal se encuentra asociada a lagunas y ríos costeros, desarrollándose en aguas poco profundas. Este hábitat es una zona de transición entre los ecosistemas terrestres y los marinos y a pesar de ser un hábitat inundable, puede ser comparado con un sistema desértico ya que, si bien hay abundancia de agua, las plantas que ahí se desarrollan tienen que adquirir el líquido en contra de un gradiente de concentración de sales.



Figura 27. Manglar en el Sistema Ambiental.

Estas plantas poseen mecanismos que les permiten desalar el agua que aprovechan; una de las adaptaciones más notables de los manglares es que en mayor o menor medida una parte importante de su sistema radicular está fuera del suelo, lo que les permite captar gases atmosféricos y transportarlos a las raíces subterráneas que se encuentran en suelos poco oxigenados (Rodríguez, *et al.*, 2013). En el Sistema Ambiental las especies dominantes que alcanzan alturas de 6 a 10 m., son *Avicennia germinans, Conocarpus erectus* y *Laguncularia racemosa.* Otras especies que acompañan son *Amphipterygium adstringens, Cordia dentata, Neltuma juliflora* y *Pithecellobium dulce*. El estrato arbustivo es escaso, proliferando principalmente individuos jóvenes de *Avicennia germinans, Conocarpus erectus y Laguncularia racemos.* Las hierbas predominantes son *Batis marítima y Sesuvium portulacastrum.*
Un elemento notorio en el mangle del SA, son las suculentas, principalmente *Acanthocereus tetragonus* y *Opuntia decumbens.* La perturbación del manglar en la zona es evidente, principalmente por la cercanía de asentamientos humanos, existiendo una gran cantidad de desechos urbanos, que son arrastrados por las corrientes de agua.



Figura 28. Estado actual del mangle en el Sistema Ambiental.

Metodología

Se realizó la caracterización florística y estructural de la vegetación presente en el Sistema Ambiental delimitado para el proyecto denominado “Ampliación de patio de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca”, en el Recinto Portuario ASIPONA, Municipio de Salina Cruz, Oaxaca, con la finalidad de tener un panorama de las condiciones actuales de la vegetación existente y realizar una comparación con la vegetación presente en el predio del proyecto. Es importante mencionar que, aun cuando el INEGI clasifica como

Asentamientos Humanos el predio sujeto a cambio de uso del suelo, mediante recorridos en el área se reconoció la existencia de **vegetación secundaria de Mangle**; por ello, para hacer la comparación entre el Sistema Ambiental y el sitio del proyecto, se muestreó este tipo de vegetación en el Sistema Ambiental.

El muestreo aplicado fue simple aleatorio, que consistió en la toma de muestras de vegetación presente en diferentes sitios del Sistema Ambiental. Esta metodología se emplea en aquellos casos en que se dispone de poca información previa acerca de las características de la población a medirse. En cuanto a la forma y tamaño de los sitios de muestreo, para el muestreo del estrato arbóreo se emplearon sitios de 400 m^2 cada uno, donde se midieron todos los árboles con diámetro a la altura del pecho (d.a.p.) (1.3 m) ≥ 5.0 cms y las palmas y suculentas. En esta misma superficie se contabilizaron los arbustos existentes en un área de 25 m^2 (5x5 m), considerando como tal a aquellos individuos con ramificación desde la base y de consistencia leñosa. Las hierbas fueron muestreadas en cuadros de 1m^2.

Para la realización del estudio de flora en el Sistema Ambiental del Proyecto antes mencionado se determinó realizar:

- 10 sitios de muestreo en **Vegetación de mangle** para dar un total de 4,000 metros cuadrados.

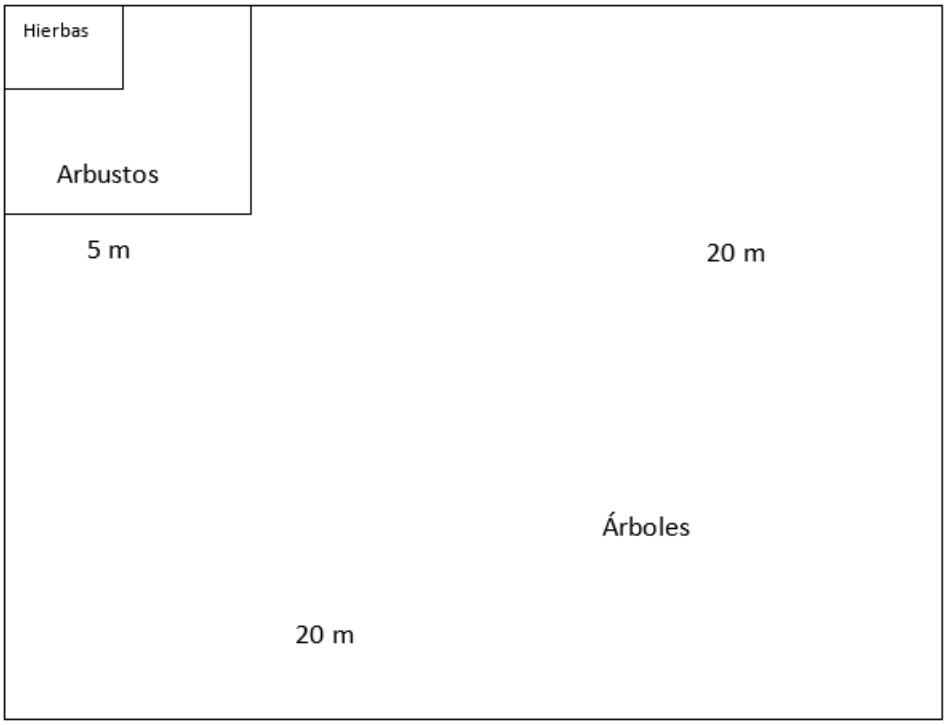


Figura 29. Esquema de los sitios de muestreo (1: sitio de 1 m2 para el muestreo de las hierbas)

Los parámetros que se tomaron para las plantas fueron los siguientes:

- Identidad taxonómica (en caso de no conocer la especie, se asignó un nombre de morfoespecie, alusivo a alguna característica morfológica de la planta, que permitiera

reconocerla posteriormente durante el muestreo). En caso de no reconocer la especie, se hicieron las colectas botánicas para su posterior determinación taxonómica.

- Altura (m). Se midió desde el nivel del suelo hasta la copa.
- Diámetro a la altura del pecho (1.3m) (DAP)(cm) (solo para árboles).
- Cobertura de copa (diámetro mayor y su perpendicular) (solo para arbustos, suculentas y palmas).

a) Estructura de la vegetación

Con los datos obtenidos en campo, se calcularon las siguientes variables:

- Densidad: definida como el número de individuos (N) en un área (A) determinada.
- Frecuencia: probabilidad de encontrar una especie en un determinado sitio de muestreo.
- Área basal (AB): se calculó como el área de la sección transversal del tallo o tronco a la altura del pecho (1.3m), empleando la fórmula para un círculo (Matteucci y Colma, 1982). Donde D=diámetro del tallo

$$AB= \pi(D/2)^2$$

- Cobertura: se obtuvo utilizando la fórmula para calcular el área de una elipse, donde D1= diámetro mayor de la cobertura, D2= diámetro perpendicular a D1 y π= 3.1415 (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974):

$$C= \pi[(D1+D2)/4]^2$$

- Índice de Valor de Importancia (IVI): este parámetro mide el valor de las especies con base en tres parámetros principales: dominancia (ya sea en forma de cobertura o área basal), densidad y frecuencia. El IVI resulta de la suma de estos tres parámetros y revela la importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad vegetal. Para los árboles el IVI se calculó usando la densidad, la frecuencia y el área basal. En el caso de los arbustos y palmas este parámetro fue calculado a partir de la densidad, la frecuencia y la cobertura de copa. Para las hierbas el IVI se calculó con los datos de densidad y frecuencia, ya que como sugieren Mostacedo y Fredericksen (2000) cuando no se tiene información o no es posible medir los tres parámetros para el IVI, se deben sumar los valores de dos parámetros, cualquiera sea la combinación.

Diversidad florística

Se analizó la diversidad alfa (α), considerada como la riqueza de especies vegetales de una comunidad particular que se considera homogénea (Whittaker, 1972, citado en Moreno 2001). Para evaluar la diversidad alfa se emplearon dos tipos de índices: aquellos basados en la cuantificación del número de especies presentes (Riqueza específica) y otros basados en la estructura de la comunidad, ya sea dominancia (Índice de Berger-Parker, Índice de Simpson) o equidad (Índice de Shannon-Wiener) de la comunidad.

a) Riqueza de especies (S): considerada como el número de especies por unidad de área, sin tomar en cuenta el valor de importancia de estas. Se expresa mediante la suma de todas las especies que se han registrado en cada uno de los transectos o parcelas de muestreo.

b) Índice de Berger-Parker (d):

$$d = N_{max}/N$$

donde N_{max} es el número de individuos de la especie más abundante, y N es el número total de individuos.

c) Índice de Simpson (D): manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies dominantes.

$$D = 1 - \sum p_i^2$$

donde p_i es la abundancia proporcional de la especie *i*, es decir, el número de individuos de la especie *i* dividido entre el número total de individuos de la muestra.

d) Índice de Shannon-Wiener (H'): es el índice más usado, expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies de una comunidad están representadas en la muestra. Este índice adquiere valores entre cero cuando hay una sola especie y el logaritmo de S cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos.

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Donde p_i es la proporción de la muestra que corresponde a la especie i, ln es logaritmo natural

La equitatividad (E) correspondiente al índice de Shannon fue calculada con la Equidad de Pielou. Si todas las especies de una muestra presentan la misma abundancia el índice usado para medir la Equitatividad debería ser máximo y, por lo tanto, debería decrecer tendiendo a cero a medida que las abundancias relativas se hagan menos equitativas.

$$E = H'/H'_{max}$$

Donde H'_{max} =

Composición florística

Para elaborar el inventario florístico del Sistema Ambiental del proyecto, se colectaron todas las especies vegetales muestreadas en los diferentes sitios, además que se colectaron muestras botánicas de la flora adyacente a los sitios de muestreo, para complementar la lista florística. Todos los ejemplares botánicos fueron determinados mediante el uso de claves taxonómicas. La lista florística se ordenó alfabéticamente por familia y género; la nomenclatura de las familias, géneros y especies, así como los autores, se verificaron en la base de datos de WFO (World Flora Online: https://wfoplantlist.org). Además, se consultó la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Lista de la IUCN para verificar las categorías de riesgo de las especies.

Curva de acumulación de especies.

Es importante determinar si el muestreo de la vegetación es confiable y representativo de los atributos medidos. La "confiabilidad del muestreo" en ecología se refiere a qué tan bien un

esfuerzo de muestreo refleja la verdadera diversidad de especies en una comunidad o área de estudio. Es una medida de cuánta confianza se puede tener en que los datos recopilados representan la realidad del ecosistema, en términos de cuántas especies están presentes y en qué abundancia.

Una de las herramientas clave para evaluar la confiabilidad del muestreo es por medio de las curvas de acumulación de especies, que son gráficos que muestran el número acumulado de especies observadas en una comunidad a medida que se incrementa el esfuerzo de muestreo. Este esfuerzo puede estar representado por el número de individuos contados, el número de muestras tomadas o el área muestreada. Las curvas de acumulación de especies son una herramienta fundamental en ecología para entender la diversidad de una comunidad y la eficacia del muestreo. (Villarreal, *et al.,* 2006).

Para complementar el análisis de la confiabilidad de la toma de datos ecológicos de la vegetación, se utilizaron estimadores de la riqueza obtenida y esperada mediante el programa iNEXT (Interpolation and Extrapolation) (https://chao.shinyapps.io/iNEXTOnline/) que es un paquete estadístico desarrollado para R, utilizado principalmente en ecología para analizar la diversidad de especies. Este paquete facilita la interpolación (estimación dentro del rango de datos observados) y extrapolación (estimación fuera del rango de datos observados) de las curvas de acumulación de especies y curvas de rarefacción, lo que permite evaluar la diversidad de especies en diferentes comunidades o hábitats.

En este caso, se utilizó un modelo no paramétrico ya que no asume el tipo de distribución del conjunto de datos y no los ajusta a un modelo determinado. El estimador de riqueza usado fue Chao1, ya que se cuenta con datos de abundancia por especie y con ello se estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies representadas por un individuo (singletons) y el número de especies representadas por dos individuos en las muestras (doubletons). En la siguiente tabla se muestran los resultados de los estimadores no paramétricos obtenidos con el programa iNEXT.

Tabla 34. Estimadores no paramétricos de la riqueza de especies

	Sistema Ambiental
n	569
S. Obs	30
SC	0.9895

En la siguiente tabla se muestran los resultados de los estimadores no paramétricos obtenidos con el programa iNEXT para el muestreo realizado en el Área sujeta a cambio de uso del suelo.

	ÁREA SUJETA A CAMBIO DE USO DEL SUELO
n	296
S. Obs	21
SC	0.9967

n= número de individuos observados en las muestras de referencia (tamaño de la muestra)
S. Obs= Número de especies observadas en las muestras de referencia
SC= cobertura del muestreo (eficiencia del muestreo).
Como se observa, las 30 especies encontradas en el Sistema Ambiental representan el 98.95% de las especies que posiblemente se encuentran en este ámbito.

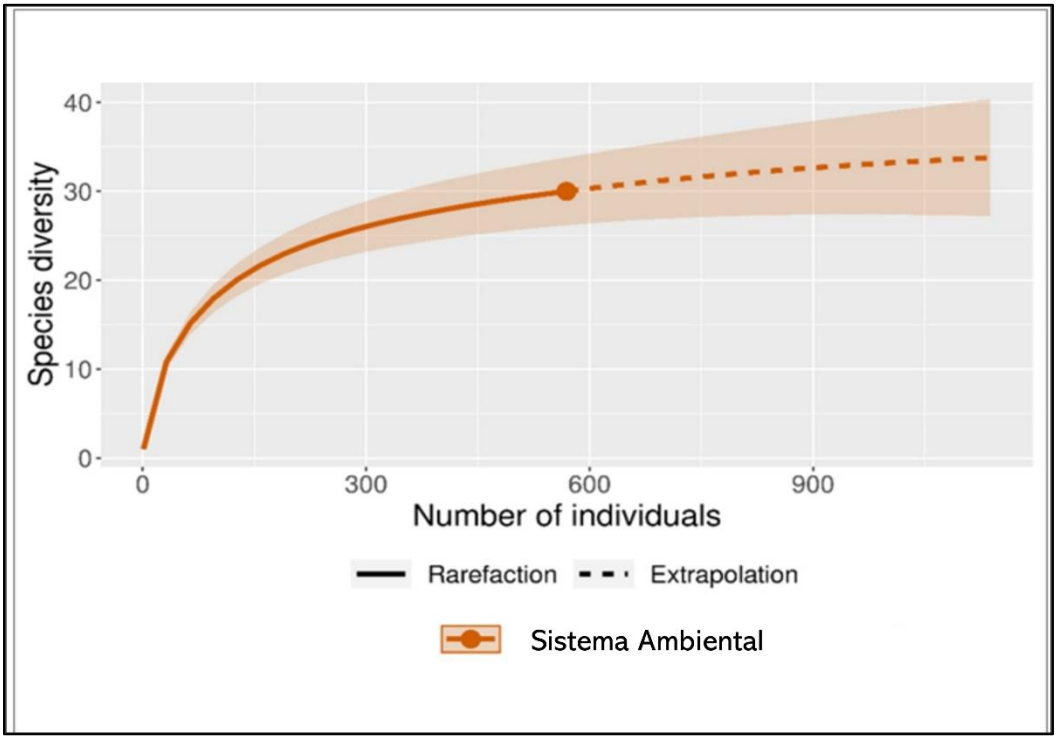


Figura 30. Curva de acumulación de especies Sistema Ambiental

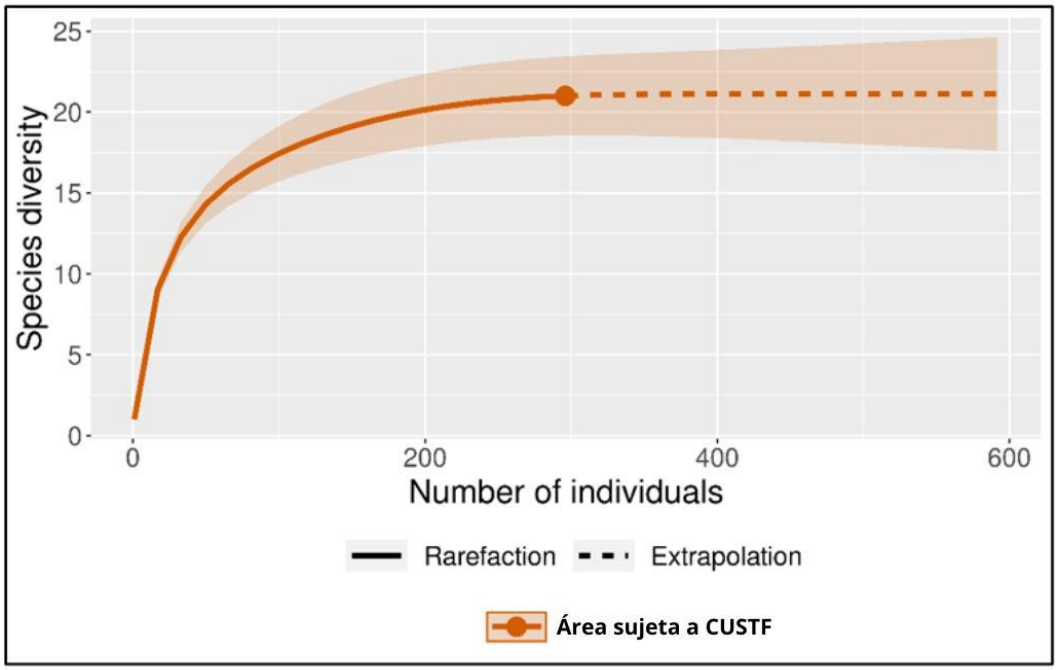


Figura 31. Curva de acumulación de especies (Área sujeta a cambio de uso del suelo)

Esta primera figura corresponde a la curva de acumulación de especies, que informa la diversidad de especies dado el número de individuos que se observaron y se muestra que la curva alcanza la asíntota en el número de especies registradas, tomando en cuenta el número de individuos muestreados. El porcentaje alcanzado en el Área sujeta a cambio de uso del suelo es resultado de las pocas especies que pueden proliferar en estos ambientes particulares, donde la salinidad y la presencia permanente de agua resultan ser limitantes para el establecimiento de las especies.

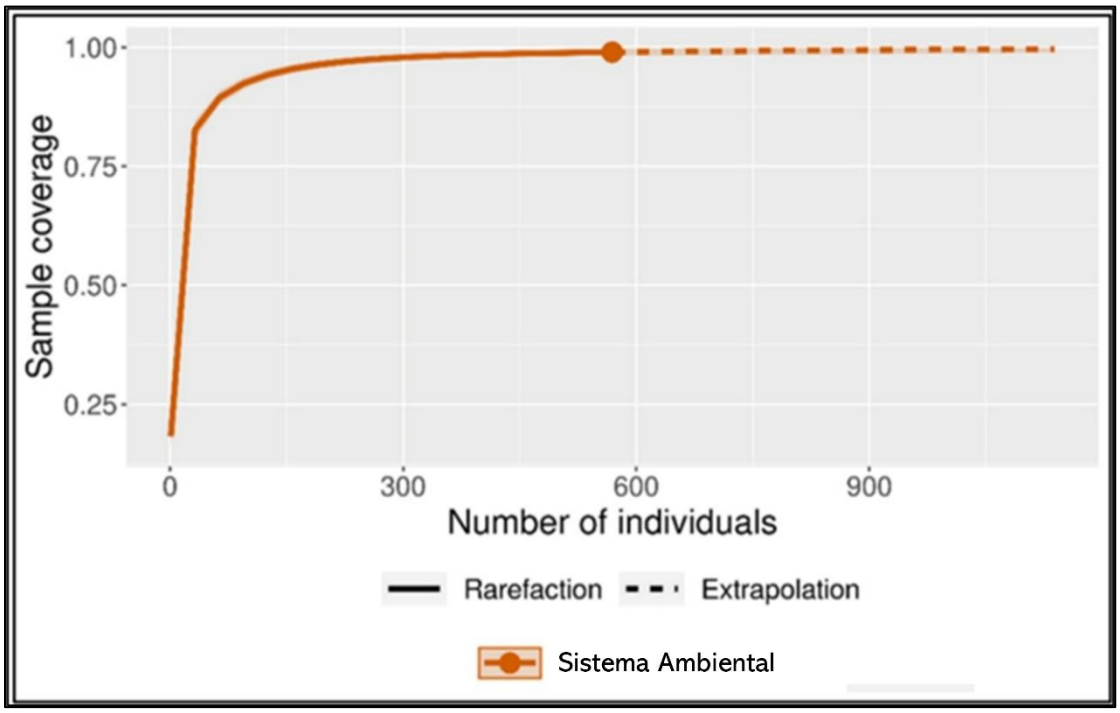


Figura 32. Eficiencia del muestreo

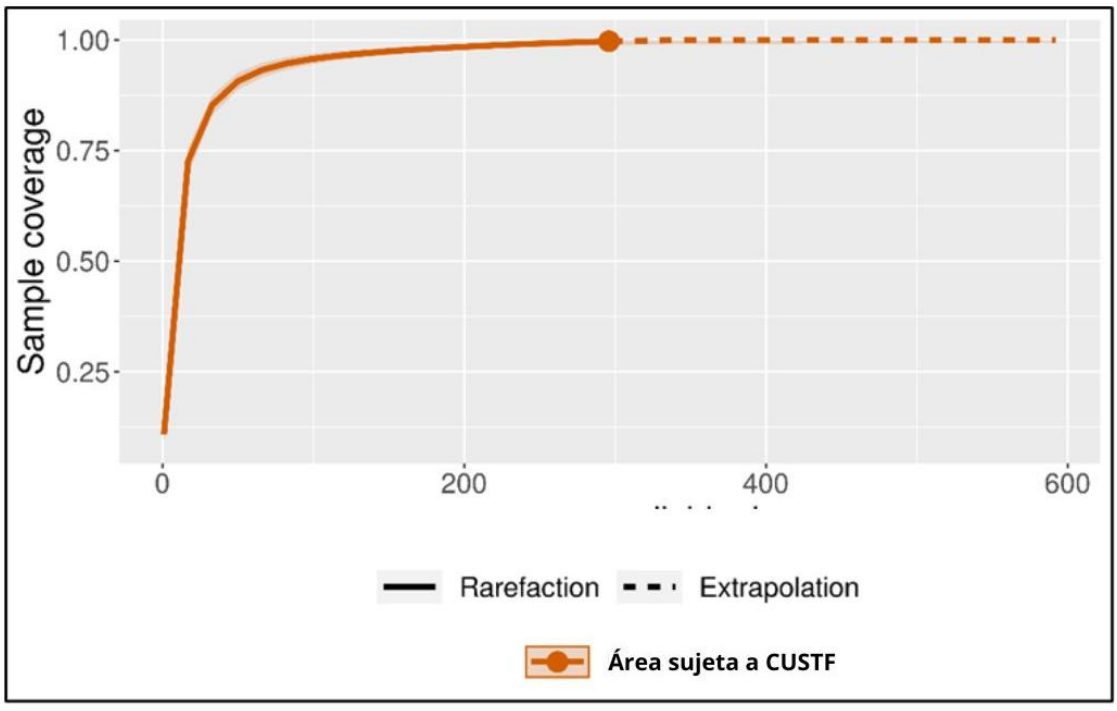


Figura 33. Eficiencia del muestreo

Esta segunda gráfica indica la eficiencia del muestreo, dado el número de individuos observados en los muestreos y claramente se observa la asíntota alcanzada en la curva. Como se observa en las gráficas anteriores, el modelo predictivo para validar el esfuerzo de muestreo sugiere que en el Sistema Ambiental se alcanza la asíntota en la diversidad observada arriba del 98% de las especies de plantas de probable ocurrencia.

Coordenadas de los sitios de muestreo en el Sistema Ambiental

A continuación, se presentan las coordenadas de los 10 sitios de muestreo ubicados en la Vegetación de manglar de la Sistema Ambiental del proyecto "Ampliación de patio de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca", ver Anexo 26 (digital).

Tabla 35. Coordenadas de los sitios de muestreo en la Vegetación de manglar del proyecto "Ampliación de patio de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca"

Proyección UTM; 15Q				Proyección UTM; 15Q			
SITIO	VÉRTICE	X	Y	SITIO	VÉRTICE	X	Y
S1	1	269561	1790555	S6	1	269248	1790934
S1	2	269556.61	1790535.5	S6	2	269263.16	1790921
S1	3	269537.1	1790539.9	S6	3	269250.12	1790905.8
S1	4	269541.49	1790559.4	S6	4	269234.96	1790918.8
S2	1	268688	1791077	S7	1	268465	1790630
S2	2	268707.44	1791081.7	S7	2	268450.32	1790616.4
S2	3	268712.13	1791062.2	S7	3	268436.74	1790631.1
S2	4	268692.69	1791057.6	S7	4	268451.42	1790644.7
S3	1	268180	1792017	S8	1	268362	1790782
S3	3	268207.38	1792009.9	S8	2	268379.43	1790791.8
S3	2	268197.24	1792027.1	S8	3	268389.24	1790774.4
S3	4	268190.13	1791999.8	S8	4	268371.8	1790764.6
S4	1	268482	1791790	S9	1	268331	1791013
S4	2	268493.32	1791773.5	S9	2	268316.73	1791027
S4	3	268476.84	1791762.2	S9	3	268330.74	1791041.3
S4	4	268465.52	1791778.7	S9	4	268345.01	1791027.3
S5	1	267798	1791957	S10	1	268120	1791193
S5	2	267778	1791957	S10	2	268117.58	1791173.1
S5	3	267778	1791977	S10	3	268097.72	1791175.6
S5	4	267798	1791977	S10	4	268100.15	1791195.4

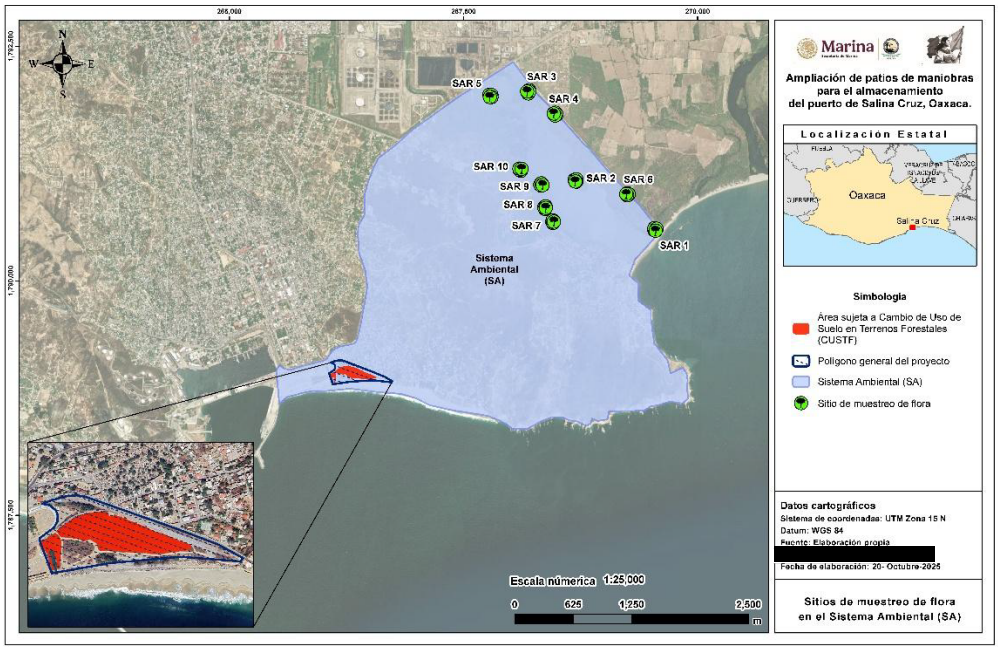


Figura 34. Mapa de sitios de muestreo de flora en el Sistema Ambiental

Tabla 36. Coordenadas geográficas de los sitios de muestreo en el área Sujeto a Cambio de uso del suelo

PROYECCIÓN UTM; 15Q			
SITIO	VÉRTICE	X	Y
Sitio 1	1	266105.02	1789018.1
Sitio 1	2	266121.67	1789029.2
Sitio 1	3	266132.75	1789012.5
Sitio 1	4	266116.1	1789001.4
Sitio 2	1	266209	1789052
Sitio 2	2	266207.62	1789032
Sitio 2	3	266187.67	1789033.4
Sitio 2	4	266189.05	1789053.4
Sitio 3	1	266258	1789048
Sitio 3	2	266240.14	1789057
Sitio 3	3	266249.14	1789074.9
Sitio 3	4	266267	1789065.86
Sitio 4	1	266355.3	1789026.9
Sitio 4	3	266366.54	1789052.8
Sitio 4	4	266373.9	1789034.2
Sitio 4	2	266347.94	1789045.5
Sitio 5	1	266473.65	1789017.5
Sitio 5	2	266493.13	1789013
Sitio 5	3	266488.61	1788993.5

PROYECCIÓN UTM; 15Q			
SITIO	VÉRTICE	X	Y
Sitio 5	4	266469.13	1788998
Sitio 6	1	266563	1788963
Sitio 6	2	266545.4	1788972.5
Sitio 6	3	266554.91	1788990.1
Sitio 6	4	266572.51	1788980.6
Sitio 7	1	266470	1788973
Sitio 7	2	266464.8	1788953.7
Sitio 7	3	266445.49	1788958.9
Sitio 7	4	266450.69	1788978.2
Sitio 8	1	266390	1788986
Sitio 8	2	266383.36	1788967.1
Sitio 8	3	266364.5	1788973.8
Sitio 8	4	266371.13	1788992.6
Sitio 9	1	266290	1788986
Sitio 9	2	266288.95	1789006
Sitio 9	3	266308.93	1789007
Sitio 9	4	266309.97	1788987
Sitio 10	1	266133	1788987
Sitio 10	2	266132.23	1788967
Sitio 10	3	266112.24	1788967.8
Sitio 10	4	266113.02	1788987.8

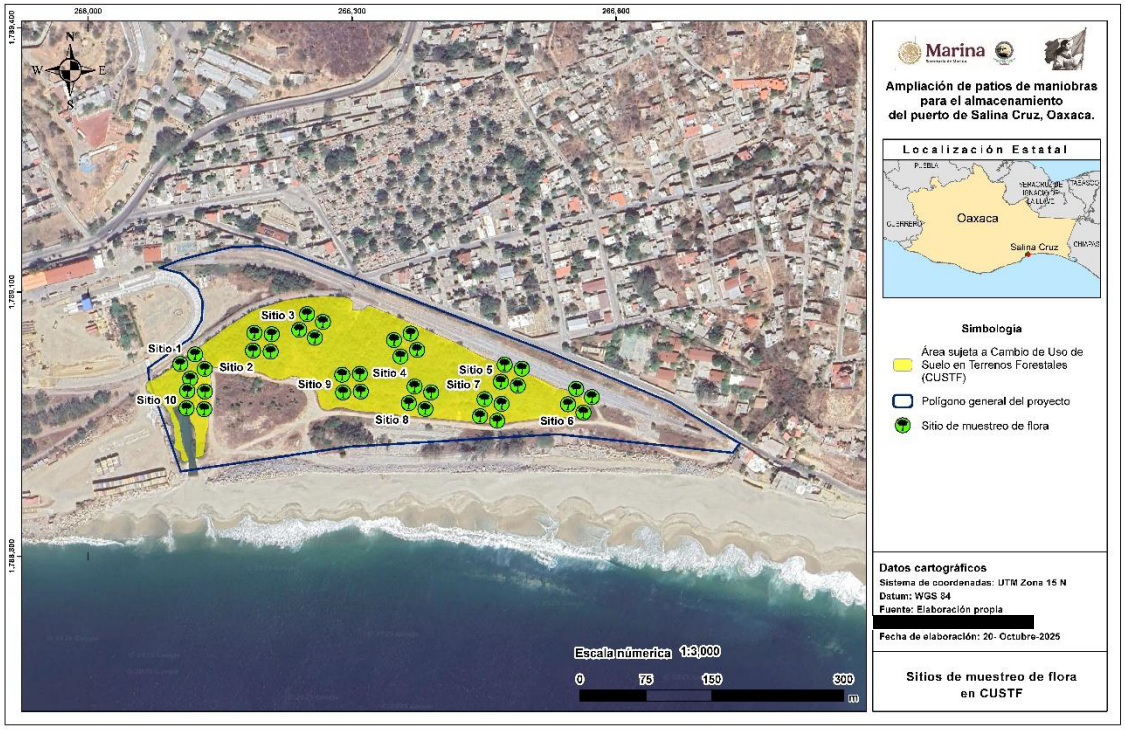


Figura 35. Sitios de muestreo en el Área sujeta a Cambio de Uso de Suelo

Estructura cuantitativa de la vegetación de manglar.

En los muestreos realizados en el Sistema Ambiental se registraron un total de 569 individuos. En la siguiente tabla se muestra el número de individuos por forma de crecimiento.

Tabla 37. Número de individuos por forma de crecimiento

Forma de crecimiento	Sistema Ambiental
Árboles	396
Arbustos	48
Hierbas	56
Palmas y suculentas	69
Total	**569**

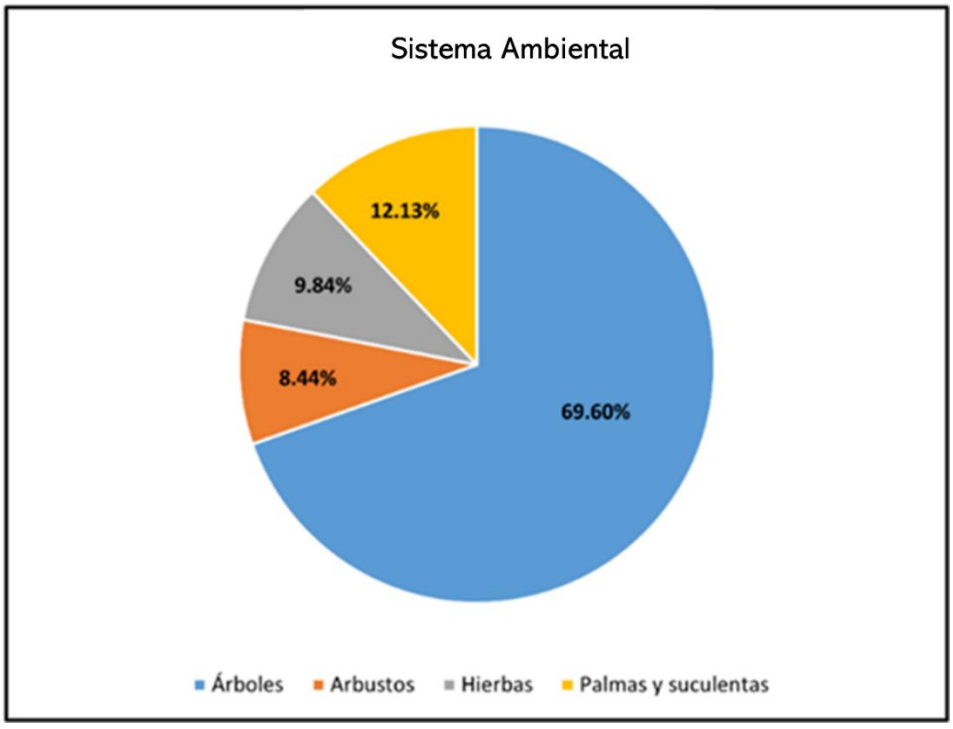


Figura 36. Porcentaje de individuos por forma de crecimiento en el Sistema Ambiental

Como se observa, en la figura 35, el estrato arbóreo tuvo el mayor número de individuos (69.60% del total de individuos), seguido de las palmas y suculentas (12.13%), las hierbas (9.84%) y por último los arbustos (8.44%).

Tabla 38. Número de individuos por forma de crecimiento

FORMA DE CRECIMIENTO	ÁREA DE CUSTF
Árboles	176
Arbustos	49
Hierbas	44
Palmas y suculentas	27
Total	**296**

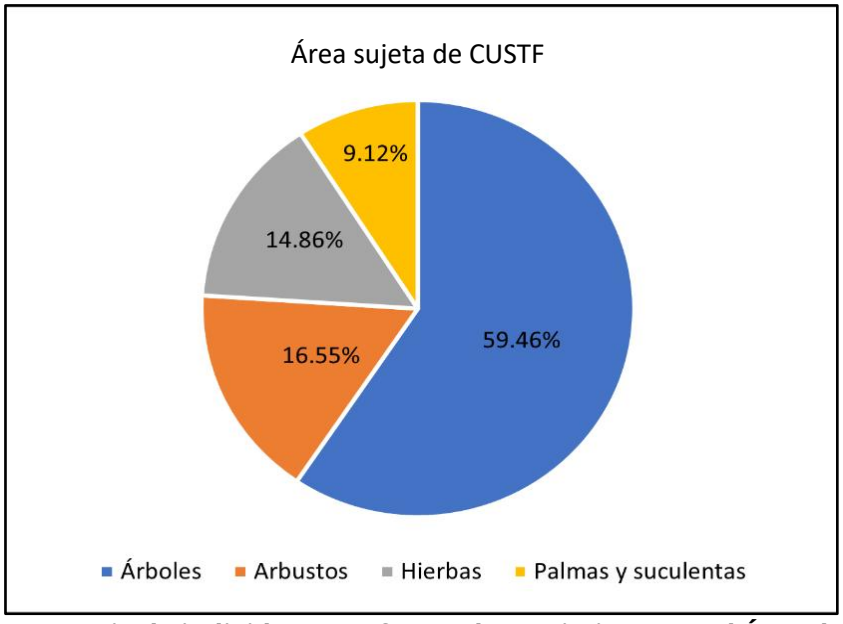


Figura 37. Porcentaje de individuos por forma de crecimiento en el Área de CUSTF

Como se observa, el estrato arbóreo tuvo el mayor número de individuos (59.46% del total de individuos), seguido por los arbustos (16.55%), las hierbas (14.86%) y por último las palmas y suculentas (9.12%).

RESULTADOS EN EL SISTEMA AMBIENTAL

En la tabla siguiente se presenta el listado de especies por estrato. Las especies registradas se reportan por nombre científico, nombre común y categoría en la NOM-059- SEMARNAT-2010, CITES y UICN.

Tabla 39. Composición florística en el Sistema Ambiental

Familia	Nombre científico	Ind/ 0.4Ha SA	Ind/Ha SA	Distribución	Uso principal	Nombre común	NOM-059	IUCN	CITES
ARBOLES									
Acanthaceae	*Avicennia germinans*	118	295	Nativa	Combustible	Mangle prieto	A	LC	
Anacardiaceae	*Amphipterygium adstringens*	15	38	Nativa	Medicinal	Cuachalalate		VU	
Burseraceae	*Bursera excelsa*	1	3	Nativa	Maderable	Árbol del copal santo		LC	
Capparaceae	*Quadrella incana*	2	5	Nativa	Maderable	Matagallina		LC	
Combretaceae	*Conocarpus erectus*	190	475	Nativa	Combustible	Mangle Botoncillo	A	LC	
Combretaceae	*Laguncularia racemosa*	45	113	Nativa	Combustible	Mangle blanco	A	LC	
Cordiaceae	*Cordia dentata*	1	3	Nativa	Maderable	Palo noble		LC	
Fabaceae	*Leucaena lanceolata*			Endémica, Nativa	Maderable	Guaje		LC	
Fabaceae	*Lysiloma divaricatum*	7	18	Nativa	Medicinal	Mauto		LC	
Fabaceae	*Neltuma juliflora*	9	23	Nativa	Medicinal	Huizache		LC	
Fabaceae	*Parkinsonia aculeata*			Nativa	Medicinal	Retama		LC	
Fabaceae	*Pithecellobium dulce*	3	8	Nativa	Ambiental	Guamúchil		LC	
Fabaceae	*Senna atomaria*	2	5	Nativa	Materiales	Palo zorrillo		LC	
Meliaceae	*Azadirachta indica*			Exótica-Invasora	Maderable	Neem de la India			
Polygonaceae	*Coccoloba liebmannii*			Endémica,Nativa	Maderable	Uva silvestre		LC	
Rhamnaceae	*Sarcomphalus amole*	3	8	Endémica,Nativa	Medicinal	Ceituna		LC	
ARBUSTOS									
Acanthaceae	*Avicennia germinans*	1	3	Nativa	Combustible	Mangle prieto	A	LC	



Familia	Nombre científico	Ind/ 0.4Ha SA	Ind/Ha SA	Distribución	Uso principal	Nombre común	NOM-059	IUCN	CITES
Anacardiaceae	*Amphipterygium adstringens*	14	35	Nativa	Medicinal	Cuachalalate		VU	
Apocynaceae	*Cryptostegia grandiflora*	3	8	Exótica-Invasora		Chicote de Madagascar			
Apocynaceae	*Rauvolfia tetraphylla*			Nativa	Medicinal	Chililllo		LC	
Bignoniaceae	*Tabebuia rosea*			Nativa	Ambiental	Primavera		LC	Ap.II
Burseraceae	*Bursera excelsa*			Nativa	Maderable	Árbol del copal santo		LC	
Capparaceae	*Capparis indica*	4	10			Vara prieta			
Combretaceae	*Conocarpus erectus*	7	18	Nativa	Combustible	Mangle Botoncillo	A	LC	
Combretaceae	*Laguncularia racemosa*	1	3	Nativa	Combustible	Mangle blanco	A	LC	
Cordiaceae	*Cordia truncatifolia*	1	3	Nativa		Sasanil del cerro		LC	
Fabaceae	*Coulteria velutina*	1	3	Nativa	Maderable	Frijolillo		LC	
Fabaceae	*Indigofera suffruticosa*	1	3	Nativa		Añil			
Fabaceae	*Neltuma juliflora*	1	3	Nativa	Medicinal	Huizache		LC	
Fabaceae	*Parkinsonia aculeata*			Nativa	Medicinal	Retama		LC	
Fabaceae	*Pithecellobium dulce*			Nativa	Ambiental	Guamúchil		LC	
Fabaceae	*Senna atomaria*	7	18	Nativa	Materiales	Palo zorrillo		LC	
Malvaceae	*Pseudabutilon orientale*			Nativa					
Meliaceae	*Azadirachta indica*			Exótica-Invasora	Maderable	Neem de la India			
Polygonaceae	*Coccoloba liebmannii*	2	5	Endémica,Nativa	Maderable	Uva silvestre		LC	
Rhamnaceae	*Sarcomphalus amole*	2	5	Endémica,Nativa	Medicinal	Ceituna		LC	





Familia	Nombre científico	Ind/ 0.4Ha SA	Ind/Ha SA	Distribución	Uso principal	Nombre común	NOM-059	IUCN	CITES
Sapotaceae	*Sideroxylon stenospermum*	3	8	Nativa				LC	
HIERBAS									
Acanthaceae	*Elytraria imbricata*	2	5	Nativa	Medicinal	Cordeoncillo			
Aizoaceae	*Sesuvium portulacastrum*	5	13	Nativa	Ornamental	Verdolaga de playa		LC	
Amaranthaceae	*Gomphrena serrata*	6	15	Nativa		Amor seco			
Asteraceae	*Zinnia flavicoma*	1	3	Endémica,Nativa					
Bataceae	*Batis maritima*	27	68	Nativa	Medicinal	Saladilla			
Capparaceae	*Capparis indica*	2	5			Vara prieta			
Combretaceae	*Conocarpus erectus*	2	5	Nativa	Combustible	Mangle Botoncillo	A	LC	
Commelinaceae	*Commelina erecta*			Nativa	Materiales	Cantillo			
Fabaceae	*Neltuma juliflora*			Nativa	Medicinal	Huizache		LC	
Fabaceae	*Pithecellobium dulce*			Nativa	Ambiental	Guamúchil		LC	
Fabaceae	*Tephrosia leiocarpa*	7	18	Nativa					
Malvaceae	*Melochia tomentosa*	4	10	Nativa	Medicinal	Malva de los cerros			
Poaceae	*Urochloa mollis*			Nativa					
SUCULENTAS									
Arecaceae	*Sabal mexicana*			Nativa	Ambiental	Apachite, huano		LC	
Cactaceae	*Acanthocereus tetragonus*	35	88	Nativa	Ambiental	Cruceta		LC	Ap.II
Cactaceae	*Opuntia decumbens*	11	28	Nativa	Ornamental	Nopal de culebra		LC	Ap.II





Familia	Nombre científico	Ind/ 0.4Ha SA	Ind/Ha SA	Distribución	Uso principal	Nombre común	NOM-059	IUCN	CITES
Cactaceae	*Pereskia lychnidiflora*	11	28	Nativa	Ornamental	árbol del matrimonio		LC	Ap.II
Cactaceae	*Stenocereus pruinosus* **TOTAL**	12 **569**	30	Endémica,Nativa	Ornamental	Pitayo		LC	Ap.II



En las siguientes tablas se muestran los valores estructurales de los árboles, arbustos, hierbas y palmas y, suculentas en el Sistema Ambiental.

Tabla 40. Valores estructurales de los árboles en el Sistema Ambiental

Nombre científico	Sistema Ambiental.						
	Den	Den. Rel.	Frec.	Frec. Rel.	A.B. (cm2)	A.B. Rel.	I.V.I.
Amphipterygium adstringens	15	3.79	1	2.70	545.10	0.67	7.16
Avicennia germinans	118	29.80	9	24.32	40053.52	49.22	103.35
Bursera excelsa	1	0.25	1	2.70	23.76	0.03	2.98
Conocarpus erectus	190	47.98	10	27.03	29642.41	36.43	111.44
Cordia dentata	1	0.25	1	2.70	64.48	0.08	3.03
Laguncularia racemosa	45	11.36	3	8.11	6977.70	8.58	28.05
Lysiloma divaricatum	7	1.77	3	8.11	451.58	0.55	10.43
Neltuma juliflora	9	2.27	3	8.11	3279.41	4.03	14.41
Pithecellobium dulce	3	0.76	1	2.70	98.99	0.12	3.58
Quadrella incana	2	0.51	1	2.70	40.06	0.05	3.26
Sarcomphalus amole	3	0.76	2	5.41	139.03	0.17	6.33
Senna atomaria	2	0.51	2	5.41	52.82	0.06	5.98
TOTAL	396	100	37	100	81368.86	100	300

Den= Densidad; Den. Rel.= Densidad relativa; Frec.=Frecuencia; Frec. Rel.= Frecuencia relativa; A.B. (CM2)= Área Basal (cm2); A.B. Rel.= Área Basal relativa; I.VI.=índice de Valor de importancia.

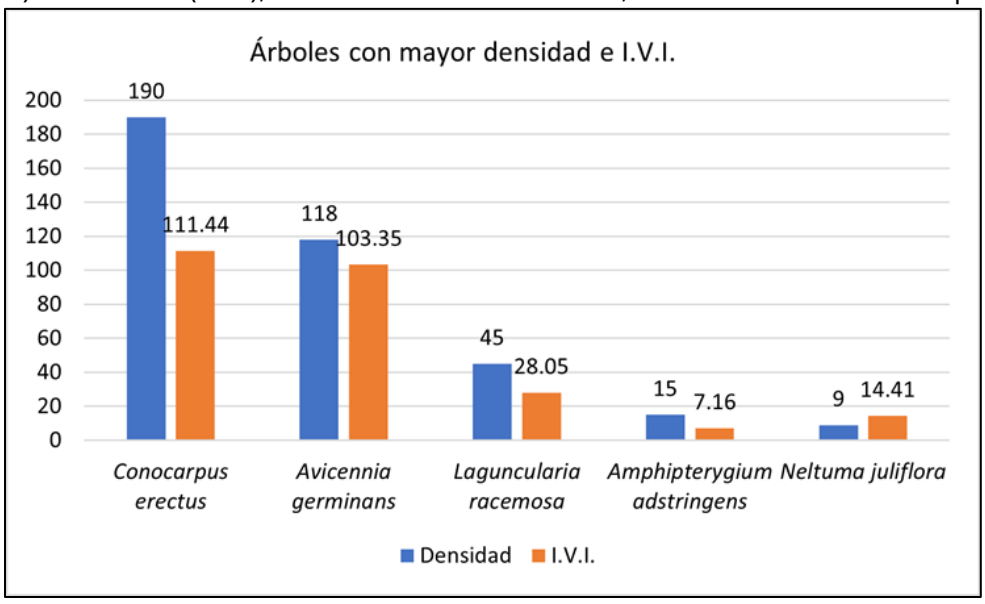


Figura 38. Porcentaje de individuos por forma de crecimiento en el Sistema Ambiental

Como se observa en la tabla y figura anteriores, las especies con el mayor número de individuos son *Conocarpus erectus* (190 individuos, que representa el 47.98% del total), *Avicennia germinans*

(11 individuos, 29.80%), *Laguncularia racemosa* (45 individuos, 11.36%), *Amphipterygium adstringens* (15 individuos, 3.79%) y *Neltuma juliflora* (9 individuos, 2.27%). Respecto al I.V.I., las especies con los valores más altos son *Conocarpus erectus, Avicennia germinans, Laguncularia racemosa, Neltuma juliflora* y *Amphipterygium adstringen*, en ese orden.

En la siguiente tabla se muestran los valores estructurales de los arbustos presentes en el Sistema Ambiental.

Tabla 41. Valores estructurales de los árboles en el Sistema Ambiental.

Nombre científico	Sistema Ambiental.						
	Den	Den. Rel.	Frec.	Frec. Rel.	A.B. (m^2)	A.B. Rel.	I.V.I.
Amphipterygium adstringens	14	29.17	1	5.26	18.09	20.34	54.77
Avicennia germinans	1	2.08	1	5.26	6.61	7.43	14.77
Capparis incana	4	8.33	2	10.53	6.75	7.59	26.45
Coccoloba liebmannii	2	4.17	1	5.26	3.27	3.67	13.10
Conocarpus erectus	7	14.58	4	21.05	13.96	15.69	51.33
Cordia truncatifolia	1	2.08	1	5.26	0.79	0.88	8.23
Coulteria velutina	1	2.08	1	5.26	3.98	4.47	11.82
Cryptostegia grandiflora	3	6.25	1	5.26	7.24	8.14	19.66
Indigofera suffruticosa	1	2.08	1	5.26	0.20	0.22	7.57
Laguncularia racemosa	1	2.08	1	5.26	1.95	2.19	9.54
Neltuma juliflora	1	2.08	1	5.26	2.84	3.19	10.53
Sarcomphalus amole	2	4.17	1	5.26	2.58	2.90	12.33
Senna atomaria	7	14.58	2	10.53	19.02	21.38	46.49
Sideroxylon stenospermum	3	6.25	1	5.26	1.70	1.91	13.42
TOTAL	48	100	19	100	88.95	100	300

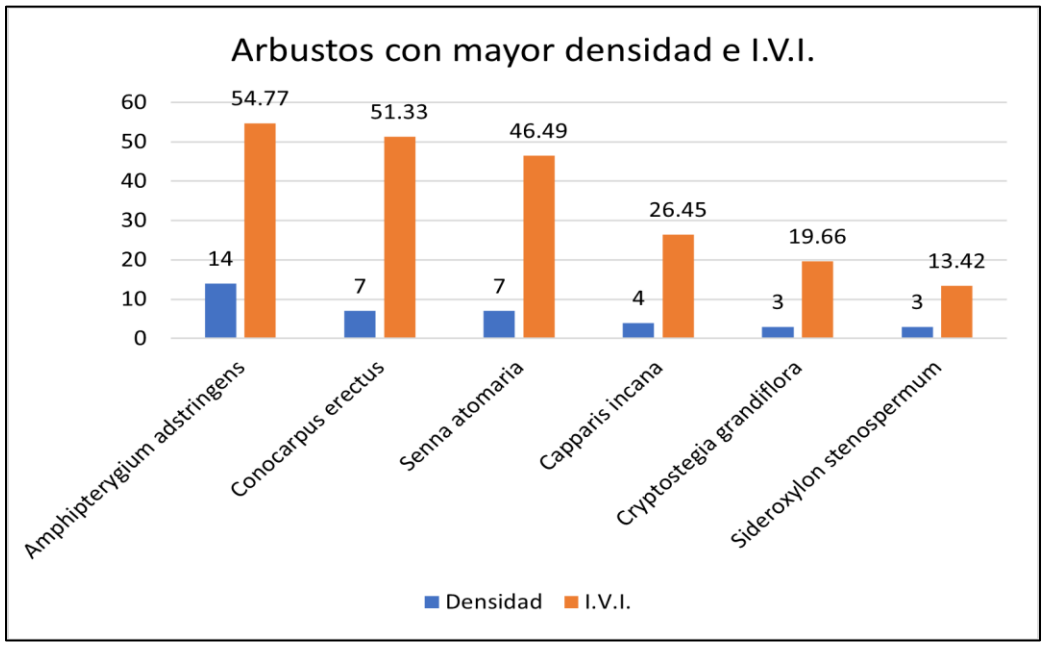


Figura 39. Especies arbustivas con mayor densidad e I.V.I. en el Sistema Ambiental

Las especies del estrato arbustivo con el mayor número de individuos en el Sistema Ambiental son *Amphipterygium adstringens* (14 individuos, que representa el 29.17% del total), seguido de *Conocarpus erectus* y *Senna atomaria* (7 individuos, 14.58%, cada uno), *Capparis incana* (4 individuos, 8.33%), *Cryptostegia grandiflora* y *Sideroxylon stenospermum* (3 individuos, 6.25% cada una). Respecto al I.V.I. las especies con los valores más altos son *Amphipterygium adstringens, Conocarpus erectus, Senna atomaria, Capparis incana, Cryptostegia grandiflora* y *Avicennia germinans.*

En la tabla 42, se muestran los valores estructurales de las hierbas presentes en el Sistema Ambiental. Como se mencionó en el apartado de Metodología, para este estrato se usó la Densidad Relativa y la Frecuencia Relativa para calcular el I.V.I.

Tabla 42. Valores estructurales de las hierbas en el Sistema Ambiental

Nombre científico	Sistema Ambiental.				
	Den.	Den. Rel.	Frec.	Frec. Rel.	I.V.I.
Batis maritima	27	48.21	6	35.29	83.51
Capparis incana	2	3.57	1	5.88	9.45
Conocarpus erectus	2	3.57	1	5.88	9.45
Elytraria imbricata	2	3.57	1	5.88	9.45
Gomphrena serrata	6	10.71	2	11.76	22.48
Melochia tomentosa	4	7.14	1	5.88	13.03
Sesuvium portulacastrum	5	8.93	2	11.76	20.69
Tephrosia leiocarpa	7	12.50	2	11.76	24.26

Nombre científico	Sistema Ambiental.				
	Den.	Den. Rel.	Frec.	Frec. Rel.	I.V.I.
Zinnia flavicoma	1	1.79	1	5.88	7.67
TOTAL	**56**	**100**	**17**	**100**	**200**

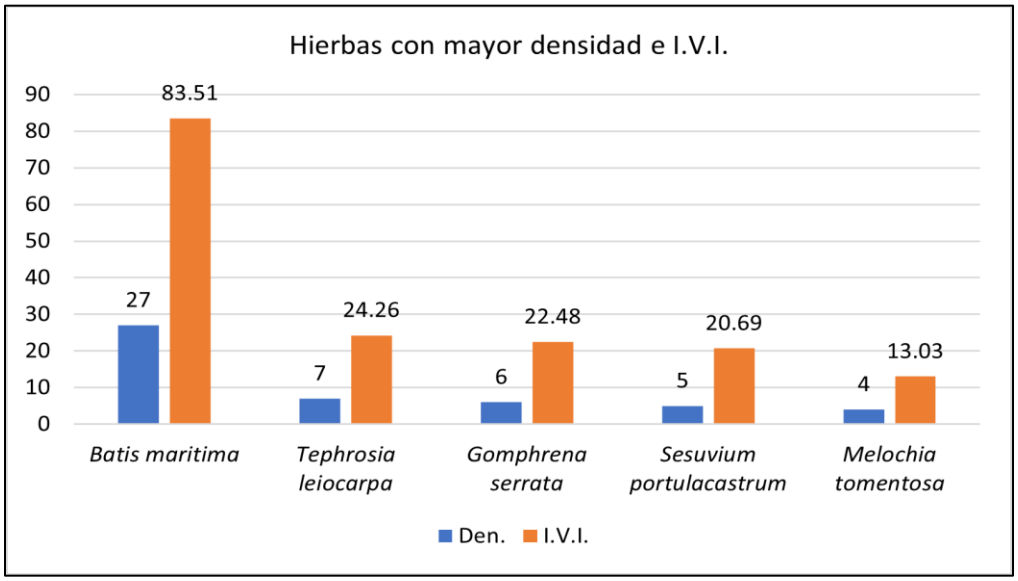


Figura 40. Especies herbáceas con mayor densidad e I.V.I. en el Sistema Ambiental

Las especies de hierbas con mayor densidad en el Sistema Ambiental, son *Batis maritima* (27 individuos, que representa el 48.21% del total), *Tephrosia leiocarpa* (7 individuos, 12.50%), *Gomphrena serrata* (6 individuos, 10.71%), *Sesuvium portulacastrum* (5 individuos, 8.93%) y *Melochia tomentosa* (4 individuos, 7.14%). Respecto al I.V.I., las especies con los valores más altos son *Batis maritima, Tephrosia leiocarpa, Gomphrena serrata, Sesuvium portulacastrum* y *Melochia tomentosa*.

En la siguiente tabla, se muestran los valores estructurales para el estrato de las palmas y suculentas.

Tabla 43.Valores estructurales para el estrato de las palmas y suculentas

Nombre científico	Sistema Ambiental						
	Den.	Den. Rel.	Frec.	Frec. Rel.	A.B. (m^2)	A.B. Rel.	I.V.I.
Acanthocereus tetragonus	35	50.72	3	21.43	131.64	51.52	123.68
Opuntia decumbens	11	15.94	4	28.57	17.23	6.74	51.26
Pereskia lychnidiflora	11	15.94	3	21.43	86.64	33.91	71.28
Stenocereus pruinosus	12	17.39	4	28.57	19.98	7.82	53.78
TOTAL	69	100	14	100	255.49	100	300

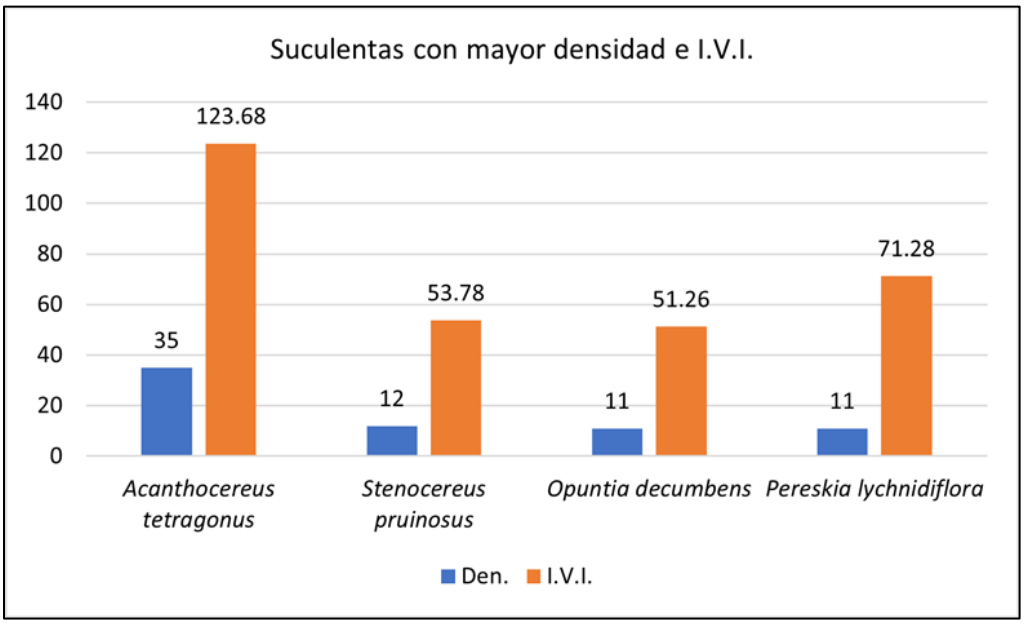


Figura 41. Especies suculentas con mayor densidad e I.V.I. en el SA

Es importante mencionar que no se registró ninguna especie de palma en el Sistema Ambiental. De las cuatro especies de suculentas encontradas, *Acanthocereus tetragonus* posee la mayor densidad (35 individuos, que representa el 50.72% del total), seguido de *Stenocereus pruinosus* (12 individuos, 17.39%), *Opuntia decumbens* y *Pereskia lychnidiflora* (11 individuos, 15.94% cada una). Respecto al I.V.I., la especie con el valor más alto es *Acanthocereus tetragonus*, seguido de *Pereskia lychnidiflora*, *Stenocereus pruinosus* y *Opuntia decumbens*.

Diversidad florística en la Vegetación de Mangle

En la siguiente tabla se muestran los valores de diversidad calculados para la Sistema Ambiental, ver Anexo 27 (digital):

Tabla 44. Valores de diversidad calculados para los árboles, arbustos, hierbas y suculentas en el Sistema Ambiental

SA	No. Ind.	S	d	H'	D	E
Árboles	396	12	0.48	1.40	0.67	0.56
Arbustos	48	14	0.29	2.22	0.85	0.84
Hierbas	56	9	0.48	1.68	0.72	0.77
Suculentas	69	4	0.51	1.23	0.66	0.89

S= Riqueza específica; d= índice de Berger-Parker; H'= Índice de Shannon-Weiner; D= Índice de Simpson; E= Equitatividad

De acuerdo con el cuadro anterior, en el Sistema Ambiental, se encontraron un total de 569 individuos, de los cuales la mayor cantidad corresponden a los árboles, seguido de las

suculentas, las hierbas y finalmente las palmas. Respecto a la Riqueza específica (S), los arbustos poseen el valor más alto (14), seguido de los árboles (12), las hierbas (9) y las suculentas (4).

-Índice de Berger-Parker (d):

En cuanto al índice de Berger-Parker, el valor más alto en los árboles está dado por *Conocarpus erectus*, ya que esta especie posee el 48% del total de los individuos de porte arbóreo. En los arbustos, el valor más alto de este índice corresponde a *Amphipterygium adstringens*, ya que posee el 29% del total de los individuos arbustivos. En las hierbas, *Batis maritima* es la especie con el valor más alto en este índice, ya que el 48% de los individuos corresponden a esta especie. En el estrato de las suculentas *Acanthocereus tetragonus* posee el valor más alto, ya que el 51% de los individuos de este estrato corresponden a esta especie.

-Índice de Shannon-Weiner (H'):

Una forma de analizar la diversidad de un sitio es mediante la equidad, que es un parámetro inverso a la dominancia. Por ello, mientras más alto es el valor más diverso resulta el sitio. Para el presente estudio se utilizó el Índice de Shannon-Wiener, que contempla la cantidad de especies presentes en el grupo (riqueza) y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia). La interpretación se hace de la siguiente manera:

Tabla 45. Índice de Shannon-Weiner (H')

Valores	Significancia
0 - 1.35	Diversidad baja
1.36 – 3.5	Diversidad media
Mayor a 3.5	Diversidad alta

Así, **los árboles del Sistema Ambiental poseen una Diversidad Media (1.40), al igual que los arbustos (2.22) y las hierbas (1.68); solo las suculentas poseen una Diversidad Baja (1.23).** Es importante mencionar que estos valores de diversidad observados en los diversos estratos del mangle se deben a que son pocas las especies que proliferan en estos ambientes particulares, donde la salinidad y la presencia de agua son factores limitantes o que restringen el establecimiento de las especies.

-Índice de Simpson (D):

El índice de Simpson (D) se basa en parámetros inversos a la equidad; por ello, cuando el valor del índice incrementa, la diversidad decrece. Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como el inverso del índice de Simpson; así, cuando mayor es el valor del inverso de este índice, más diverso es el sitio. El índice de Simpson se interpreta usando la siguiente escala de significancia entre 0 y 1, así:

Tabla 46. Índice de Simpson (D)

Valores	Significancia
0 - 0.33	Diversidad baja
0.34 – 0.66	Diversidad media
>0.66	Diversidad alta



De acuerdo con la escala anterior, **los árboles de la Sistema Ambiental presentan una Diversidad Alta (0.67), al igual que los arbustos (0.85), las hierbas (0.72) y las suculentas (0.66).**

-Equitatividad (E):

La equitatividad (E) correspondiente al índice de Shannon fue calculada con la Equidad de Pielou. Si todas las especies de una muestra presentan la misma abundancia el índice usado para medir la Equitatividad debería ser máximo y, por lo tanto, debería decrecer tendiendo a cero a medida que las abundancias relativas se hagan menos equitativas.

El significado de diversidad se interpreta con base a la siguiente escala entre 0 y 1 así:

Tabla 47. Equitatividad (E)

Valores	Significancia	
0 - 0.33	Heterogéneo en abundancia	Diversidad baja
0.34 – 0.66	Ligeramente heterogéneo en abundancia	Diversidad media
>0.67	Homogéneo en abundancia	Diversidad alta

De acuerdo con la escala anterior, en **el estrato arbóreo se registró una Diversidad Media (0.56)**, esto debido a que hay una fuerte dominancia de una especie (*Conocarpus erectus*), lo que genera una ligera heterogeneidad en la abundancia; en el resto de los estratos, **se registró una Diversidad Alta (Arbustos= 0.84, Hierbas= 0.77 y Suculentas=0.89)** lo que se traduce en una repartición homogénea de las abundancias.

RESULTADOS EN EL CUSTF

Tabla 48. Valores estructurales de los árboles en el Área de CUSTF

NOMBRE CIENTÍFICO	ÁREA SUJETA A CAMBIO DE USO DEL SUELO.						
	DEN	DEN. REL.	FREC.	FREC. REL.	A.B.(CM^2)	A.B. REL	I.V.I.
Avicennia germinans	1	0.57	1	2.78	62.24	0.10	3.45
Azadirachta indica	5	2.84	4	11.11	169.84	0.28	14.23
Coccoloba liebmannii	1	0.57	1	2.78	66.76	0.11	3.46
Conocarpus erectus	55	31.25	7	19.44	31285.46	51.86	102.55
Leucaena lanceolata	18	10.23	4	11.11	1086.18	1.80	23.14
Neltuma juliflora	12	6.82	4	11.11	1497.39	2.48	20.41
Parkinsonia aculeata	28	15.91	7	19.44	6041.93	10.02	45.37
Pithecellobium dulce	56	31.82	8	22.22	20117.52	33.35	87.39
TOTAL	176	100	36	100	60327.31	100	300

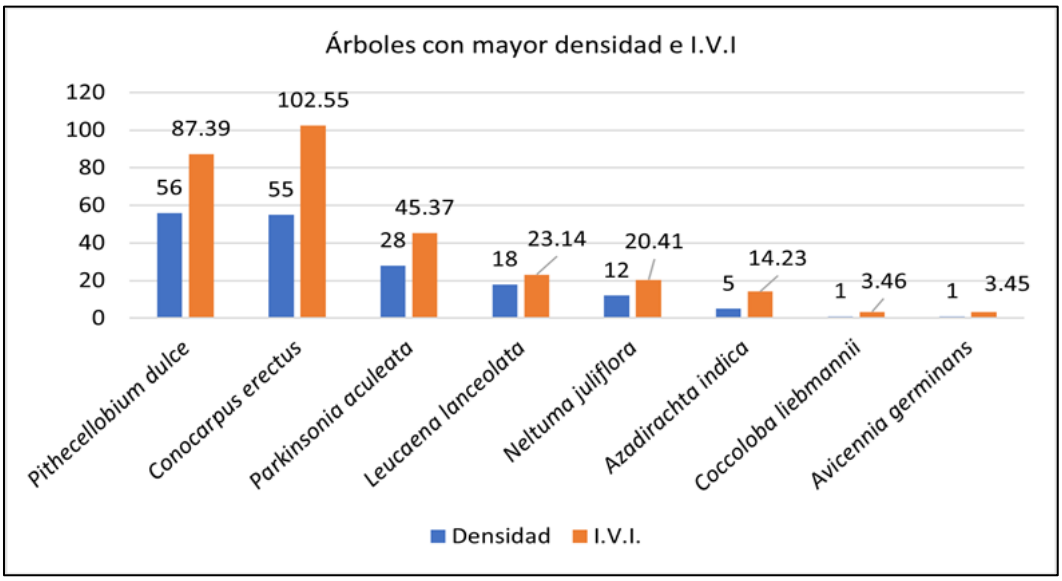


Figura 42. Especies de árboles con mayor densidad e I.V.I. en el Área de CUSTF

Como se observa en la tabla y figura anteriores, las especies con el mayor número de individuos son *Pithecellobium dulce* (56 individuos, que representa el 31.82% del total de individuos), seguido por *Conocarpus erectus* (55 individuos, 31.25%), *Parkinsonia aculeata* (28 individuos, 15.91%), *Leucaena lanceolata* (18 individuos, 10.23%), *Neltuma juliflora* (12 individuos, 6.82%), *Azadirachta indica* (5 individuos, 2.84%), *Coccoloba liebmannii* y *Avicennia germinans* (1 individuos, 0.57%, cada una). Respecto al I.V.I., la especie con el valor más alto es *Conocarpus erectus,* seguido por *Pithecellobium dulce, Parkinsonia aculeata, Leucaena lanceolata, Neltuma juliflora, Azadirachta indica, Coccoloba liebmannii* y *Avicennia germinans.* En la siguiente tabla se muestran los valores estructurales de los arbustos presentes en el área de CUSTF.

Tabla 49. Valores estructurales de los arbustos en el Área de CUSTF

NOMBRE CIENTÍFICO	ÁREA DE CUSTF						
	DEN	DEN. REL.	FREC.	FREC. REL.	A.B.(M^2)	A.B. REL	I.V.I.
Azadirachta indica	13	26.53	5	20.83	7.20	16.72	64.08
Bursera excelsa	2	4.08	2	8.33	1.07	2.48	14.89
Capparis incana	8	16.33	3	12.50	4.84	11.24	40.06
Coccoloba liebmannii	10	20.41	3	12.50	13.39	31.10	64.00
Conocarpus erectus	3	6.12	3	12.50	3.62	8.41	27.03
Cryptostegia grandiflora	4	8.16	2	8.33	1.29	2.99	19.48
Parkinsonia aculeata	1	2.04	1	4.17	3.63	8.43	14.64
Pithecellobium dulce	1	2.04	1	4.17	3.14	7.29	13.50
Pseudabutilon orientale	2	4.08	1	4.17	0.48	1.11	9.36

NOMBRE CIENTÍFICO	ÁREA DE CUSTF						
	DEN	DEN. REL.	FREC.	FREC. REL.	A.B.(M^2)	A.B. REL	I.V.I.
Rauvolfia tetraphylla	3	6.12	2	8.33	2.24	5.19	19.65
Tabebuia rosea	2	4.08	1	4.17	2.18	5.05	13.30
TOTAL	49	100	24	100	43.07	100	300

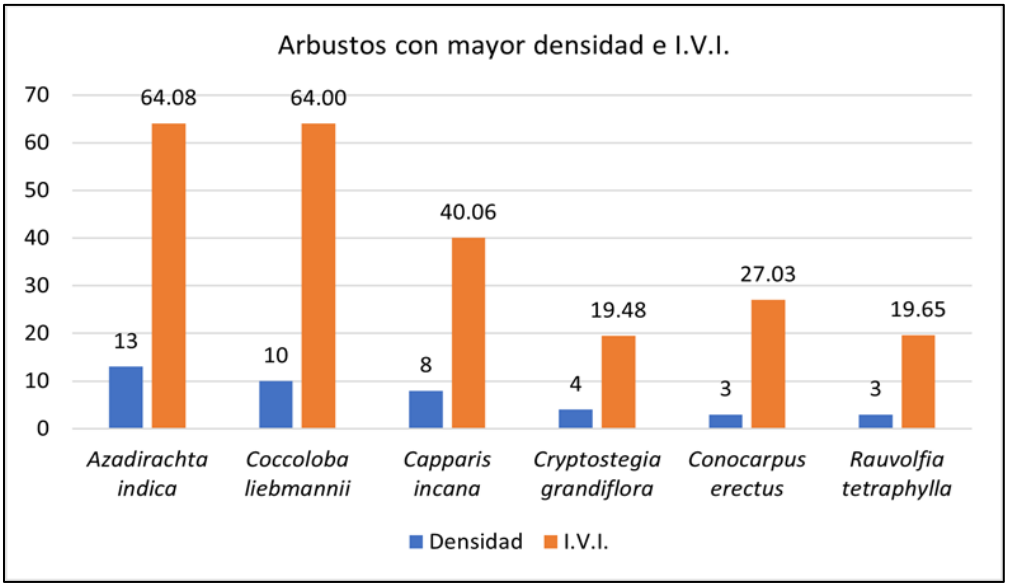


Figura 43. Especies arbustivas con mayor densidad e I.V.I. en el Área CUSTF

Las especies del estrato arbustivo con el mayor número de individuos en el Área son *Azadirachta indica* (13 individuos, que representa el 26.53% del total), seguido de *Coccoloba liebmannii* (10 individuos, 20.41%), *Capparis incana* (8 individuos, 16.33%), *Cryptostegia grandiflora* (4 individuos, 8.16%), *Conocarpus erectus* y *Rauvolfia tetraphylla* (3 individuos, 6.12% cada una). Respecto al I.V.I. las especies con los valores más altos son *Azadirachta indica, Coccoloba liebmannii, Capparis incana, Conocarpus erectus, Rauvolfia tetraphylla, Cryptostegia grandiflora,* principalmente. Es importante resaltar la existencia de especies exóticas-invasoras y que poseen valores altos de densidad e I.V.I., lo que evidencia el alto grado de perturbación en el Área sujeta a cambio de uso del suelo.

En la siguiente tabla se muestran los valores estructurales de las hierbas presentes en el Área sujeta a cambio de uso del suelo. Como se mencionó en el apartado de Metodología, para este estrato se usó la Densidad Relativa y la Frecuencia Relativa para calcular el I.V.I.

Tabla 50. Valores estructurales de las hierbas en el Área sujeta a cambio de uso del suelo

NOMBRE CIENTÍFICO	ÁREA SUJETA A CAMBIO DE USO DEL SUELO				
	DEN	DEN. REL.	FREC.	FREC. REL.	I.V.I.
Capparis incana	1	2.27	1	7.14	9.42
Commelina erecta	9	20.45	2	14.29	34.74
Melochia tomentosa	2	4.55	1	7.14	11.69
Neltuma juliflora	1	2.27	1	7.14	9.42
Pithecellobium dulce	1	2.27	1	7.14	9.42
Sesuvium portulacastrum	3	6.82	1	7.14	13.96
Tephrosia leiocarpa	8	18.18	2	14.29	32.47
Urochloa mollis	19	43.18	5	35.71	78.90
TOTAL	**44**	**100**	**14**	**100**	**200**

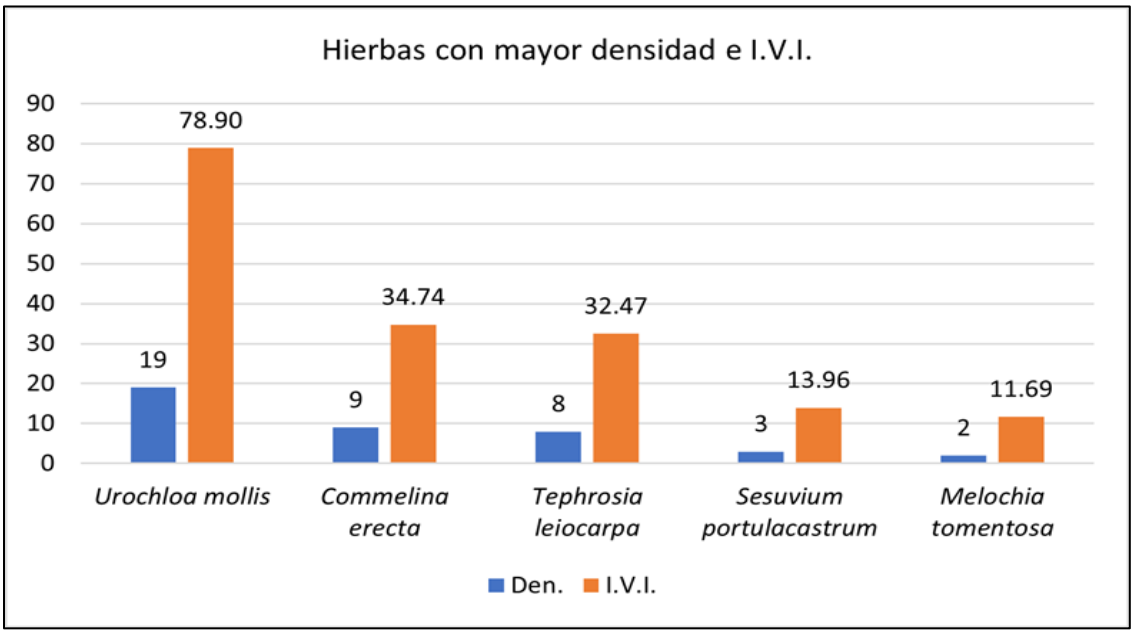


Figura 44. Especies herbáceas con mayor densidad e I.V.I. en el Área sujeta a cambio de uso del suelo

Las especies de hierbas con mayor densidad en el Área sujeta a cambio de uso del suelo son *Urochloa mollis* (19 individuos, que representan el 43.18% del total), *Commelina erecta* (9 individuos, 20.45%), *Tephrosia leiocarpa* (8 individuos, 18.18%), *Sesuvium portulacastrum* (3 individuos, 6.82%) y *Melochia tomentosa* (2 individuos, 4.55%); el resto de los individuos tienen 1 individuo y representa el 2.27% cada una. Respecto al I.V.I., las especies con los valores más

altos son *Urochloa mollis, Commelina erecta, Tephrosia leiocarpa, Sesuvium portulacastrum* y *Melochia tomentosa.*
En la siguiente tabla se muestran los valores estructurales para el estrato de las palmas y suculentas registradas en el Área sujeta a cambio de uso del suelo.

Tabla 51. Valores estructurales de las palmas y suculentas en el Área sujeta a cambio de uso del suelo

NOMBRE CIENTÍFICO	ÁREA SUJETA A CAMBIO DE USO DEL SUELO						
	DEN	DEN. REL.	FREC.	FREC. REL.	A.B.(M^2)	A.B. REL	I.V.I.
Opuntia decumbens	3	11.11	2	40	4.67	3.36	54.47
Sabal mexicana	24	88.89	3	60	134.28	96.64	245.53
TOTAL	**27**	**100**	**5**	**100**	**138.95**	**100**	**300**

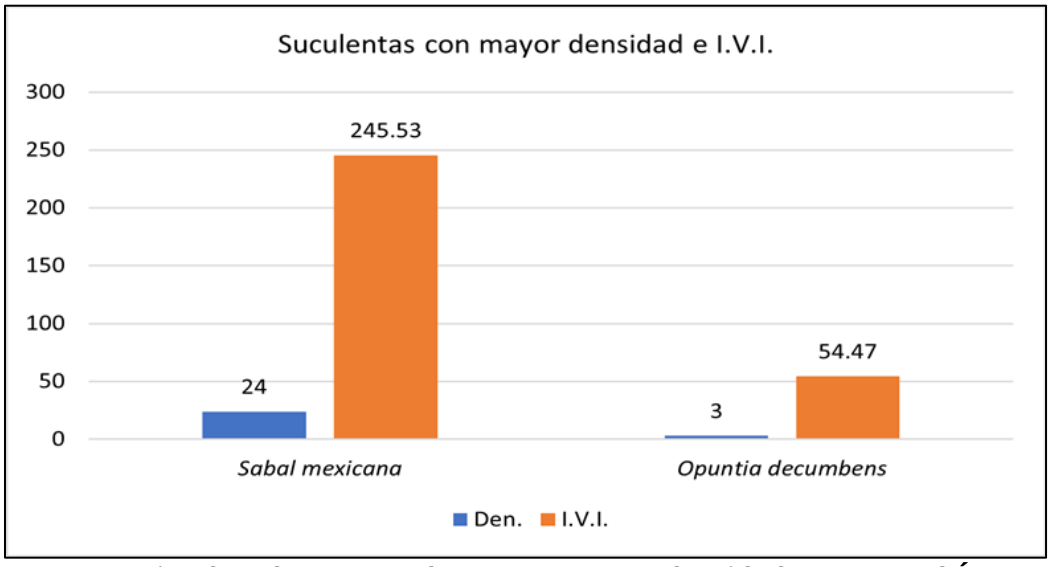


Figura 45. Especies de palmas y suculentas con mayor densidad e I.V.I. en el Área sujeta a cambio de uso del suelo.

En el Área sujeta a cambio de uso del suelo se registraron dos especies en este estrato, una palma perteneciente a la familia Areaceae y una suculenta de la familia Cactaceae. De éstas dos, *Sabal mexicana* posee el mayor número de individuos y el valor más alto de I.V.I., en comparación con *Opuntia decumbens*. Así, del total de individuos de este estrato, *Sabal mexicana* posee el 88.89% del total de individuos (24 individuos), mientras que *Opuntia decumbens* posee el 11.11% del total (3 individuos).

Diversidad florística en la Vegetación secundaria de Mangle
En la siguiente tabla se muestran los valores de diversidad calculados para el Área sujeta a cambio de uso del suelo:

Tabla 52. Valores de diversidad calculados para los árboles, arbustos, hierbas, palmas y suculentas en el Área sujeta a cambio de uso del suelo

ÁREA SUJETA A CAMBIO DE USO DEL SUELO	NO. IND.	S	D	H'	D	E
Árboles	176	8	0.32	1.60	0.76	0.77
Arbustos	49	11	0.27	2.07	0.84	0.86
Hierbas	44	8	0.43	1.58	0.73	0.76
Palmas y Suculentas	27	2	0.89	0.35	0.20	0.50

S= Riqueza específica; d= índice de Berger-Parker; H'= Índice de Shannon-Weiner; D= Índice de Simpson; E= Equitatividad

De acuerdo con la tabla anterior, en el Área sujeta a cambio de uso del suelo se encontraron un total de 296 individuos, de los cuales la mayor cantidad corresponden a los árboles, seguido de los arbustos, las hierbas y finalmente las palmas y suculentas. Respecto a la Riqueza específica (S), los arbustos poseen el valor más alto (11), seguido de los árboles (8) y las hierbas (8) y finalmente las palmas y las suculentas (2).

-Índice de Berger-Parker (d):

En el estrato arbóreo, el valor del índice de Berger-Parker está dado por *Pithecellobium dulce,* ya que esta especie posee el 32% del total de los individuos de porte arbóreo. En los arbustos, el valor de este índice corresponde a *Azadirachta indica*, ya que posee el 27% del total de los individuos arbustivos. En las hierbas, *Urochloa mollis* es la especie con el valor más alto en este índice, ya que el 43% de los individuos corresponden a esta especie. En el estrato de las palmas y suculentas *Sabal mexicana* posee el valor más alto, ya que el 89% de los individuos de este estrato corresponden a esta especie. Es importante destacar la importancia estructural que poseen ciertas especies propias de vegetación secundaria (*Pithecellobium dulce*) o exóticas-invasora (*Azadirachta indica*) en la vegetación del área sujeto a cambio de uso del suelo, ya que ello confirma el carácter secundario y perturbado que posee el mismo.

-Índice de Shannon-Weiner (H'):

Una forma de analizar la diversidad de un sitio es mediante la equidad, que es un parámetro inverso a la dominancia. Por ello, mientras más alto es el valor más diverso resulta el sitio. Para el presente estudio se utilizó el Índice de Shannon-Wiener, que contempla la cantidad de especies presentes en el grupo (riqueza) y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia). La interpretación se hace de la siguiente manera:

Tabla 53. Índice de Shannon-Weiner (H')

VALORES	SIGNIFICANCIA
0 - 1.35	Diversidad baja
1.37 – 3.5	Diversidad media
Mayor a 3.5	Diversidad alta

Así, **los árboles del Área sujeta a cambio de uso del suelo poseen una Diversidad Media (1.60), al igual que los arbustos (2.07) y las hierbas (1.58); solo las palmas y las suculentas poseen una Diversidad Baja (0.35).** Es importante mencionar que estos valores de diversidad observados en los diversos estratos del mangle se deben a que son pocas las especies que proliferan en estos ambientes particulares, donde la salinidad y la presencia de agua son factores limitantes o que restringen el establecimiento de las especies. Aun así, la presencia de especies propias de vegetación secundaria, ruderales y exótico-invasoras en el Área sujeta a cambio de uso del suelo han aumentado el número de especies presentes en los diferentes estratos.

-Índice de Simpson (D):

El índice de Simpson (D) se basa en parámetros inversos a la equidad; por ello, cuando el valor del índice incrementa, la diversidad decrece. Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como el inverso del índice de Simpson; así, cuando mayor es el valor del inverso de este índice, más diverso es el sitio. El índice de Simpson se interpreta usando la siguiente escala de significancia entre 0 y 1, así:

Tabla 54. Índice de Simpson (D)

VALORES	SIGNIFICANCIA
0 - 0.33	Diversidad baja
0.35 – 0.66	Diversidad media
>0.66	Diversidad alta

De acuerdo con la escala anterior, **los árboles del Área sujeta a cambio de uso del suelo presentan una Diversidad Alta (0.76), al igual que los arbustos (0.84) y las hierbas (0.73) mientras que las palmas y las suculentas poseen una Diversidad Baja (0.20).**

-Equitatividad (E):

La equitatividad (E) correspondiente al índice de Shannon fue calculada con la Equidad de Pielou. Si todas las especies de una muestra presentan la misma abundancia el índice usado para medir la Equitatividad debería ser máximo y, por lo tanto, debería decrecer tendiendo a cero a medida que las abundancias relativas se hagan menos equitativas.

El significado de diversidad se interpreta con base a la siguiente escala entre 0 y 1 así:

Tabla 55. Equitatividad (E)

VALORES	SIGNIFICANCIA	
0 - 0.33	Heterogéneo en abundancia	Diversidad baja
0.35 – 0.66	Ligeramente heterogéneo en abundancia	Diversidad media
>0.67	Homogéneo en abundancia	Diversidad alta

De acuerdo con la escala anterior, **en el estrato arbóreo se registró una Diversidad Alta (0.77), al igual que en el estrato arbustivo (0.86) y en las Hierbas (0.76) mientras que en el estrato de las Palmas y suculentas se registró una Diversidad Media (0.50)** lo que se traduce en una repartición ligeramente heterogénea de las abundancias.

V. 4. 4. Composición florística de la vegetación secundaria de mangle en el área sujeta a cambio de uso del suelo.

Para elaborar el inventario florístico de la Vegetación Secundaria de Mangle del Área sujeta a cambio de uso del suelo del proyecto, se colectaron todas las especies vegetales muestreadas en los diferentes sitios, además que se colectaron muestras botánicas de la flora adyacente a los sitios de muestreo, para complementar la lista florística. Todos los ejemplares botánicos fueron determinados mediante el uso de claves taxonómicas. La lista florística se ordenó alfabéticamente por familia y género; la nomenclatura de las familias, géneros y especies, así como los autores, se verificaron en la base de datos W_3TROPICOS. Además, se consultó la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Lista de la IUCN para verificar las categorías de riesgo de las especies.

Tabla 56. Composición florística de la vegetación secundaria de mangle en el área sujeta a cambio de uso del suelo

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	IND / 0.4HA	IND/ HA	DISTRIBUCIÓN	USO PRINCIPAL	NOMBRE COMÚN PRINCIPAL	NOM-059	IUCN	CITES
ÁRBOLES									
Acanthaceae	*Avicennia germinans*	1	3	Nativa	Combustible	Mangle prieto	A	LC	
Combretaceae	*Conocarpus erectus*	55	138	Nativa	Combustible	Mangle Botoncillo	A	LC	
Fabaceae	*Leucaena lanceolata*	18	45	Endémica, Nativa	Maderable	Guaje		LC	
Fabaceae	*Neltuma juliflora*	12	30	Nativa	Medicinal	Huizache		LC	
Fabaceae	*Parkinsonia aculeata*	28	70	Nativa	Medicinal	Retama		LC	
Fabaceae	*Pithecellobium dulce*	56	140	Nativa	Ambiental	Guamúchil		LC	
Meliaceae	*Azadirachta indica*	5	13	Exótica-Invasora	Maderable	Neem de la India			
Polygonaceae	*Coccoloba liebmannii*	1	3	Endémica, Nativa	Maderable	Uva silvestre		LC	
ARBUSTOS									
Apocynaceae	*Cryptostegia grandiflora*	4	10	Exótica-Invasora		Chicote de Madagascar			
Apocynaceae	*Rauvolfia tetraphylla*	3	8	Nativa	Medicinal	Chililllo		LC	
Bignoniaceae	*Tabebuia rosea*	2	5	Nativa	Ambiental	Primavera		LC	Ap.II
Burseraceae	*Bursera excelsa*	2	5	Nativa	Maderable	Árbol del copal santo		LC	
Capparaceae	*Capparis indica*	8	20			Vara prieta			
Combretaceae	*Conocarpus erectus*	3	8	Nativa	Combustible	Mangle Botoncillo	A	LC	

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	IND / 0.4HA	IND/ HA	DISTRIBUCIÓN	USO PRINCIPAL	NOMBRE COMÚN PRINCIPAL	NOM-059	IUCN	CITES
Fabaceae	*Parkinsonia aculeata*	1	3	Nativa	Medicinal	Retama		LC	
Fabaceae	*Pithecellobium dulce*	1	3	Nativa	Ambiental	Guamúchil		LC	
Malvaceae	*Pseudabutilon orientale*	2	5	Nativa					
Meliaceae	*Azadirachta indica*	13	33	Exótica-Invasora	Maderable	Neem de la India			
Polygonaceae	*Coccoloba liebmannii*	10	25	Endémica, Nativa	Maderable	Uva silvestre		LC	
HIERBAS									
Aizoaceae	*Sesuvium portulacastrum*	3	8	Nativa	Ornamental	Verdolaga de playa		LC	
Capparaceae	*Capparis indica*	1	3			Vara prieta			
Commelinaceae	*Commelina erecta*	9	23	Nativa	Materiales	Cantillo			
Fabaceae	*Neltuma juliflora*	1	3	Nativa	Medicinal	Huizache		LC	
Fabaceae	*Pithecellobium dulce*	1	3	Nativa	Ambiental	Guamúchil		LC	
Fabaceae	*Tephrosia leiocarpa*	8	20	Nativa					
Malvaceae	*Melochia tomentosa*	2	5	Nativa	Medicinal	Malva de los cerros			
Poaceae	*Urochloa mollis*	19	48	Nativa					
SUCULENTAS									
Arecaceae	*Sabal mexicana*	24	60	Nativa	Ambiental	Apachite, huano		LC	
Cactaceae	*Opuntia decumbens*	3	8	Nativa	Ornamental	Nopal de culebra		LC	Ap.II

NOM-059= NOM-059-SEMARNAT-2010; A= Amenazada; LC= Preocupación menor; VU= Vulnerable; Ap. II= Apéndice II.

De las especies vegetales reportadas en el área sujeto a cambio de uso del suelo, las siguientes se encuentran en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 57. Especies en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	STATUS
Acanthaceae	*Avicennia germinans*	Amenazada
Combretaceae	*Conocarpus erectus*	Amenazada

Las especies reportadas en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010 forman parte del estrato arbóreo principalmente, aunque se encontraron algunos individuos juveniles, que se ubican en el sotobosque. Así mismo, de acuerdo con los criterios de la Lista Roja de la IUCN, estas especies se consideran en la categoría de Preocupación Menor (LC, por sus siglas en inglés), que se aplica a las especies que no cumplen los criterios para ser clasificadas como En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable o Casi Amenazada. Esto significa que la especie es abundante y tiene una amplia distribución, lo que la hace de bajo riesgo de extinción en el futuro próximo.

FAUNA

La riqueza biológica del estado de Oaxaca se manifiesta en su extraordinaria diversidad de fauna y flora, resultado de su ubicación geográfica estratégica y su compleja historia geológica y climática. En este apartado se ofrece un análisis detallado sobre la distribución potencial de la fauna en la región del Istmo de Tehuantepec, y en particular, en el Sistema Ambiental, haciendo especial énfasis en los muestreos realizados para determinar la riqueza y diversidad de los distintos grupos faunísticos, los cuales se llevaron a cabo específicamente en las áreas de humedales y manglares dentro de la microcuenca. Se pone atención particular a los anfibios, reptiles, mamíferos y aves presentes en estos ecosistemas, destacando los factores ambientales y biogeográficos que favorecen la existencia de las especies endémicas y en alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010. A lo largo del texto, se abordan las principales características de las comunidades faunísticas detectadas en los distintos usos de suelo y vegetación registrados en la microcuenca, así como los desafíos que enfrentan ante la transformación de sus hábitats y la presión humana, proporcionando una visión integral de la importancia ecológica y de conservación de las especies de fauna silvestre.

Anfibios y reptiles

Una de las regiones más ricas en diversidad de reptiles y anfibios en México es el Istmo de Tehuantepec (Casas-Andreu et al. 1996). Su diversidad biológica se debe, entre otras cosas, a que representa una barrera biogeográfica para especies incapaces de atravesar terrenos con cambios altitudinales abruptos, además de que dada su ubicación está situada en la zona de contacto de los reinos biogeográficos Neotropical y Neártico (Pérez-García et al. 2001), convirtiendo a la zona en un centro de endemismos para vertebrados terrestres (Casas-Andreu et al. 2004, González et al. 2004). No obstante, su riqueza biológica, la región presenta serios problemas relacionados con el deterioro ambiental, ya que en la zona se presentan frecuentes incendios, fragmentación y destrucción del hábitat, entre otras amenazas (Vargas 2001, Lorenzo et al. 2008, Rioja et al. 2012).

Mamíferos (Clase Mammalia)

El estado de Oaxaca ocupa el segundo lugar en diversidad de especies de mamíferos terrestres de México, con 190 especies y 219 subespecies (Briones–Salas y Sánchez–Cordero, 2004). En el Istmo de Tehuantepec la mastofauna ha sido poco estudiada a pesar de su riqueza biológica, por lo que, en general, han sufrido grandes transformaciones debido a las actividades humanas, principalmente las relacionadas con el cambio del uso del suelo (Anderson, 2006). De igual manera, la diversidad mastofaunística en el estado de Oaxaca se ha visto amenazada por la cacería y tráfico de especies (Briones–Salas y Sánchez–Cordero, 2004).

Por su ubicación geográfica, el Istmo de Tehuantepec representa una zona de contacto de los reinos biogeográficos neotropical y neártico, y durante las glaciaciones del Pleistoceno fue una barrera para la dispersión de especies por los significativos cambios geológicos, climáticos y ambientales que ocurrieron. Es también una región de gran interés ecológico por sus extensas superficies cubiertas de pastizales asociados a diversas especies vegetales, como *Byrsonima* y *Curatella*, y especies de gramíneas, como *Jouvea sp*., *Eragrostis sp*., *Muhlenberqia sp*. y *Stipa sp.* (Pérez–García et al., 2001).

Para el distrito de Tehuantepec, en donde se establece la Sistema Ambiental., Briones–Salas y Sánchez–Cordero (2004) registran un total de 139 especies de mamíferos agrupadas en 92 géneros, 29 familias y 10 órdenes. Se han reportado la distribución y densidad de 3 especies de zorrillos: *Mephitis macroura, Conepatus leuconotus* y *Spilogale gracilis* (Lorenzo et al., 2005); la liebre de Tehuantepec, *Lepus flavigularis* (Farías et al., 2006). Por lo tanto, el número total de especies de mamíferos terrestres y voladores registradas en la zona de humedales y manglares reportada es de 59 especies, distribuidas en 47 géneros, 18 familias y 8 órdenes.

Se determinó que la mastofauna de las zonas de humedales y manglares es rica y diversa en especies de mamíferos (59). Igualmente, se observa que la distribución de las especies no es uniforme, ya que se presentan varios tipos de vegetación asociada como Selva Baja Caducifolia (SBC), Agricultura de Temporal (TA) y Zonas Urbanas (ZU); encontramos mayor diversidad de especies en aquellos sitios cuya vegetación está mayormente asociada a los cuerpos de agua, lo cual indica que es un elemento importante para la presencia de especies y, por lo tanto, los individuos tienen una alta posibilidad de encontrar alimento.

Aves

El AICA más próxima al proyecto es “Istmo de Tehuantepec – Mar Muerto”

Se ha reportado preliminarmente para el área 165 especies de aves tanto de especies residentes como migratorias neotropicales.

El AICA “Istmo de Tehuantepec – Mar Muerto” se encuentra en la ruta migratoria del pacífico, uno de los corredores más importantes del mundo para aves migratorias, recibiendo especies tanto del este como del centro y oeste de la parte norte del continente y también especies migratorias del cono sur del continente. Que utilizan esta área como sitios de abastecimiento y refugio durante la migración, así como también como sitios de residencia durante el invierno. Especies de los grupos de rapaces, aves acuáticas y playeras son de los principales que migran por la región como, por ejemplo: *Pelecanus erythrorhynchos, Mycteria americana, Buteo swainsoni,* entre otras.

El AICA representa una zona importante para alimentación y refugio para aves residentes como por ejemplo: *Ortalis leucogastra, Tigrisoma mexicanum, Buteogallus anthracinus subtilis, Aratinga strenua, Aratinga canicularis, Campylorhynchus chiapensis, Cacicus melanicterus*, entre otras. Cabe resaltar que el área es especialmente importante como sitios de anidación, por los nichos que ofrece para nidales de aves acuáticas, por ejemplo para especies como: *Egretta rufescens, Fregata magnificens, Eudocimus albus, Platalea ajaja*.

En la zona se encuentran al menos dos especies residentes las cuales son endémicas al país y fuertemente restringidas en su distribución (*Passerina rositae y Peucaea sumichrasti*), así como otras especies endémicas restringidas en sus rangos y hábitat.

El sitio es igualmente un cuello de botella muy importante para muchas especies migratorias, especialmente migratorias diurnas. Entre estas podemos mencionar al orden de los Falconiformes, la familia Hirundinidae. Es importante también para otras especies acuáticas que utilizan el corredor migratorio del Pacífico, quienes tienen que utilizar estas planicies y los cuerpos de agua existentes en esta región, los cuales son los más grandes en el Pacífico tomando en cuenta que no hay grandes humedales al oeste de esta región. Por ejemplo, se

considera que un muy alto porcentaje de la población de *Limosa haemastic*a pasa por la región, así como la subespecie amenazada de *Calidris canutus*, ambas han sido observadas en la región constantemente.

Aquí se presenta una pequeña lista de este cuello de botella que se forma de manera natural, sin embargo, no se tienen números exactos para muchas de estas especies debido a la falta de estudios en la misma. Solamente el conocimiento de unas pocas personas. Las cantidades de estas especies, especialmente de la familia Hirundinidae que migran por la zona merecen un estudio aparte. Es prácticamente imposible saber cuántas pasan debido a sus grandes números. Los números de estas especies se encuentran en las decenas de miles de individuos por especie, especialmente *Tachycineta bicolor*, *Tachycineta albilinea, Riparia riparia, Petrochelidon pyrrhonota, Hirundo rustica.* Además de ser un corredor muy importante para las otras especies enlistadas. Se anexa en formato Excel el listado de fauna potencial en el Sistema Ambiental.

Para la descripción de la fauna silvestre presente en el Sistema Ambiental, se llevó a cabo el siguiente diseño de muestreo:

- **Diseño de muestreo**
- **Muestreo Estratificado Aleatorio.**

En muchas situaciones, resulta obvio que varias subpoblaciones existen dentro de una población total. Si las características de estos subconjuntos permiten crear diferentes grupos similares entre sí, el muestreo estratificado será el de mayor utilidad (Garton et. al 2004). Las subpoblaciones se conocen como “estratos”, y lo que se debe hacer luego de identificar estos estratos es extraer una muestra aleatoria simple o sistemática de cada uno de ellos (Garton et. al, 2004, Navarro, 2004; Ojasti y Dallmeier, 2000). Generalmente los estratos se seleccionan sobre la base de los hábitats presentes en el área de estudio (ej. Bosques, Matorrales, Humedales, Roqueríos) (Garton et. al, 2004). Además de incrementar la exactitud del resultado en áreas heterogéneas, el muestreo estratificado permite cuantificar la utilización de los hábitats y la distribución interna de los animales en el área de estudio (Ojasti y Dallmeier, 2000).

Un criterio básico que se debe considerar para la selección de una estación de muestreo es la distancia que debe existir entre cada una de estas, esto con el objetivo de diferenciarlas (por cuanto dos muestras muy cercanas pueden constituir en la práctica la misma muestra).

Es importante tener en consideración el concepto de “*pseudoreplicas*”, las cuales, se producen cuando las unidades de muestreo o estaciones de muestreo no son independientes, es decir, que son realmente sub-muestras en lugar de repeticiones, pero son tratados, erróneamente como muestras independientes. Este es un problema generalizado en el trabajo de campo que debe ser evitado siempre que sea posible.

Método de registro por grupo faunístico.

Anfibios y Reptiles.

Los anfibios y reptiles se han sugerido como modelos útiles para la evaluación de los efectos del cambio ambiental y la contaminación sobre vertebrados (Hopkins, 2000; Mitchell y Brown, 2008).

El método que fue utilizado es conocido en inglés como VES (Visual Encounter Surveys) y en español como Búsqueda Directa no Restringida. Es una técnica que se apta tanto en inventarios como en monitoreos y permite cuantificar la riqueza y abundancia de especies de los sitios de interés. Se realizó a partir de recorridos en transectos, a través de los escurrimientos y/o vegetación, se registraron todos los individuos visibles.

Se muestreó en todos los microhábitats disponibles, como escombros, agua y troncos para la búsqueda de anfibios y culebras acuáticas, las bardas de roca o tabique son un buen refugio para escamados, en los terrenos baldíos aledaños, los escombros de construcción o materiales de desecho, como basura, láminas de metal o asbesto, cartón o tela, que pueden servir de microhábitat a diversas especies de anfibios y reptiles.



Figura 46. Iguana verde (*Iguana iguana*)

Aves.

Para el monitoreo de las aves, se aplicó un muestreo sistemático llamado “Técnica de puntos de conteo” (tal y como se observa en la siguiente imagen), el cual es uno de los más utilizados para obtener la composición de especies de una comunidad, y sirve además para monitorear en tiempo las variaciones de su abundancia en un ecosistema. Dicha técnica se desarrolla mejor en comunidades de matorral o en ecosistemas con existencia de especies maderables.

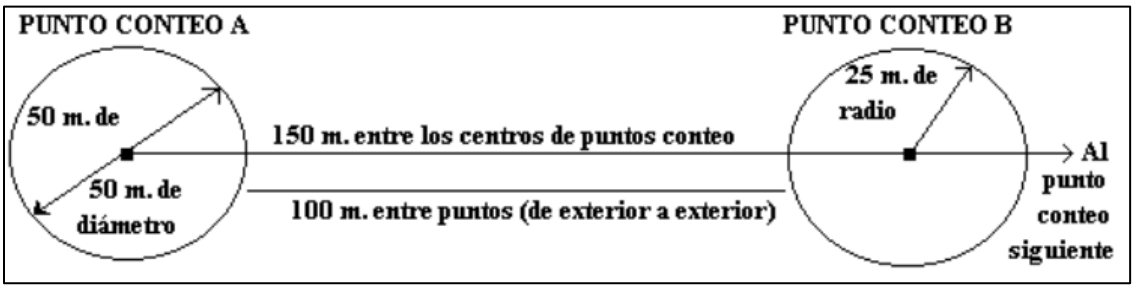


Figura 47. Diagrama ilustrativo del método por puntos de conteo

El monitoreo se inicia avanzando 100 m en la vegetación, tratando de ubicar estaciones de observación en cada transecto, con un diámetro de 50 m cada una y a una distancia de 150 m entre ellas. Una vez definido el punto de conteo, se procede a registrar aquellas especies observadas y/o identificadas por su canto durante cinco a 10 minutos de observación en cada estación de conteo (el observador permanece en un punto fijo y toma nota de todas las aves vistas y oídas). La técnica se aplica durante las horas crepusculares y antes del mediodía, con la finalidad de cubrir una mayor cantidad de especies con diferentes hábitos. De la misma manera, en la distribución de los transectos, se considera su localización dentro de la vegetación, en espacios abiertos y en las orillas de la comunidad, para aprovechar el efecto borde y obtener así una mayor cobertura.

El observador debe acceder al punto de conteo causando el mínimo de perturbación a las aves y debe comenzar a contar tan pronto como llegue al punto. Los conteos por puntos son el principal método de monitoreo de aves terrestres en un gran número de países, debido a su eficacia en todo tipo de terrenos y hábitats, y a la utilidad de los datos obtenidos.



Figura 48. Aguililla caminera (*Rupornis magnirostris*)



Figura 49. Recorridos para ubicar estaciones de observación

Mamíferos

Métodos indirectos (Huellas, excretas, cámaras trampa y restos de alimento)

La oportunidad de observar mamíferos es a menudo limitada, debido a que la mayoría son pequeños, nocturnos y evasivos. Asimismo, muchos mamíferos grandes diurnos son evasivos y no pueden ser observados directamente. Sus huellas pueden proporcionar pistas acerca de su presencia, comportamiento, edad, estatus social, modo de locomoción y comportamiento de forrajeo, al igual que su identidad.

- Las huellas se pueden identificar con guías especializadas como la de Aranda-Sánchez (2012).
- Las cámaras trampa, en las cuales el animal mismo dispara el mecanismo mediante un sensor de movimiento. Son ideales para identificar a las especies, e incluso individuos particulares, monitorear la abundancia relativa y absoluta de las especies en un lugar en particular, por ejemplo, en una letrina, la cual puede ser utilizada por uno o por varios individuos (Wemmer *et al.*, 1996).
- Las heces o excretas de mamíferos también ayudan a identificar a las distintas especies y pueden encontrarse en casi todos lados, pero muchos de ellos, particularmente los carnívoros, dejan sus heces en sitios predecibles, en senderos u objetos elevados. Los restos de alimentos también son una herramienta útil en la identificación.
- Los mamíferos pequeños dejan comúnmente restos de sus alimentos esto hace más fácil detectar su presencia y abundancia relativa en un área (Steele y Koprowski, 2001).

Conteos visuales

Los conteos visuales mediante transectos han resultado una buena opción para el monitoreo de mamíferos diurnos. Los transectos se deben ubicar de forma sistemática y durante el periodo de máxima actividad. Para una evaluación del patrón de actividad se debe asegurar que el monitoreo de los transectos se realice en bloques de dos horas. La longitud y la amplitud

de los transectos pueden variar dependiendo del tamaño del área. Al caminar se busca visualmente a los individuos, tanto en el suelo como en la vegetación, y se puede registrar el tipo de microhábitat en el que se ubican y el horario de actividad (Babińska-Werka y Żołw, 2008). Muchos animales suelen trasladarse de zonas de alimentación a otras de descanso, por lo que es probable encontrar indicios a lo largo de los senderos que utilizan. Para buscar huellas y excrementos se utilizará el método de transectos, Se realizaron recorridos de cuatro transectos de 500 metros de longitud por 2 metros de ancho y con una separación de 30 metros entre transecto, de la siguiente manera:
Se recorrió una distancia aproximada de 500 metros en busca de huellas y excrementos en un ancho de 2 metros.
Al finalizar la actividad se recorrió una distancia efectiva de 2 000 metros, dividida en cuatro transectos de 500 metros, separados entre sí por tramos de 30 metros.

Fototrampeo.
Observar animales en su hábitat natural es difícil debido a sus patrones de conducta. Muchas especies son nocturnas, se esconden ante los humanos o están en peligro de extinción con pocos individuos restantes.
El fototrampeo es muy útil para obtener imágenes de especies difíciles de observar. Las cámaras trampa, con sensores de movimiento, se activan cuando algo entra en su campo de visión.

Tabla 58. Metodología de fototrampeo

Modo de captura	Pausa entre secuencias	Resolución de la imagen	Fecha	Hora
Tres fotografías consecutivas	30 segundos	20 megapíxeles o máximo permitido sin ser inferior a 12 megapíxeles	Indicar fecha, comprobar formato mes/día/año	Indicar hora correcta en formato de 24 horas.

Una vez en la Unidad de Muestreo, dentro del área delimitada de 1000 metros cuadrados, la brigada debe identificar señales de tránsito o actividad de los animales (por ejemplo, huellas, excrementos, zonas de alimentación, madrigueras, rascaderos, y echaderos). Estos indicios servirán para determinar la ubicación óptima de la cámara trampa y la orientación adecuada para maximizar la captura de imágenes.



Figura 50. Instalación de cámaras trampa.



Figura 51. Zorrillo manchado sureño (*Spilogale angustifrons*)

Selección de sitios y el esfuerzo de muestreo.

En la gran mayoría de los casos, las estaciones de muestreo se escogen subjetivamente según las facilidades disponibles, como son: clima, acceso, caminos existentes, tiempo y fondos, etcétera (Ojasti y Dallmeier, 2000).

Se inició realizando un recorrido para determinar sitios potenciales para registrar y monitorear las especies de fauna silvestre (Baker *et al.*, 2003). Se identificaron los sitios con parches de vegetación nativa, árboles y zonas en la cuales se pudiera tener acceso ya que la mayoría del área es propiedad privada, sin acceso posible.

Es importante ubicar los posibles sitios de refugio y alimentación para así colocar las cámaras trampa. Se evitó la colocación de trampas en áreas abiertas y expuestas, ya que los mamíferos pequeños prefieren moverse a lo largo de los bordes de objetos y generalmente corren alrededor de claros, en vez de cruzarlos (Barnett y Dutton, 1995). Todos los sitios fueron muestreados durante tres días y noches consecutivas y revisadas cada doce horas (González-Romero, 2014), ver Anexo 28 (digital).

Tabla 59. Coordenadas de los transectos en el Sistema Ambiental

Transectos Sistema Ambiental.				
Transecto	**Longitud (m)**	**PUNTO**	**X**	**Y**
Trans_1	507.51	1	269409.80	1790730.14
		2	269488.11	1790642.30
		3	269556.91	1790574.57
		4	269575.96	1790545.99
		5	269546.32	1790507.89
		6	269518.81	1790486.72
		7	269438.37	1790506.83
		8	269361.11	1790558.69
Trans_2	540.49	1	268791.84	1791208.08
		2	268756.28	1791275.40
		3	268753.74	1791338.90
		4	268762.63	1791421.45
		5	268748.66	1791473.52
		6	268710.56	1791521.78
		7	268654.68	1791570.04
		8	268584.83	1791623.38
		9	268586.10	1791664.02
Trans_3	497.51	1	268192.39	1792023.43
		2	268104.76	1792005.65
		3	268018.40	1792013.27
		4	267946.01	1792025.97
		5	267796.15	1791898.97
		6	267746.62	1791885.00
Trans_4	468.82	1	268491.37	1790583.03
		2	268440.57	1790629.60
		3	268410.94	1790657.54
		4	268385.93	1790705.26
		5	268378.09	1790762.24
		6	268367.34	1790844.19
		7	268351.12	1790906.48

Transectos Sistema Ambiental.				
Transecto	**Longitud (m)**	**PUNTO**	**X**	**Y**
		8	268326.06	1790971.05
		9	268312.66	1790999.56

Tabla 60. Coordenadas de los puntos de observación de aves

Puntos de muestreo Avifauna			
ID	**X**	**Y**	**Diámetro (m)**
P1_Obs	269528.58	1790556.87	50.00
P2_Obs	268577.77	1791617.64	50.00
P3_Obs	267876.31	1791914.19	50.00
P4_Obs	268346.64	1790918.34	50.00

Tabla 61. Coordenadas de ubicación de las cámaras trampa instaladas

Cámaras trampa		
ID	**X**	**Y**
SA_1Cam	269545.43	1790529.51
SA_2Cam	268778.28	1791233.75
SA_3Cam	267795.35	1791941.00
SA_4Cam	268488.57	1790601.31

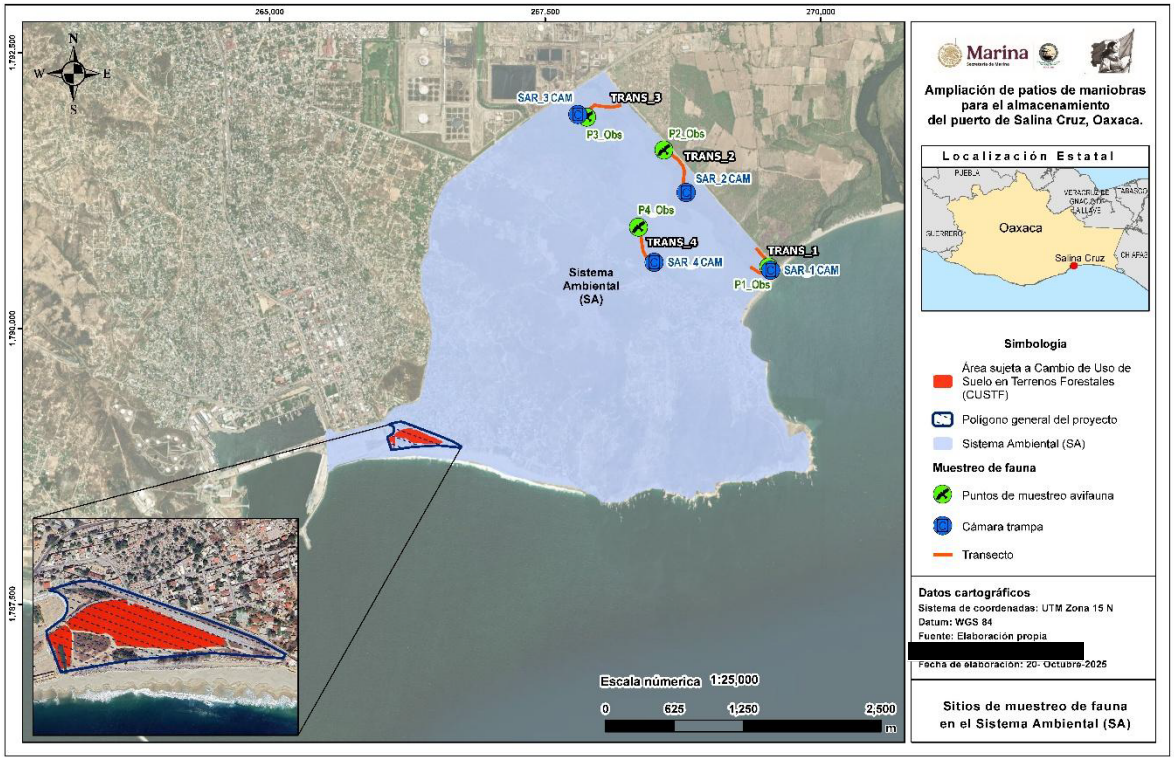


Figura 52. Sitios de muestreo de fauna en Sistema Ambiental

Tabla 62. Coordenadas de los transectos en CUSTF

TRANSECTOS CUSTF				
TRANSECTO	LONGITUD (M)	PUNTO	X	Y
1	446.65	1	266552.33	1788973.82
		2	266502.17	1788990.33
		3	266416.44	1789024.62
		4	266378.98	1789039.22
		5	266321.83	1789062.08
		6	266277.38	1789077.32
		7	266228.48	1789079.86
		8	266188.48	1789069.07
		9	266151.65	1789045.57
		10	266136.41	1789034.78
2	357.57	1	266504.07	1788963.66
		2	266485.02	1788975.72
		3	266460.26	1788982.71
		4	266434.86	1788980.17
		5	266415.81	1788980.17

TRANSECTOS CUSTF				
TRANSECTO	LONGITUD (M)	PUNTO	X	Y
		6	266384.69	1788993.50
		7	266337.70	1789019.54
		8	266314.84	1789033.51
		9	266283.09	1789039.22
		10	266234.20	1789041.76
		11	266199.27	1789035.41
		12	266185.94	1789027.16
		13	266180.82	1789009.96
3	268.67	1	266128.15	1788917.51
		2	266126.46	1788935.08
		3	266125.19	1788954.77
		4	266120.53	1788971.49
		5	266118.63	1788982.71
		6	266121.38	1788993.29
		7	266133.23	1789004.09
		8	266133.23	1789012.76
		9	266123.71	1789022.08
		10	266111.45	1789024.33
		11	266086.66	1789005.36
		12	266078.62	1788998.16
		13	266080.95	1788991.39
		14	266089.63	1788989.69
		15	266095.34	1788983.55
		16	266095.77	1788976.15
		17	266093.01	1788968.53
		18	266099.58	1788951.17
		19	266102.12	1788933.39
		20	266109.10	1788911.80
4	599.24	1	266722.41	1788921.85
		2	266657.32	1788921.32
		3	266603.34	1788935.08
		4	266512.33	1788937.73
		5	266432.95	1788931.91
		6	266314.95	1788935.08
		7	266279.49	1788942.49
		8	266253.04	1788980.59
		9	266267.32	1788998.05
		10	266312.30	1788992.23

TRANSECTOS CUSTF				
TRANSECTO	LONGITUD (M)	PUNTO	X	Y
		11	266350.93	1788985.35

Tabla 63. Coordenadas de los puntos de muestreo de aves en CUSTF

PUNTOS DE MUESTREO AVIFAUNA			
ID	X	Y	DIÁMETRO (M)
1	266486.75	1788982.38	50.00
2	266351.13	1789026.56	50.00
3	266233.18	1789071.52	50.00
4	266115.61	1788999.67	50.00

Tabla 64. Coordenadas de ubicación de las cámaras trampa instaladas en CUSTF

CÁMARAS TRAMPA			
ID	ZONA	X	Y
1	CUSTF	266496.10	1788990.09
2	CUSTF	266376.07	1789029.19
3	CUSTF	266214.75	1789026.47
4	CUSTF	266085.13	1788993.78



Figura 53. Sitios de muestreo de Fauna en CUSTF



La estacionalidad de las especies.

De acuerdo con Howell y Webb (2010), a cada especie se le asignó una categoría de estacionalidad:

- ***Residente*** (Re): Especie que se reproduce en el área y puede ser observada durante todo el año.
- ***Migratoria de invierno*** (Mi): Especie que no se reproduce en la zona, pero puede ser detectada durante varios meses, especialmente durante el invierno.
- ***Migratoria de verano*** (MV): Son especies que se reproducen en México y pasan el invierno más al sur.
- ***Transitoria***- son especies que durante la migración van de paso por nuestro país para dirigirse a sus áreas de internación al sur en el otoño, o a sus áreas de reproducción en el norte durante la primavera.
- ***Introducida/exótica*** (Ex) Son especies que se encuentran fuera de su rango de distribución nativa.

Abundancia.

- Se clasifica en cinco categorías:
- Abundante (especie fácilmente detectable en grandes números).
- Común (especies observadas en números bajos y en grupos pequeños).
- Poco común (especie en la que se observaron pocos individuos).
- Rara (especie poco observada) y ocasional (escasamente observada).

Sociabilidad.

- Se refiere al tipo de organización social de las especies. Comprende tres categorías:
- Solitario (cuando sólo se observa un individuo).
- Pareja (hembra y macho sea en época reproductiva o no).
- Gregaria (conformación de grupos de tres o más individuos).

Alimentación.

Para este caso se asignan categorías de acuerdo con el tipo de alimento que consumen, dependiendo de la disponibilidad de los recursos alimenticios. Se pueden identificar las siguientes categorías (Ortiz-Pulido et al., 1995):

- Herbívoro (especies que se alimentan principalmente de material vegetal como pastos, hojas, ramas, entre otros).
- Carnívoro (especies que se alimentar de vertebrados a los que capturan vivos).
- Carroñero (especies que se alimentan de material animal en descomposición).
- Frugívoro (especies que consumen principalmente frutos).
- Granívoro (se alimentan de semillas principalmente).
- Insectívoro (especies que el consumo de insectos es la base de su alimentación).
- Nectarívoro (cuando el néctar es la principal fuente de alimentación).
- Invertebrado (cuando pequeños invertebrados forman la base de su alimentación).



- Omnívoro (especies que consumen distintos recursos como semillas, insectos, vertebrados, frutos, hojas, entre otros).

Hábitat.

Se refieren al lugar con determinadas condiciones para que viva un determinado organismo o una población de una especie, siendo el término biotopo el análogo que corresponde a una comunidad vegetal o animal.

El biotopo, o conjunto de características de una zona biogeográfica, responde a ciertas características ambientales uniformes que provee espacio vital a una comunidad biológica. De esta manera, se han formado diferentes tipos de biotopos, como los siguientes:

- **Pastizal** (Pzl): Son comunidades vegetales donde predominan los pastos con pocos árboles y arbustos. Pueden ser producto del desmonte de terrenos boscosos y pastizales naturales.
- **Matorral** (Mat): Comunidades vegetales dominadas por arbustos de altura inferior a 4 m.
- **Dunas costeras** (DC): Ecosistema costero formados por montículos de granos de arena o de granos de origen biológico, especialmente calcáreo, producto de la desintegración de los arrecifes de coral y de conchas de moluscos.
- **Palmar** (Pal): Comunidad vegetal formada por plantas monopódicas (un tallo sin ramificar) conocidas como palmas en las zonas tropicales del país. Cultivo.
- **Manglar** (Man): Formación vegetal leñosa, densa, arbórea o arbustiva de 1 a 30 metros de altura, compuesta de una o varias especies de mangle y con poca presencia de especies herbáceas y enredaderas.
- **Tular** (Tu): comunidades de plantas acuáticas dominadas por monocotiledóneas de 1 a 3 m de alto, de hojas angostas o bien carentes de órganos foliares, entre el nivel del mar y los 2,750 msnm.
- **Vegetación Arbórea** (Arb)): Las plantas arbóreas o arborescentes se definen como plantas perennes que se pueden sostener por sí solas, con una altura total de al menos 5 m (sin considerar hojas o inflorescencias ascendentes) y con uno o varios tallos erectos de un diámetro de al menos 10 cm.
- **Cultivo permanente** (Cp): son aquellos que tienen ciclos muy largos, ya que su periodo de vida vegetativo se puede extender más allá de 25 años continuos, tiempo durante el cual, una vez realizada la siembra, pueden obtenerse varias cosechas, ya sea cíclicas o continuas, dependiendo del tipo de plantación.
- **Cultivo temporal** (Ct): Son aquellos que su período vegetativo es menor a 12 meses y requieren de una nueva siembra para la obtención de cosecha. Estos se concentran en dos periodos productivos, Primavera/Verano y Otoño/Invierno.
- **Río, cuerpo de agua, corriente** (Acu): es cualquier extensión que se encuentran en la superficie terrestre (ríos y lagos) o en el subsuelo (acuíferos, ríos subterráneos); tanto en estado líquido, como sólido (glaciares, casquetes polares); tanto naturales como artificiales (embalses) y pueden ser de agua salada o dulce.

- **Asentamiento humano** (Ah): Son las áreas constituidas por las zonas urbanizadas, las que se reserven a su expansión y las que se consideren no urbanizables por causas de preservación ecológica, prevención de riesgos y mantenimiento de actividades productivas dentro de los límites de dichos centros.

Distribución vertical.
Se basa en el estrato de la vegetación donde se desarrollan los individuos de la especie.

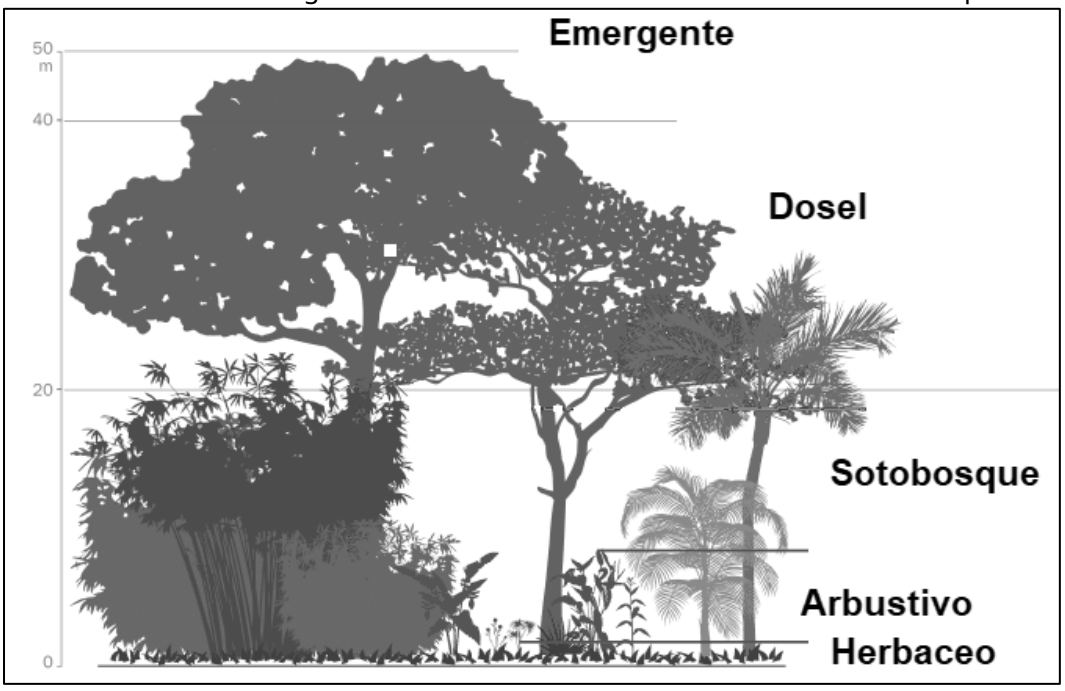


Figura 54 Estratificación vertical del bosque

Especies de importancia para la conservación.
Para determinar la situación de riesgo de las especies se consultó la **NOM -059-SEMARNAT-2010, UICN.** Se anexa **en formato digital de Excel,** la Lista general de las especies potenciales de la cuenca.

Resultados del muestreo en el Sistema Ambiental.
Se presentan los resultados de los monitoreos realizados del 8 al 12 de septiembre y del 1 al 3 de octubre, de 2025.
En la cuenca se registró un total de 34 especies, en 9 órdenes y 12 familias: una especie de anfibios y 5 especies de reptiles, en 4 familias; 23 especies de aves en 14 familias y 5 especies de mamíferos en 3 familias, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 65. Lista general de especies registradas en el Sistema Ambiental, número de individuos registrados y tipo de registro

ID	Orden	Familia	Nombre científico		Nombre común	ni	Tipo de registro
1	Anura	Bufonidae	*Incilius*	*marmoreus*	Sapo jaspeado	3	Av
2	Squamata	Iguanidae	*Ctenosaura*	*pectinata*	Iguana Mexicana de cola espinosa	2	Av
3	Squamata	Iguanidae	*Iguana*	*iguana*	Iguana verde	4	Av
4	Squamata	Phrynosomatidae	*Sceloporus*	*siniferus*	Lagartija espinosa de cola larga	1	Av
5	Squamata	Phrynosomatidae	*Urosaurus*	*bicarinatus*	Lagartija de árbol del Pacífico	1	Av
6	Squamata	Teiidae	*Aspidoscelis*	*deppii*	Huico siete líneas	5	Av
7	Accipitriformes	Accipitridae	*Rupornis*	*magnirostris*	Aguililla caminera	1	Av
8	Apodiformes	Trochilidae	*Ramosomyia*	*viridifrons*	Colibrí frente verde	1	Av
9	Cathartiformes	Cathartidae	*Coragyps*	*atratus*	Zopilote común	76	Av
10	Charadriiformes	Recurvirostridae	*Himantopus*	*mexicanus*	Monjita americana	14	Av
11	Charadriiformes	Scolopacidae	*Actitis*	*macularius*	Playero alzacolita	12	Av
12	Charadriiformes	Scolopacidae	*Numenius*	*phaeopus*	Zarapito trinador	3	Av
13	Charadriiformes	Scolopacidae	*Tringa*	*semipalmata*	Playero Pihuiuí	5	Av
14	Columbiformes	Columbidae	*Columbina*	*Inca*	Tortolita cola larga	8	Av
15	Columbiformes	Columbidae	*Streptopelia*	*decaocto*	Paloma de collar turca	4	Av
16	Columbiformes	Columbidae	*Zenaida*	*asiatica*	Paloma de alas blancas	5	Av
17	Cuculiformes	Cuculidae	*Crotophaga*	*sulcirostris*	Garrapatero pijuy	12	Av
18	Passeriformes	Icteridae	*Quiscalus*	*mexicanus*	Zanate mayor	9	Av
19	Passeriformes	Polioptilidae	*Polioptila*	*albiloris*	Perlita pispirria	2	Av
20	Passeriformes	Tyrannidae	*Camptostoma*	*imberbe*	Mosquerito chillón	4	Av
21	Passeriformes	Tyrannidae	*Myiarchus*	*tuberculifer*	Papamoscas triste	4	Av
22	Passeriformes	Tyrannidae	*Pitangus*	*sulphuratus*	Luis bienteveo	12	Av
23	Passeriformes	Tyrannidae	*Tyrannus*	*vociferans*	Tirano Chibiú	3	Av
24	Passeriformes	Vireonidae	*Vireo*	*belli*	Vireo de Bell	6	Av
25	Pelecaniformes	Ardeidae	*Ardea*	*alba*	Garza blanca	5	Av
26	Pelecaniformes	Ardeidae	*Egretta*	*tricolor*	Garza tricolor	3	Av
27	Pelecaniformes	Ardeidae	*Nyctanassa*	*violacea*	Garza nocturna de corona clara	2	Av

ID	Orden	Familia	Nombre científico		Nombre común	ni	Tipo de registro
28	Piciformes	Picidae	*Melanerpes*	*aurifrons*	Carpintero cheje	2	Av
29	Trogoniformes	Trogonidae	*Trogon*	*criteolus*	Coa citrina	1	Av
32	Carnivora	Mephitidae	*Spilogale*	*angustifrons*	Zorrillo manchado sureño	1	Av
33	Carnivora	Procyonidae	*Bassariscus*	*astutus*	Cacomixtle norteño	2	Ex
34	Carnivora	Procyonidae	*Procyon*	*lotor*	Mapache	6	Hu
35	Didelphimorphia	Didelphidae	*Didelphis*	*virginiana*	Tlacuache norteño	4	Hu
36	Lagomorpha	Leporidae	*Sylvilagus*	*floridanus*	Conejo serrano	2	Hu

Tipo de registro: **Av,** avistamiento; **Au** Auditivo, **Hu**, huella; **Ex**, excreta.

Curvas de Acumulación de Especies.

Una vez realizado un inventario, el procedimiento a seguir es determinar si la muestra es representativa del atributo medido. La forma más eficiente para determinar esto es por medio de curvas de acumulación de especies, para lo cual fue utilizado el programa EstimateS 9.1 (URL: http://viceroy.eeb.uconn.edu/ EstimateS).

Una curva de acumulación de especies representa gráficamente la forma como las especies van apareciendo en las unidades de muestreo, o de acuerdo con el incremento en el número de individuos. Es por esto por lo que, en una gráfica de curvas de acumulación, el eje Y es definido por el número de especies acumuladas y el X por el número de unidades de muestreo o el incremento del número de individuos. Cuando una curva de acumulación es asintótica indica que, aunque se aumente el número de unidades de muestreo o de individuos censados, es decir, aumente el esfuerzo, no se incrementará el número de especies, si además nos indican que obtuvimos más del 85% de las especies esperadas en un sitio de muestreo, significa que se realizó un buen muestreo.

Curvas de Acumulación de Anfibios y Reptiles.

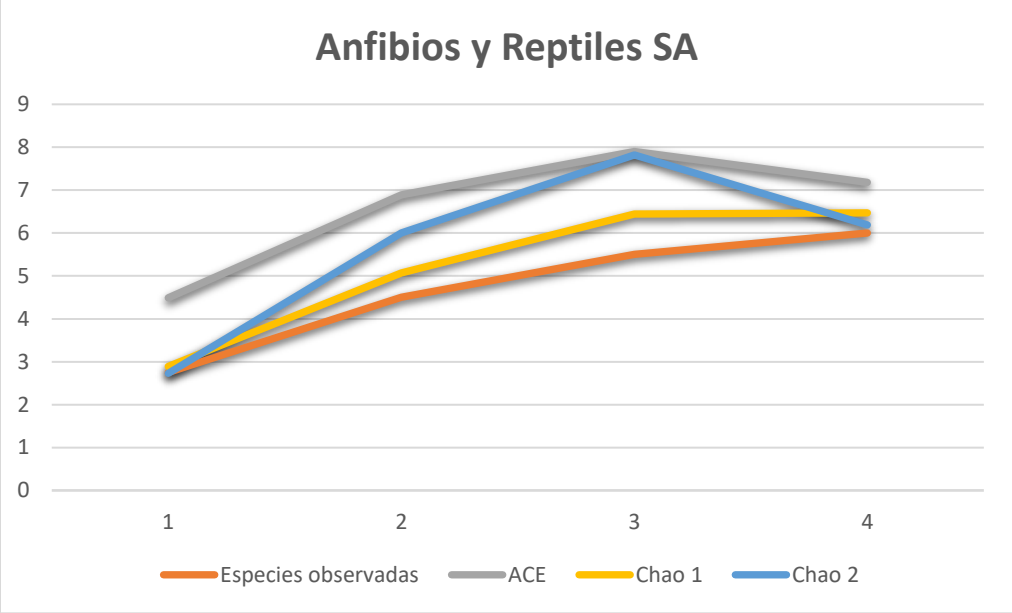


Figura 55. Curva de acumulación de especies para anfibios y reptiles en el SA

Tabla 66. Datos del análisis EstimateS 9.1 para anfibios y reptiles en el SA

Muestras	Especies observadas	Especies estimadas		
		ACE	Chao 1	Chao 2
1	2.75	4.49	2.89	2.73
2	4.5	6.89	5.07	6
3	5.5	7.9	6.44	7.82
4	6	7.18	6.47	6.19

Al comparar los datos estadísticos calculados, se observa que el número de especies observadas (6 Sobs) es consistente al de las especies estimadas en las columnas ACE (7.18), Chao 1 (6.47) y Chao 2 (6.19). Esto indica que los estimadores sugieren que existe una diversidad estimada proporcional a la reportada en el muestreo. Por lo tanto, los métodos de estimación resaltan que el esfuerzo de muestreo fue el adecuado para captar una muestra representativa de la biodiversidad presente.

Curvas de Acumulación de Aves.

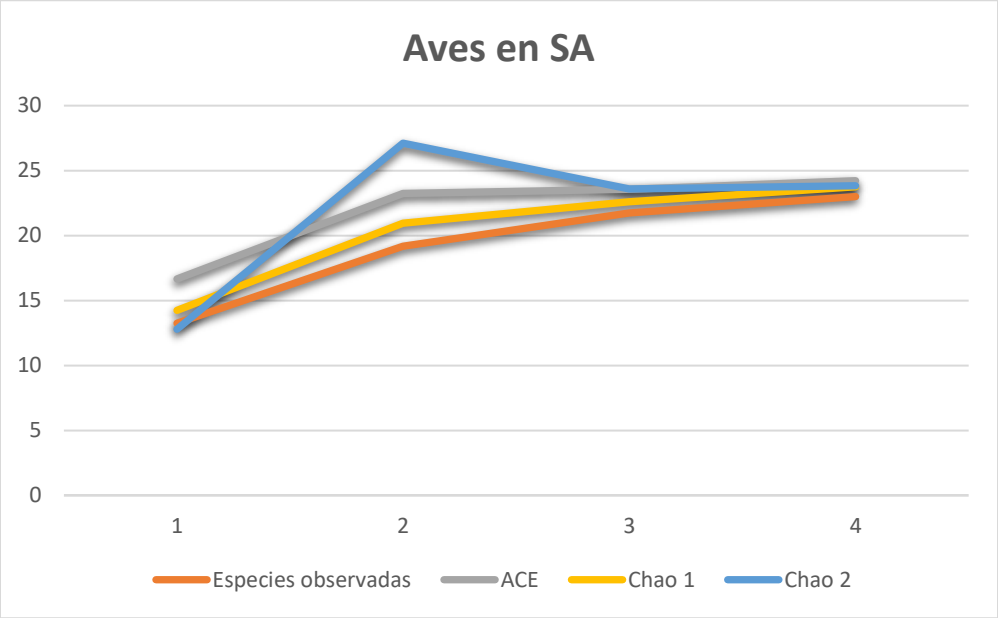


Figura 56. Curva de acumulación de especies para aves en el SA

Tabla 67. Datos del análisis Estimates 9.1 para aves en el SA

Muestras	Especies observadas	Especies estimadas		
		ACE	Chao 1	Chao 2
1	13.25	16.66	14.24	12.79
2	19.17	23.23	20.95	27.11
3	21.75	23.55	22.59	23.58
4	23	24.22	23.75	23.83

Al comparar los datos estadísticos calculados, se observa que el número de especies observadas (23 Sobs) es consistente al de las especies estimadas en las columnas ACE (24.22), Chao 1 (23.75) y Chao 2 (23.83). Esto indica que los estimadores sugieren que existe una diversidad estimada proporcional a la reportada en el muestreo. Por lo tanto, los métodos de estimación resaltan que el esfuerzo de muestreo fue el adecuado para captar una muestra representativa de la biodiversidad presente.

Curvas de Acumulación de Mamíferos

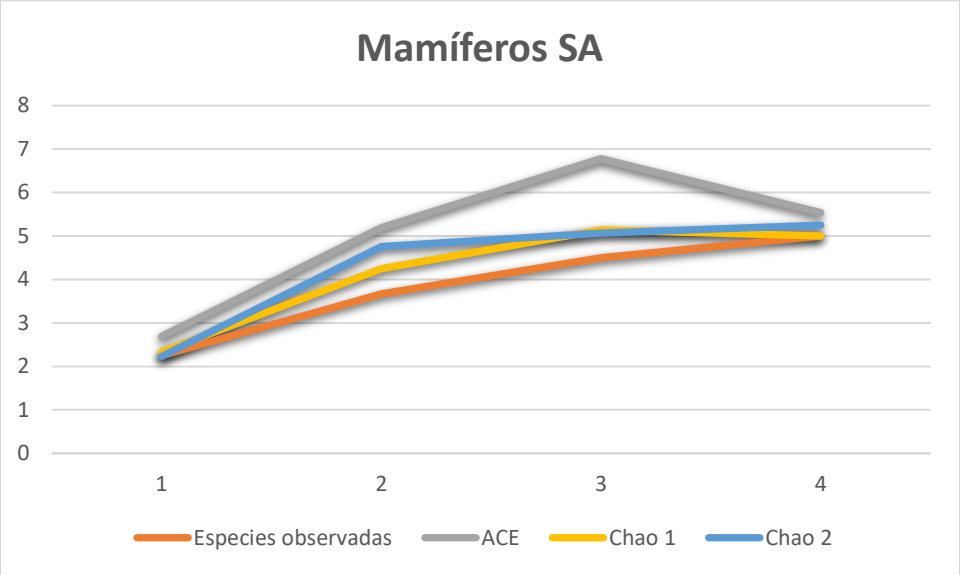


Figura 57. Curva de acumulación de especies para mamíferos en el SA

Tabla 68. Datos del análisis EstimateS 9.1 para mamíferos en el SA

Muestras	Especies observadas	Especies estimadas		
		ACE	Chao 1	Chao 2
1	2.25	2.69	2.33	2.23
2	3.67	5.19	4.25	4.76
3	4.5	6.78	5.14	5.07
4	5	5.54	5	5.25

Al comparar los datos estadísticos calculados, se observa que el número de especies observadas (5 Sobs) es consistente al de las especies estimadas en las columnas ACE (5.54), Chao 1 (5) y Chao 2 (5.25). Esto indica que los estimadores sugieren que existe una diversidad estimada proporcional a la reportada en el muestreo. Por lo tanto, los métodos de estimación resaltan que el esfuerzo de muestreo fue el adecuado para captar una muestra representativa de la biodiversidad presente.

Medición de la diversidad alfa

La gran mayoría de los métodos propuestos para evaluar la diversidad de especies se refieren a la diversidad dentro de las comunidades (alfa). Para diferenciar los distintos métodos en función de las variables biológicas que miden, los dividimos en dos grandes grupos: en la cuantificación del número de especies presentes (riqueza específica) y en la estructura de la comunidad, es decir, la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie

(abundancia relativa de los individuos, su biomasa, cobertura, productividad, etcétera), ver Anexo 29 (digital).

Riqueza específica (S)

La riqueza específica (S) es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de estas. La forma ideal de medir la riqueza específica es contar con un inventario completo que nos permita conocer el número total de especies (S) obtenido por un censo de la comunidad. Esto es posible únicamente para ciertos taxones bien conocidos y de manera puntual en tiempo y en espacio. La mayoría de las veces tenemos que recurrir a índices de riqueza específica obtenidos a partir de un muestreo de la comunidad. A continuación, se describen los índices más comunes para medir la riqueza de especies (Moreno, 2001).

Índice de diversidad de Margalef (D_{Mg})

Transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos

S=k.N

Donde **k** es constante (Magurran, 1998 citado por Moreno, 2001).

Si esto no se mantiene, entonces el índice varía con el tamaño de muestra de forma desconocida. Usando S-1, en lugar de S, da D_{Mg} = 0 cuando hay una sola especie.

D_{Mg}=(S-1)/LnN

Donde:

S = número de especies.

N = número total de individuos.

Tabla 69. Valores de interpretación del índice de Margalef

Valores	Interpretación
0.1- 2.0	Diversidad Baja
2.1- 4.9	Diversidad Media
5-	Diversidad Alta

Fuente: Krebs (1985).

Índice de equidad de Shannon-Wiener (H)

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988; Peet, 1974; Baev & Penev, 1995 citados por Moreno, 2001). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de «S» (LnS), cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988 citado por Moreno, 2001).

H´ =-Σpi*Lnpi

Donde:
ni: número de individuos.
pi: abundancia proporcional.

Tabla 70. Valores de interpretación del índice de Shannon - Wiener

Valores	Interpretación
0.1 - 1.5	Diversidad Baja
1.6 - 3.0	Diversidad Media
3.1 -	Diversidad Alta

Fuente: Krebs (1985).

Índice de Equidad de Pielou (J)

Mide la proporción de la heterogeneidad de Shannon-Wiener observada, con relación a la máxima heterogeneidad esperada, considerando que la heterogeneidad de una comunidad disminuye cuando una especie tiende a dominar (Moreno, 2001). Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988 citado por Moreno, 2001).

J´ = H´ /H´ max

Donde: H'max = Ln (S).

Índice de Simpson D

El Índice de diversidad de Simpson (también conocido como el índice de la diversidad de las especies o índice de dominancia) es uno de los parámetros que nos permite medir la riqueza de organismos. En ecología, es también usado para cuantificar la biodiversidad de un hábitat. Toma un determinado número de especies presentes en el hábitat y su abundancia relativa. El Índice de Simpson representa la probabilidad de que dos individuos dentro de un hábitat, seleccionados al azar, pertenezcan a la misma especie. Es decir, cuanto más se acerca el valor de este índice a la unidad, existe una mayor posibilidad de dominancia de una especie y de una población; y cuanto más se acerque el valor de este índice a cero, mayor es la biodiversidad de un hábitat.

Como el valor del índice de Simpson es inverso a la equidad, la diversidad debe calcularse como:

1 - λ.

Enfatiza la dominancia.

$\lambda = \sum(p_i)^2$

Dónde p_i es la abundancia proporcional de la especie i y se obtiene mediante el número de individuos de la especie i entre número total de individuos de la muestra. (Proporción de individuos de la i-ésima especie) = n_i/N.

Anfibios y Reptiles (Resultados).

Todos los anfibios y reptiles registrados en el Sistema Ambiental son residentes, de movilidad restringida. Con respecto al tipo de alimentación, se registraron especies insectívoras como el sapo jaspeado (*Incilius marmoreus*), el huico siete líneas (*Aspidoscelis deppii*), lagartija espinosa

de cola larga (*Sceloporus siniferus*) y la lagartija de árbol del Pacífico (*Urosaurus bicarinatus*); y la iguana verde (*Iguana iguana*) e iguana mexicana de cola espinosa (*Ctenosaura pectinata*) en los herbívoros. Además, esta última se encuentra listada en la NOM-059, como amenazada (A) y endémica.



Figura 58. Lagartija de árbol del Pacífico (*Urosaurus bicarinatus*)



Figura 59. Lagartija espinosa de cola larga (*Sceloporus siniferus*)

Tabla 71. Criterios de análisis para la caracterización de la herpetofauna presente en el Sistema Ambiental

ID	Nombre científico		Nombre común	Estacionalidad	Abundancia	Sociabilidad	Alimentación	Hábitat	D. vertical	NOM 059	Endemismo	Valor
1	*Incilius*	*marmoreus*	Sapo jaspeado	Re	Pc	Gr	In	Man	Her	NA	En	NA
2	*Ctenosaura*	*pectinata*	Iguana Mexicana de cola espinosa	Re	C	Gr	Om	Man	Su	A	En	Si
3	*Iguana*	*iguana*	Iguana verde	Re	C	So	Her	Arb	Do	NA	NA	Si
4	*Sceloporus*	*siniferus*	Lagartija espinosa de cola larga	Re	Pc	So	In	Man	Arb	NA	Nat	NA
5	*Urosaurus*	*bicarinatus*	Lagartija de árbol del Pacífico	Re	Pc	So	In	Man	Arb	NA	En	NA
6	*Aspidoscelis*	*deppii*	Huico siete líneas	Re	A	So	In	Ter	Su	NA	N**at**	NA

(Estacionalidad: **Re** residentes, **Vi** visitantes, **In** invernales, **Mi** migratorias o **Tr** transitorias. Abundancia: **A** abundante, **C** común, **Pc** poco común, **R** rara y **O** ocasional. Sociabilidad: **So** solitario, **Pa** pareja y **Gr** gregaria. Alimentación: **Her** herbívoro, **Ca** carnívoro, **Car** carroñero, **Fru** frugívoro, **Gra** granívoro, **In** insectívoro, **Nec** nectarívoro, **Inv** invertebrado y **Om** omnívoro. Hábitat: Pastizal **Pzl,** Matorral **Mat**, Dunas costeras **DC**, Palmar **Pal**, Manglar **Man**, Tular **Tu**, Vegetación Arbórea (**Arb**), Cultivo permanente **Cp**, Cultivo temporal **Ct**, Río, cuerpo de agua, corriente **Acu** y Asentamiento humano **Ah**. Distribución vertical: **Cu** cuerpo de agua, **Su** suelo, **Her** herbáceo, **So** sotobosque, **Do** dosel, **Em** emergente. NOM-SEMARNAT-059-2010: **E** probablemente extinta, **P** en peligro de extinción, **A** amenazada, **Pr** sujeta a protección especial).

Diversidad Alfa, Anfibios y Reptiles.

Para anfibios y reptiles, en cuenca, se tiene una riqueza de especies **S= 6**, y un número total de individuos de **N=16**. Las especies con una abundancia relativa más alta es el Huico siete líneas (*Aspidoscelis deppii*); seguido de la Iguana verde (*Iguana iguana*).

Tabla 72. Cálculos de los índices de diversidad para anfibios y reptiles en Sistema Ambiental

Anfibios y Reptiles Sistema Ambiental.											
ID	**Nombre científico**		**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**ni**	**Pi**	**Ln (Pi)**	**H'**	**λ**
1	*Incilius*	*marmoreus*	0	2	1	0	**3**	0.19	-1.67	0.31	0.0351
2	*Ctenosaura*	*pectinata*	1	0	1	0	**2**	0.13	-2.08	0.26	0.0156
3	*Iguana*	*iguana*	2	0	2	0	**4**	0.25	-1.39	0.35	0.0625
4	*Sceloporus*	*siniferus*	0	0	0	1	**1**	0.06	-2.77	0.17	0.0039
5	*Urosaurus*	*bicarinatus*	0	0	0	1	**1**	0.06	-2.77	0.17	0.0039
6	*Aspidoscelis*	*deppii*	2	1	0	2	**5**	0.31	-1.16	0.36	0.0976

Anfibios y Reptiles Sistema Ambiental.									
Total	**5**	**3**	**4**	**4**	**16**	1		**1.63**	**0.2186**
					Riqueza	**6**	**Índice de Diversidad Shannon- Wiener.**		
					H'max	**1.79**			
					Equidad-J'	**0.91**			
					Simpson-D	**0.78**			
					Margalef	**1.8**			

Tabla 73. Valores de interpretación de los índices de Shannon - Wiener y Margalef

Valores de Interpretación		**Valores del muestreo**		
Margalef (DMg)	**Shannon - Wiener (H')**	**DMg**	**H'**	**Interpretación.**
0.1- 2.0	0.1 - 1.5	**1.8**		**Diversidad Baja**
2.1- 4.9	1.6 - 3.0		**1.63**	**Diversidad Media**
5-	3.1 -			Diversidad Alta

Se calcula un índice de Shannon – Wiener de **H' = 1.63**, con una diversidad máxima esperada de **H'max = 1.79**; el índice de Margalef de $\mathbf{D_{Mg}}$ **= 1.**8, lo que en conjunto y, de acuerdo con la tabla anterior, refleja una **diversidad media baja** en la cuenca. El índice de Simpson calculado es de **D= 0.78** lo que refleja que la proporción poblacional del ecosistema es dominada por un bajo número de especies.

Aves (Resultados).

En el Sistema Ambiental se registraron 23 especies observadas de aves; de todas ellas solamente el Colibrí frente verde (*Ramosomyia viridifrons*) se encuentra enlistada en la **NOM-059-SEMARNAT-2010**; se reportan tres especies endémicas el Colibrí frente verde (*Ramosomyia viridifrons*), la Matraca nuca canela (*Campylorhynchus humilis*) y la Coa citrina (*Trogon criteolus*). Con respecto al tipo de alimentación, se registraron dos especies granívoras, la tortolita cola larga (*Columbina inca*) y la paloma de alas blancas (*Zenaida asiática*); una carnívora Aguililla caminera (*Rupornis magnirostris*); una especie carroñera el zopilote común (*Coragyps atratus*); siete especies acuáticas, dos omnívoros y doce insectívoros.



Figura 60. Zopilote común (*Coragyps atratus*)



Figura 61. Monjita americana (*Himantopus mexicanus*)



Figura 62. Garza nocturna de corona clara (*Nyctanassa violacea*)

Tabla 74. Criterios de análisis para la caracterización de la avifauna presente en el Sistema Ambiental

ID	Nombre científico		Nombre común	Estacionalidad	Abundancia	Sociabilidad	Alimentación	Hábitat	D. vertical	NOM 059	Endemismo	Valor cinegético
1	*Rupornis*	*magnirostris*	Aguililla caminera	Re	Pc	So	Ca	Arb	Do	NA	ne	No
2	*Ramosomyia*	*viridifrons*	Colibrí frente verde	Re	Pc	So	Nec	Man	Arb	A	EN	No
3	*Coragyps*	*atratus*	Zopilote común	Re	A	Gr	Car	Arb	Em	NA	ne	No
4	*Himantopus*	*mexicanus*	Monjita americana	Re, Mi	A	Gr	In	Ct	Cu	NA	ne	No
5	*Actitis*	*macularius*	Playero alzacolita	Mi	A	Gr	In	Ct	Cu	NA	ne	No
6	*Numenius*	*phaeopus*	Zarapito trinador	Mi	C	So	In	Ct	Cu	NA	ne	No
7	*Tringa*	*semipalmata*	Playero Pihuiuí	Mi	C	Gr	In	Ct	Cu	NA	ne	No
8	*Columbina*	*Inca*	Tortolita cola larga	Re	A	Gr	Gra	Arb	So	NA	ne	No
9	*Streptopelia*	*decaocto*	Paloma de collar turca	Re	A	Gr	Gra	Arb	So	NA	Inv	No
10	*Zenaida*	*asiatica*	Paloma de alas blancas	Re	A	Pa	Gra	Arb	Do	NA	ne	No

ID	Nombre científico		Nombre común	Estacionalidad	Abundancia	Sociabilidad	Alimentación	Hábitat	D. vertical	NOM 059	Endemismo	Valor cinegético
11	*Crotophaga*	*sulcirostris*	Garrapatero pijuy	Re	C	Gr	In	Arb	So	NA	ne	No
12	*Quiscalus*	*mexicanus*	Zanate mayor	Re	A	Gr	Om	Arb	Do	NA	ne	No
13	*Polioptila*	*albiloris*	Perlita pispirria	Re	C	So	In	Arb	So	NA	ne	No
14	*Camptostoma*	*imberbe*	Mosquerito chillón	Re	C	So	In	Arb	So	NA	ne	No
15	*Myiarchus*	*tuberculifer*	Papamoscas triste	Re	C	So	In	Arb	So	NA	ne	No
16	*Pitangus*	*sulphuratus*	Luis bienteveo	Re	A	So	In	Arb	So	NA	ne	No
17	*Tyrannus*	*vociferans*	Tirano Chibiú	Re, Mi	C	So	Om	Arb	Do	NA	ne	No
18	*Vireo*	*belli*	Vireo de Bell	MI, MV	C	So	In	Arb	So	NA	ne	No
19	*Ardea*	*alba*	Garza blanca	Mi. Re	C	Pa	Ca	Ct	Cu	NA	ne	No
20	*Egretta*	*tricolor*	Garza tricolor	Mi, Re	C	So	Ca	Ct	Cu	NA	ne	No
21	*Nyctanassa*	*violacea*	Garza nocturna de corona clara	Mi, Re	C	So	Ca	Ct	Cu	NA	ne	No
22	*Melanerpes*	*aurifrons*	Carpintero cheje	Re	Pc	So	In	Ct	Cu	NA	ne	No
23	*Trogon*	*criteolus*	Coa citrina	Re	R	So	In	Arb	So	NA	EN	No

(Estacionalidad: **Re** residentes, **Mi** migratorias, **MV** migratorio en verano o **Tr** transitorias. Abundancia: **A** abundante, **C** común, **Pc** poco común, **R** rara y **O** ocasional. Sociabilidad: **So** solitario, **Pa** pareja y **Gr** gregaria. Alimentación: **Her** herbívoro, **Ca** carnívoro, **Car** carroñero, **Fru** frugívoro, **Gra** granívoro, **In** insectívoro, **Nec** nectarívoro, **Inv** invertebrado y **Om** omnívoro. Hábitat: Pastizal **Pzl,** Matorral **Mat**, Dunas costeras **DC**, Palmar **Pal**, Manglar **Man**, Tular **Tu**, Vegetación Arbórea (**Arb**), Cultivo permanente **Cp**, Cultivo temporal **Ct**, Río, cuerpo de agua, corriente **Acu** y Asentamiento humano **Ah**. Distribución vertical: **Cu** cuerpo de agua, **Su** suelo, **Her** herbáceo, **So** sotobosque, **Do** dosel, **Em** emergente. NOM-SEMARNAT-059-2010: **E** probablemente extinta, **P** en peligro de extinción, **A** amenazada, **Pr** sujeta a protección especial).

Diversidad Alfa, Aves.

Para la avifauna de la cuenca, se tiene una riqueza de especies **S= 23**, y un número total de individuos de **N= 194**. Las especies con una abundancia relativa más alta **(Pi)** son: el zopilote común (*Coragyps atratus)*, la monjita americana (*Himantopus mexicanus*), el playero alza colita (*Actitis macularius*), el garrapatero pijuy (*Crotophaga sulcirostris*) y el Luis bienteveo (Pitangus sulphuratus) con una distribución amplia a lo largo de la cuenca ya que son muy tolerantes a los ambientes perturbados.

Tabla 75. Cálculos de los índices de diversidad para la avifauna en el Sistema Ambiental

Aves en el Sistema Ambiental.											
ID	**Nombre científico**		**P1**	**P2**	**P3**	**P4**	**ni**	**Pi**	**Ln (Pi)**	**H'**	**λ**
1	*Rupornis*	*magnirostris*	0	1	0	0	1	0.01	-5.27	0.02	2.657E-05
2	*Ramosomyia*	*viridifrons*	0	0	0	1	1	0.01	-5.27	0.02	2.657E-05
3	*Coragyps*	*atratus*	40	6	28	2	76	0.39	-0.94	0.36	0.15347008
4	*Himantopus*	*mexicanus*	6	0	6	2	14	0.07	-2.63	0.18	0.00520778
5	*Actitis*	*macularius*	6	0	4	2	12	0.06	-2.78	0.17	0.00382612
6	*Numenius*	*phaeopus*	1	0	2	0	3	0.02	-4.17	0.06	0.00023913
7	*Tringa*	*semipalmata*	2	0	3	0	5	0.03	-3.66	0.09	0.00066426
8	*Columbina*	*Inca*	0	2	1	5	8	0.04	-3.19	0.13	0.0017005
9	*Streptopelia*	*decaocto*	0	2	0	2	4	0.02	-3.88	0.08	0.00042512
10	*Zenaida*	*asiatica*	0	2	1	2	5	0.03	-3.66	0.09	0.00066426
11	*Crotophaga*	*sulcirostris*	0	6	6	0	12	0.06	-2.78	0.17	0.00382612
12	*Quiscalus*	*mexicanus*	0	3	2	4	9	0.05	-3.07	0.14	0.00215219
13	*Polioptila*	*albiloris*	0	2	0	0	2	0.01	-4.57	0.04	0.00010628
14	*Camptostoma*	*imberbe*	0	1	1	2	4	0.02	-3.88	0.08	0.00042512
15	*Myiarchus*	*tuberculifer*	0	2	1	1	4	0.02	-3.88	0.08	0.00042512
16	*Pitangus*	*sulphuratus*	1	2	2	1	12	0.06	-2.78	0.17	0.00382612
17	*Tyrannus*	*vociferans*	0	1	1	1	3	0.02	-4.17	0.06	0.00023913
18	*Vireo*	*belli*	0	1	0	3	6	0.03	-3.48	0.10	0.00095653
19	*Ardea*	*alba*	2	0	3	0	5	0.03	-3.66	0.09	0.00066426
20	*Egretta*	*tricolor*	1	0	2	0	3	0.02	-4.17	0.06	0.00023913
21	*Nyctanassa*	*violacea*	0	0	2	0	2	0.01	-4.57	0.04	0.00010628
22	*Melanerpes*	*aurifrons*	0	1	0	1	2	0.01	-4.57	0.04	0.00010628
23	*Trogon*	*criteolus*	0	0	0	1	1	0.01	-5.27	0.02	2.657E-05
Total			**59**	**32**	**65**	**30**	**194**	**1**		**2.29**	**0.179349559**

Riqueza (S)	**23**	**Índice de Diversidad Shannon- Wiener.**
H'max	**3.14**	
Equidad-J'	**0.73**	
Simpson 1-D	**0.82**	
Margalef	**4.18**	

Tabla 76. Valores de interpretación de los índices de Shannon - Wiener y Margalef.

Valores de Interpretación		Valores del muestreo		
Margalef (DMg)	**Shannon - Wiener (H')**	**DMg**	**H'**	**Interpretación.**
0.1- 2.0	0.1 - 1.5			Diversidad Baja
2.1- 4.9	1.6 - 3.0	**4.18**	**2.29**	**Diversidad Media**
5-	3.1 -			Diversidad Alta

Se calcula un índice de Shannon – Wiener de **H' = 2.29**, con una diversidad máxima esperada de **H'max = 3.14**; el índice de Margalef de **D_{Mg} = 4.18**, lo que en conjunto y, de acuerdo con la tabla anterior, refleja una **diversidad media alta**. El índice de Simpson calculado es de **D= 0.82** lo que refleja que la proporción poblacional del ecosistema es dominada por un bajo número de especies.

Mamíferos (Resultados).

Todos los mamíferos registrados en el Sistema Ambiental, de movilidad media. Destacan el mapache (*Procyon lotor*), el cacomixtle norteño (*Bassariscus astutus*) y el tlacuache (*Didelphis marsupialis*). No se reportan especies listadas en la NOM-059.



Figura 63. Huella Conejo serrano (*Sylvilagus flaridanus*)



Figura 64. Excreta de Cacomixtle norteño (*Bassariscus astutus*)

Tabla 77. Criterios de análisis para la caracterización de mamíferos presentes en el Sistema Ambiental

ID	Nombre científico		Nombre común	Estacionalid	Abundancia	Sociabilidad	Alimentació	Hábitat	D. vertical	NOM 059	Endemismo	Valor cinegético
1	*Spilogale*	*angustifrons*	Zorrillo manchado sureño	Re	Pc	So	Ca	Ter	Su	NA	ne	Si
2	*Bassariscus*	*astutus*	Cacomixtle norteño	Re	Pc	So	Ca	Ter	Su	NA	ne	No
3	*Procyon*	*lotor*	Mapache	Re	C	So	Om	Ter	Su	NA	ne	No
4	*Didelphis*	*virginiana*	Tlacuache norteño	Re	C	So	Om	Ter	Su	NA	ne	No
5	*Sylvilagus*	*floridanus*	Conejo serrano	Re	Pc	So	Her	Ter	Su	NA	ne	Si

(Estacionalidad: **Re** residentes, **Mi** migratorias, **MV** migratorio en verano o **Tr** transitorias. Abundancia: **A** abundante, **C** común, **Pc** poco común, **R** rara y **O** ocasional. Sociabilidad: **So** solitario, **Pa** pareja y **Gr** gregaria. Alimentación: **Her** herbívoro, **Ca** carnívoro, **Car** carroñero, **Fru** frugívoro, **Gra** granívoro, **In** insectívoro, **Nec** nectarívoro, **Inv** invertebrado y **Om** omnívoro. Hábitat: Pastizal **Pzl,** Matorral **Mat**, Dunas costeras **DC**, Palmar **Pal**, Manglar **Man**, Tular **Tu**, Vegetación Arbórea (**Arb**), Cultivo permanente **Cp**, Cultivo temporal **Ct**, Río, cuerpo de agua, corriente **Acu** y Asentamiento humano **Ah**. Distribución vertical: **Cu** cuerpo de agua, **Su** suelo, **Her** herbáceo, **So** sotobosque, **Do** dosel, **Em** emergente. NOM-SEMARNAT-059-2010: **E**

probablemente extinta, **P** en peligro de extinción, **A** amenazada, **Pr** sujeta a protección especial).

Diversidad Alfa, mamíferos.

Para los mamíferos registrados en cuenca, se tiene una riqueza de especies **S= 5**, y un número total de individuos de **N=15**. Las especies con una abundancia relativa más alta es el Mapache (*Procyon lotor*), seguido del Tlacuache norteño (*Didelphis virginiana)*.

Tabla 78. Cálculo de los índices de diversidad para la mastofauna en Sistema Ambiental

Mamíferos en el Sistema Ambiental											
ID	**Nombre científico**		**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**ni**	**Pi**	**Ln (Pi)**	**H'**	**λ**
1	*Spilogale*	*angustifrons*	0	0	0	1	1	0.067	-2.71	0.18	0
2	*Bassariscus*	*astutus*	0	1	0	1	2	0.133	-2.01	0.27	0.02
3	*Procyon*	*lotor*	1	3	2	0	6	0.4	-0.92	0.37	0.16
4	*Didelphis*	*virginiana*	0	3	1	0	4	0.267	-1.32	0.35	0.07
5	*Sylvilagus*	*floridanus*	0	2	0	0	2	0.133	-2.01	0.27	0.02
Total			**1**	**9**	**3**	**2**	**15**	1		**1.44**	**0.27**
							Riqueza	**5**	**Índice de Diversidad Shannon- Wiener.**		
							H'max	**1.61**			
							Equitatividad-J'	**0.89**			
							Simpson-D	**0.73**			
							Margalef	**1.48**			

Tabla 79. Valores de interpretación de los índices de Shannon - Wiener y Margalef

Valores de Interpretación		**Valores del muestreo**		
Margalef (DMg)	**Shannon - Wiener (H')**	**DMg**	**H'**	**Interpretación.**
0.1- 2.0	0.1 - 1.5	1.48	1.44	Diversidad Baja
2.1- 4.9	1.6 - 3.0			Diversidad Media
5-	3.1 -			Diversidad Alta

Se calcula un índice de Shannon – Wiener de **H' = 1.44**, con una diversidad máxima esperada de **H'max = 1.61**; el índice de Margalef de $\mathbf{D_{Mg} = 1.48}$, lo que en conjunto y, de acuerdo con la tabla anterior, refleja una **diversidad muy baja** para los mamíferos registrados en Sistema Ambiental. El índice de Simpson calculado es de **D= 0.73** lo que refleja que la proporción poblacional de las especies registradas es altamente desigual.

. índices de diversidad de fauna.



Conclusiones

El crecimiento de los asentamientos humanos en la región ha dado como resultado la reducción de las áreas naturales. El efecto sobre la composición y estructura de las comunidades bióticas ha sufrido serios daños a través del tiempo. En la actualidad, las áreas naturales existentes interactúan de manera dinámica y constante con la población residente en la zona que conforma la Sistema Ambiental.

En el aspecto de la vegetación de la Sistema Ambiental, la ocurrencia de las especies dentro de los ambientes perturbados ha sido determinada por factores como la deforestación, el nivel trófico y la sensibilidad a la composición del hábitat. En el Sistema Ambiental se evidencia que las principales limitantes para el desarrollo y distribución de la flora y fauna silvestre se relacionan con la fragmentación y discontinuidad entre parches de vegetación y el conflicto entre las áreas naturales y las actividades productivas y asentamientos de la población.

Así, la ocurrencia de las especies nativas en ambientes perturbados depende de la disponibilidad de hábitats naturales, de su composición y estructura. Actividades como la remoción de la vegetación, el uso de químicos, los incendios y la depredación por especies domesticas en el caso de la fauna, son los factores que han disminuido la presencia de especies. Las referencias al respecto, manifiestan que la perdida de vegetación nativa tiende a favorecer la presencia de especies generalistas e invasoras (Garden *et al.*, 2007; Chávez y Ceballos, 2009), situación que se está presente en el Sistema Ambiental donde se encuentra inserto el proyecto.

Resultados del muestreo en el área de CUSTF

Se presentan los resultados de los monitoreos realizados del 8 al 12 de septiembre y del 1 al 3 de octubre, de 2025.

En el área de CUSTF se registraron en total 20 especies, en 10 órdenes y 15 familias: una especie de anfibios y 4 especies de reptiles, en 4 familias; 14 especies de aves en 9 familias y 1 especies de mamífero; de acuerdo con las siguientes tablas:



Tabla 80. Lista general de especies registradas en el área de CUSTF, número de individuos registrados y tipo de registro

ID	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO		NOMBRE COMÚN	NI	TIPO DE REGISTRO
1	Anura	Bufonidae	*Incilius*	*marmoreus*	Sapo jaspeado	2	Av
2	Squamata	Boidae	*Boa*	*imperator*	Mazacuata	1	Av
3	Squamata	Iguanidae	*Ctenosaura*	*pectinata*	Iguana Mexicana de cola espinosa	5	Av
4	Squamata	Iguanidae	*Iguana*	*iguana*	Iguana verde	4	Av
5	Squamata	Teiidae	*Aspidoscelis*	*deppii*	Huico siete líneas	5	Av
6	Cathartiformes	Cathartidae	*Coragyps*	*atratus*	Zopilote común	1	Av
7	Charadriiformes	Scolopacidae	*Actitis*	*macularius*	Playero alzacolita	2	Av
8	Columbiformes	Columbidae	*Columbina*	*Inca*	Tortolita cola larga	4	Av
9	Columbiformes	Columbidae	*Streptopelia*	*decaocto*	Paloma de collar turca	4	Av
10	Columbiformes	Columbidae	*Zenaida*	*asiatica*	Paloma de alas blancas	2	Av
11	Cuculiformes	Cuculidae	*Crotophaga*	*sulcirostris*	Garrapatero pijuy	5	Av
12	Passeriformes	Icteridae	*Quiscalus*	*mexicanus*	Zanate mayor	22	Av
13	Passeriformes	Polioptilidae	*Polioptila*	*albiloris*	Perlita pispirria	1	Av
14	Passeriformes	Troglodytidae	*Campylorhynchus*	*humilis*	Matraca nuca canela	1	Av
15	Passeriformes	Tyrannidae	*Camptostoma*	*imberbe*	Mosquerito chillón	1	Av
16	Passeriformes	Tyrannidae	*Myiarchus*	*tuberculifer*	Papamoscas triste	1	Av
17	Passeriformes	Tyrannidae	*Pitangus*	*sulphuratus*	Luis bienteveo	12	Av
18	Passeriformes	Tyrannidae	*Tyrannus*	*vociferans*	Tirano Chibiú	4	Av
19	Piciformes	Picidae	*Melanerpes*	*aurifrons*	Carpintero cheje	1	Av
20	Carnivora	Procyonidae	*Bassariscus*	*astutus*	Cacomixtle norteño	1	Ex

Tipo de registro: **Av,** avistamiento; **Au** Auditivo, **Hu**, huella; **Ex**, excreta.

En la tabla siguiente se incluye el listado de las especies registradas y su estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 81. Listado de especies de fauna registrados en el sitio de CUSTF y su estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010

ID	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO		NOMBRE COMÚN	NI	TIPO DE	NOM-059	CITES
1	Anura	Bufonidae	*Incilius*	*marmoreus*	Sapo jaspeado	2	Av	NA	NA
2	Squamata	Boidae	*Boa*	*imperator*	Mazacuata	1	Av	A	A II
3	Squamata	Iguanidae	*Ctenosaura*	*pectinata*	Iguana Mexicana de cola espinosa	5	Av	A	A II
4	Squamata	Iguanidae	*Iguana*	*iguana*	Iguana verde	4	Av	NA	A II
5	Squamata	Teiidae	*Aspidoscelis*	*deppii*	Huico siete líneas	5	Av	NA	NA
6	Cathartiformes	Cathartidae	*Coragyps*	*atratus*	Zopilote común	1	Av	NA	NA
7	Charadriiformes	Scolopacidae	*Actitis*	*macularius*	Playero alzacolita	2	Av	NA	NA
8	Columbiformes	Columbidae	*Columbina*	*Inca*	Tortolita cola larga	4	Av	NA	NA
9	Columbiformes	Columbidae	*Streptopelia*	*decaocto*	Paloma de collar turca	4	Av	NA	NA
10	Columbiformes	Columbidae	*Zenaida*	*asiatica*	Paloma de alas blancas	2	Av	NA	NA
11	Cuculiformes	Cuculidae	*Crotophaga*	*sulcirostris*	Garrapatero pijuy	5	Av	NA	NA
12	Passeriformes	Icteridae	*Quiscalus*	*mexicanus*	Zanate mayor	22	Av	NA	NA
13	Passeriformes	Polioptilidae	*Polioptila*	*albiloris*	Perlita pispirria	1	Av	NA	NA
14	Passeriformes	Troglodytidae	*Campylorhynchus*	*humilis*	Matraca nuca canela	1	Av	NA	NA
15	Passeriformes	Tyrannidae	*Camptostoma*	*imberbe*	Mosquerito chillón	1	Av	NA	NA
16	Passeriformes	Tyrannidae	*Myiarchus*	*tuberculifer*	Papamoscas triste	1	Av	NA	NA
17	Passeriformes	Tyrannidae	*Pitangus*	*sulphuratus*	Luis bienteveo	12	Av	NA	NA
18	Passeriformes	Tyrannidae	*Tyrannus*	*vociferans*	Tirano Chibiú	4	Av	NA	NA
19	Piciformes	Picidae	*Melanerpes*	*aurifrons*	Carpintero cheje	1	Av	NA	NA
20	Carnivora	Procyonidae	*Bassariscus*	*astutus*	Cacomixtle norteño	1	Ex	NA	NA

Tipo de registro: **Av,** avistamiento; **Ex**, excreta.
Estatus de conservación: **A,** Amenazada, NA: no aplica

Curvas de Acumulación de Especies.

Una vez realizado un inventario, el procedimiento a seguir es determinar si la muestra es representativa del atributo medido. La forma más eficiente para determinar esto es por medio de curvas de acumulación de especies, para lo cual fue utilizado el programa EstimateS 9.1 (URL: http://viceroy.eeb.uconn.edu/ EstimateS).

Una curva de acumulación de especies representa gráficamente la forma como las especies van apareciendo en las unidades de muestreo, o de acuerdo con el incremento en el número de individuos. Es por esto por lo que, en una gráfica de curvas de acumulación, el eje Y es

definido por el número de especies acumuladas y el X por el número de unidades de muestreo o el incremento del número de individuos. Cuando una curva de acumulación es asintótica indica que, aunque se aumente el número de unidades de muestreo o de individuos censados, es decir, aumente el esfuerzo, no se incrementará el número de especies, si además nos indican que obtuvimos más del 85% de las especies esperadas en un sitio de muestreo, significa que se realizó un buen muestreo.

Curva de acumulación de anfibios y reptiles.

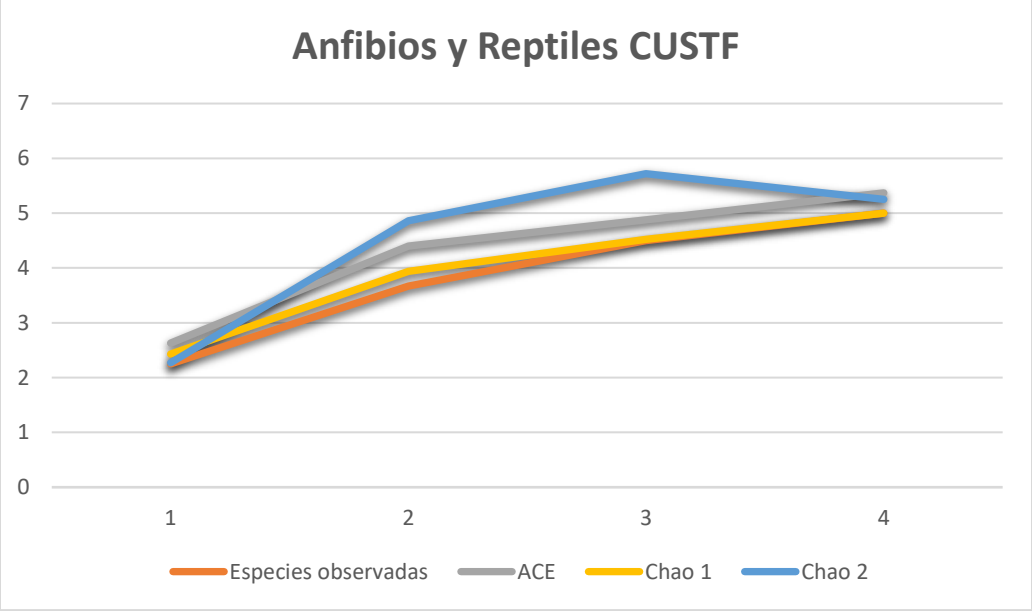


Figura 65. Curva de acumulación de especies para anfibios y reptiles en CUSTF

Tabla 82. Datos del análisis EstimateS 9.1 para anfibios y reptiles en CUSTF

MUESTRAS	ESPECIES OBSERVADAS	ESPECIES ESTIMADAS		
		ACE	CHAO 1	CHAO 2
1	2.25	2.63	2.43	2.27
2	3.67	4.4	3.94	4.86
3	4.5	4.88	4.52	5.72
4	5	5.37	5	5.25

Al comparar los datos estadísticos calculados, se observa que el número de especies observadas (5 Sobs) es consistente al de las especies estimadas en las columnas ACE (5.37), Chao 1 (5) y Chao 2 (5.25). Esto indica que los estimadores sugieren que existe una diversidad estimada proporcional a la reportada en el muestreo. Por lo tanto, los métodos de estimación resaltan que el esfuerzo de muestreo fue el adecuado para captar una muestra representativa de la biodiversidad presente.

Curva de acumulación de aves

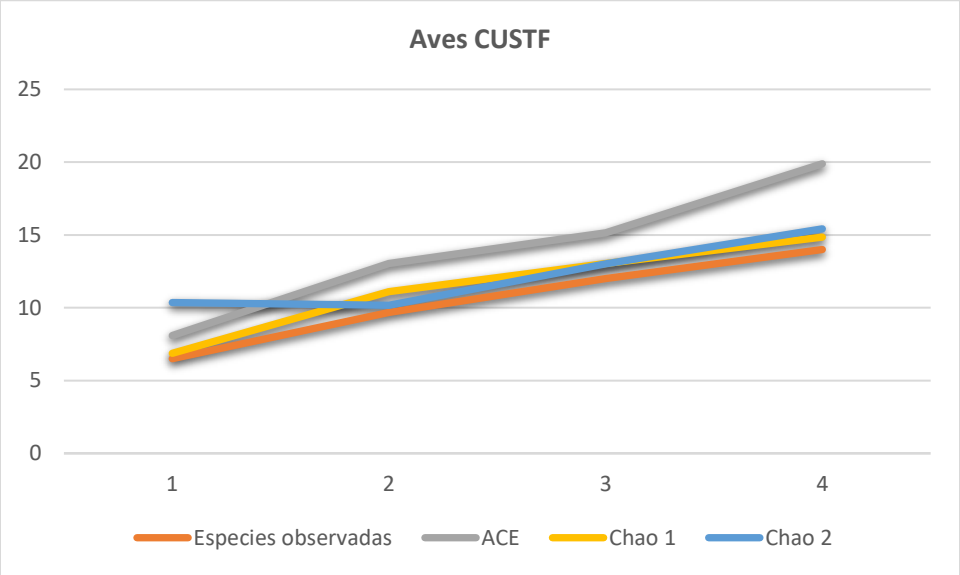


Figura 66. Curva de acumulación de especies para aves en CUSTF

Tabla 83. Datos del análisis EstimateS 9.1 para aves en CUSTF

MUESTRAS	ESPECIES OBSERVADAS	ESPECIES ESTIMADAS		
		ACE	CHAO 1	CHAO 2
1	6.5	8.09	6.87	10.35
2	9.67	13.03	11.11	10.17
3	12	15.15	13.03	13.01
4	14	19.89	14.85	15.42

Al comparar los datos estadísticos calculados, se observa que el número de especies observadas (14 Sobs) es aproximado a dos estimadores en las columnas Chao 1 (14.85) y Chao 2 (15.42), muy diferente a lo señalado por el estimador ACE (19.89). Esto indica que, aunque se han identificado dos estimadores con un número similar de especies en las muestras, el estimador ACE sugiere que existe una mayor diversidad no detectada directamente en el muestreo. Sin embargo, de los estimadores que se utilizan cuando se obtiene abundancia, CHAO1 es el más riguroso (Villarreal H., et al. 2006). Por lo tanto, los métodos de estimación resaltan que el esfuerzo de muestreo fue el suficiente para captar una muestra representativa de la biodiversidad presente.

Debido a la identificación de una sola especie de mamíferos no se presenta el análisis de curva de acumulación de especies para este grupo.

Medición de la diversidad alfa

La gran mayoría de los métodos propuestos para evaluar la diversidad de especies se refieren a la diversidad dentro de las comunidades (alfa). Para diferenciar los distintos métodos en función de las variables biológicas que miden, los dividimos en dos grandes grupos: en la cuantificación del número de especies presentes (riqueza específica) y en la estructura de la comunidad, es decir, la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie (abundancia relativa de los individuos, su biomasa, cobertura, productividad, etcétera).

Riqueza específica (S)

La riqueza específica (S) es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de estas. La forma ideal de medir la riqueza específica es contar con un inventario completo que nos permita conocer el número total de especies (S) obtenido por un censo de la comunidad. Esto es posible únicamente para ciertos taxones bien conocidos y de manera puntual en tiempo y en espacio. La mayoría de las veces tenemos que recurrir a índices de riqueza específica obtenidos a partir de un muestreo de la comunidad. A continuación, se describen los índices más comunes para medir la riqueza de especies (Moreno, 2001).

Índice de diversidad de Margalef (DMg)

Transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos

S=k.N

Donde **k** es constante (Magurran, 1998 citado por Moreno, 2001).

Si esto no se mantiene, entonces el índice varía con el tamaño de muestra de forma desconocida. Usando S-1, en lugar de S, da D_{Mg} = 0 cuando hay una sola especie.

D_{Mg}=(S-1)/LnN

Donde:

S = número de especies.

N = número total de individuos.

Tabla 84.Valores de interpretación del índice de Margalef

VALORES	INTERPRETACIÓN
0.1- 2.0	Diversidad Baja
2.1- 4.9	Diversidad Media
5-	Diversidad Alta

Fuente: Krebs (1985).

Índice de equidad de Shannon-Wiener (H´)

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988; Peet, 1974; Baev & Penev, 1995 citados por Moreno, 2001). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola

especie, y el logaritmo de «S» (LnS), cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988 citado por Moreno, 2001).

H´ =-Σpi*Lnpi

Donde:

ni: número de individuos.

pi: abundancia proporcional.

Tabla 85. Valores de interpretación del índice de Shannon - Wiener

VALORES	INTERPRETACIÓN
0.1 - 1.5	Diversidad Baja
1.6 - 3.0	Diversidad Media
3.1 -	Diversidad Alta

Fuente: Krebs (1985).

Índice de Equidad de Pielou (J´)

Mide la proporción de la heterogeneidad de Shannon-Wiener observada, con relación a la máxima heterogeneidad esperada, considerando que la heterogeneidad de una comunidad disminuye cuando una especie tiende a dominar (Moreno, 2001). Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988 citado por Moreno, 2001).

J´ = H´ /H´ max

Donde: H'max = Ln (S).

Índice de Simpson D

El Índice de diversidad de Simpson (también conocido como el índice de la diversidad de las especies o índice de dominancia) es uno de los parámetros que nos permite medir la riqueza de organismos. En ecología, es también usado para cuantificar la biodiversidad de un hábitat. Toma un determinado número de especies presentes en el hábitat y su abundancia relativa. El Índice de Simpson representa la probabilidad de que dos individuos dentro de un hábitat, seleccionados al azar, pertenezcan a la misma especie. Es decir, cuanto más se acerca el valor de este índice a la unidad, existe una mayor posibilidad de dominancia de una especie y de una población; y cuanto más se acerque el valor de este índice a cero, mayor es la biodiversidad de un hábitat.

Como el valor del índice de Simpson es inverso a la equidad, la diversidad debe calcularse como:

1 - λ.

Enfatiza la dominancia.

$\lambda = \sum(p_i)^2$

Dónde p_i es la abundancia proporcional de la especie i y se obtiene mediante el número de individuos de la especie i entre número total de individuos de la muestra. (Proporción de individuos de la i-ésima especie) = n_i/N.

Anfibios y Reptiles (Resultados).

Todos los anfibios y reptiles registrados en el área sujeta a cambio de uso del suelo son residentes, de movilidad restringida. Con respecto al tipo de alimentación, se registraron

especies insectívoras como el sapo jaspeado (*Incilius marmoreus*), el huico siete líneas (*Aspidoscelis deppii*), lagartija espinosa de cola larga (*Sceloporus siniferus*) y la lagartija de árbol del Pacífico (*Urosaurus bicarinatus*); y la iguana verde (*Iguana iguana*)e iguana mexicana de cola espinosa (*Ctenosaura pectinata*) en los herbívoros. Además, esta última se encuentra listada en la NOM-059, como amenazada (A) y endémica.

En el caso particular de la mazacuata (*Boa imperator*), se reporta que la presencia del espécimen es resultado de un programa de reubicación de especies que fue realizado durante las obras que se han realizado dentro del recinto portuario.



Figura 67. Sapo jaspeado (*Incilius marmoreus*)



Figura 68. Mazacuata (*Boa imperator*)

Tabla 86. Criterios de análisis para la caracterización de la herpetofauna presente en el área de CUSTF

ID	NOMBRE CIENTÍFICO		NOMBRE COMÚN	ESTACIONALIDAD	ABUNDANCIA	SOCIABILIDAD	ALIMENTACIÓN	HÁBITAT	D. VERTICAL	NOM 059	ENDEMISMO	VALOR CINEGÉTICO
1	*Incilius*	*marmoreus*	Sapo jaspeado	Re	Pc	Gr	In	Man	Her	NA	En	NA
2	*Boa*	*imperator*	Mazacuata	Re	O	So	Ca	Man	Su	A	Nat	Si
3	*Ctenosaura*	*pectinata*	Iguana Mexicana de cola espinosa	Re	C	Gr	Om	Man	Su	A	En	Si
4	*Iguana*	*iguana*	Iguana verde	Re	C	So	Her	Arb	Do	Na	NA	Si
5	*Aspidoscelis*	*deppii*	Huico siete líneas	Re	A	So	In	Ter	Su	NA	Nat	NA

(Estacionalidad: **Re** residentes, **Vi** visitantes, **In** invernales, **Mi** migratorias o **Tr** transitorias. Abundancia: **A** abundante, **C** común, **Pc** poco común, **R** rara y **O** ocasional. Sociabilidad: **So** solitario, **Pa** pareja y **Gr** gregaria. Alimentación: **Her** herbívoro, **Ca** carnívoro, **Car** carroñero, **Fru** frugívoro, **Gra** granívoro, **In** insectívoro, **Nec** nectarívoro, **Inv** invertebrado y **Om** omnívoro. Hábitat: Pastizal **Pzl,** Matorral **Mat**, Dunas costeras **DC**, Palmar **Pal**, Manglar **Man**, Tular **Tu**, Vegetación Arbórea (**Arb**), Cultivo permanente **Cp**, Cultivo temporal **Ct**, Río, cuerpo de agua, corriente **Acu** y Asentamiento humano **Ah**. Distribución vertical: **Cu** cuerpo de agua, **Su** suelo, **Her** herbáceo, **So** sotobosque, **Do** dosel, **Em** emergente. NOM-SEMARNAT-059-2010: **E** probablemente extinta, **P** en peligro de extinción, **A** amenazada, **Pr** sujeta a protección especial).

Diversidad Alfa, Anfibios y Reptiles.

Para anfibios y reptiles, en CUSTF, se tiene una riqueza de especies **S= 5**, y un número total de individuos de **N=17**. Las especies con una abundancia relativa más alta es el Huico siete líneas (*Aspidoscelis deppii*) y la Iguana Mexicana de cola espinosa (*Ctenosaura pectinata*), seguidos de la Iguana verde (*Iguana iguana*).

Tabla 87. Valores de interpretación de los índices de Shannon - Wiener y Margalef, en CUSTF

ANFIBIOS Y REPTILES CUSTF											
ID	**Nombre científico**		**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**ni**	**Pi**	**Ln (Pi)**	**H'**	**λ**
1	*Incilius*	*marmoreus*	0	2	0	0	**2**	0.12	-2.14	0.25	0.0138
2	*Boa*	*imperator*	1	0	0	0	**1**	0.06	-2.83	0.17	0.0034
3	*Ctenosaura*	*pectinata*	0	2	0	3	**5**	0.29	-1.22	0.36	0.0865
4	*Iguana*	*iguana*	1	1	2	0	**4**	0.24	-1.45	0.34	0.0553
5	*Aspidoscelis*	*deppii*	0	0	2	3	**5**	0.29	-1.22	0.36	0.0865
Total			**2**	**5**	**4**	**6**	**17**	1.00		**1.12**	**0.25**
							Riqueza	**5**	**Índice de Diversidad Shannon- Wiener.**		
							H'max	**1.61**			
							Equidad-J'	**0.70**			
							Simpson-D	**0.75**			
							Margalef	**1.41**			

Tabla 88. Valores de interpretación de los índices de Shannon - Wiener y Margalef

VALORES DE INTERPRETACIÓN		VALORES DEL MUESTREO		
MARGALEF (DMG)	SHANNON - WIENER (H')	DMG	H'	INTERPRETACIÓN.
0.1- 2.0	0.1 - 1.5	**1.41**	**1.12**	**Diversidad Baja**
2.1- 4.9	1.6 - 3.0			Diversidad Media
5-	3.1 -			Diversidad Alta

Se calcula un índice de Shannon – Wiener de **H' = 1.12,** con una diversidad máxima esperada de **H'max = 1.61**; el índice de Margalef de $\mathbf{D_{Mg}}$ **= 1.41**, lo que en conjunto y, de acuerdo con la tabla anterior, refleja una **diversidad baja** para anfibios y reptiles. El índice de Simpson calculado es de **D= 0.75** lo que refleja que la proporción poblacional del ecosistema es dominada por un bajo número de especies.

Aves (Resultados).

En área sujeta a cambio de uso del suelo de muestreo se registraron 14 de las 24 especies observadas; en su mayoría son especies ligadas a ambientes perturbados o áreas urbanas como la Paloma de collar turca (*Streptopelia decaocto*), el Zanate mayor (*Quiscalus mexicanus*) y la Tortolita cola larga (*Columbina inca*) Con respecto al tipo de alimentación, se registraron dos especies granívoras, la tortolita cola larga (*Columbina inca*) y la paloma de alas blancas (*Zenaida asiática*); una especie carroñera el zopilote común (*Coragyps atratus*); dos omnívoros , tres granívoros y ocho insectívoros. No se reporta ninguna especie listada en la NOM-059, sin

embargo, la Matraca nuca canela (*Campylorhynchus humilis*)se reporta como endémica.



Figura 69. Paloma de collar turca (*Streptopelia decaocto*)



Figura 70. Carpintero cheje (*Melanerpes aurifrons*)



Figura 71. Matraca nuca canela (*Campylorhynchus humilis*)

Tabla 89. Criterios de análisis para la caracterización de la avifauna presente en CUSTF

ID	NOMBRE CIENTÍFICO		NOMBRE COMÚN	ESTACIONALIDAD	ABUNDANCIA	SOCIABILIDAD	ALIMENTACIÓN	HÁBITAT	D. VERTICAL	NOM 059	ENDEMISMO	VALOR CINEGÉTICO
1	*Coragyps*	*atratus*	Zopilote común	Re	A	Gr	Car	Arb	Em	NA	ne	No
2	*Actitis*	*macularius*	Playero alzacolita	Mi	A	Gr	In	Ct	Cu	NA	ne	No
3	*Columbina*	*Inca*	Tortolita cola larga	Re	A	Gr	Gra	Arb	So	NA	ne	No
4	*Streptopelia*	*decaocto*	Paloma de collar turca	Re	A	Gr	Gra	Arb	So	NA	Inv	No
5	*Zenaida*	*asiatica*	Paloma de alas blancas	Re	A	Pa	Gra	Arb	Do	NA	ne	No
6	*Crotophaga*	*sulcirostris*	Garrapatero pijuy	Re	C	Gr	In	Arb	So	NA	ne	No
7	*Quiscalus*	*mexicanus*	Zanate mayor	Re	A	Gr	Om	Arb	Do	NA	ne	No
8	*Polioptila*	*albiloris*	Perlita pispirria	Re	C	So	In	Arb	So	NA	ne	No
9	*Campylorhynchus*	*humilis*	Matraca nuca canela	Re	R	So	In	Arb	Arb	NA	EN	No
10	*Camptostoma*	*imberbe*	Mosquerito chillón	Re	C	So	In	Arb	So	NA	ne	No
11	*Myiarchus*	*tuberculifer*	Papamoscas triste	Re	C	So	In	Arb	So	NA	ne	No
12	*Pitangus*	*sulphuratus*	Luis bienteveo	Re	A	So	In	Arb	So	NA	ne	No
13	*Tyrannus*	*vociferans*	Tirano Chibiú	Re, Mi	C	So	Om	Arb	Do	NA	ne	No
14	*Melanerpes*	*aurifrons*	Carpintero cheje	Re	Pc	So	In	Ct	Cu	NA	ne	No

(Estacionalidad: **Re** residentes, **Mi** migratorias, **MV** migratorio en verano o **Tr** transitorias. Abundancia: **A** abundante, **C** común, **Pc** poco común, **R** rara y **O** ocasional. Sociabilidad: **So** solitario, **Pa** pareja y **Gr** gregaria. Alimentación: **Her** herbívoro, **Ca** carnívoro, **Car** carroñero, **Fru** frugívoro, **Gra** granívoro, **In** insectívoro, **Nec** nectarívoro, **Inv** invertebrado y **Om** omnívoro. Hábitat: Pastizal **Pzl,** Matorral **Mat**, Dunas costeras **DC**, Palmar **Pal**, Manglar **Man**, Tular **Tu**, Vegetación Arbórea (**Arb**), Cultivo permanente **Cp**, Cultivo temporal **Ct**, Río, cuerpo de agua, corriente **Acu** y Asentamiento humano **Ah**. Distribución vertical: **Cu** cuerpo de agua, **Su** suelo, **Her** herbáceo, **So** sotobosque, **Do** dosel, **Em** emergente. NOM-SEMARNAT-059-2010: **E** probablemente extinta, **P** en peligro de extinción, **A** amenazada, **Pr** sujeta a protección especial).

Diversidad Alfa, Aves.

Para la avifauna del área sujeta a cambio de uso del suelo, se tiene una riqueza de especies **S= 14**, y un número total de individuos de **N= 61**. Las especies con la abundancia relativa más alta **(Pi)** es el zanate mayor (*Quiscalus mexicanus*)y el Luis bienteveo (*Pitangus sulphuratus*).

Tabla 90. Cálculos de los índices de diversidad para la avifauna CUSTF

AVES ÁREA SUJETA A CAMBIO DE USO DEL SUELO											
ID	NOMBRE CIENTÍFICO		P 1	P 2	P 3	P 4	NI	PI	LN (PI)	H'	Λ
1	*Coragyps*	*atratus*	1	0	0	0	1	0.02	-4.11	0.06	0.0002
2	*Actitis*	*macularius*	0	0	0	2	2	0.03	-3.42	0.11	0.001
3	*Columbina*	*Inca*	1	0	0	3	4	0.07	-2.72	0.17	0.0042
4	*Streptopelia*	*decaocto*	1	0	1	2	4	0.07	-2.72	0.17	0.0042
5	*Zenaida*	*asiatica*	0	0	1	1	2	0.03	-3.42	0.11	0.001
6	*Crotophaga*	*sulcirostris*	5	0	0	0	5	0.08	-2.50	0.2	0.0067
7	*Quiscalus*	*mexicanus*	6	6	2	8	22	0.36	-1.02	0.36	0.13
8	*Polioptila*	*albiloris*	0	1	0	0	1	0.02	-4.11	0.06	0.0002
9	*Campylorhynchus*	*humilis*	0	1	0	0	1	0.02	-4.11	0.06	0.0002
10	*Camptostoma*	*imberbe*	0	1	0	0	1	0.02	-4.11	0.06	0.0002
11	*Myiarchus*	*tuberculifer*	1	0	0	0	1	0.02	-4.11	0.06	0.0002
12	*Pitangus*	*sulphuratus*	2	2	3	5	12	0.20	-1.63	0.31	0.0386
13	*Tyrannus*	*vociferans*	1	1	0	2	4	0.07	-2.72	0.17	0.0042
14	*Melanerpes*	*aurifrons*	0	0	0	1	1	0.02	-4.11	0.06	0.0002
Total			**18**	**12**	**7**	**24**	**61**	**1.00**		**1.96**	**0.1481**
							Riqueza	**14**	**Índice de Diversidad Shannon- Wiener.**		
							H'max	**2.64**			
							Equitatividad-J'	**0.74**			
							Simpson-D	**0.85**			
							Margalef	**3.16**			

Tabla 91. Valores de interpretación de los índices de Shannon - Wiener y Margalef

VALORES DE INTERPRETACIÓN		VALORES DEL MUESTREO		
MARGALEF (DMG)	SHANNON - WIENER (H')	DMG	H'	INTERPRETACIÓN.
0.1- 2.0	0.1 - 1.5			Diversidad Baja
2.1- 4.9	1.6 - 3.0	**3.16**	**1.96**	**Diversidad Media**
5-	3.1 -			Diversidad Alta

Se calcula un índice de Shannon – Wiener de **H' = 1.96**, con una diversidad máxima esperada de **H'max = 2.64**; el índice de Margalef de **DMg = 3.16**, lo que en conjunto y, de acuerdo con la tabla anterior, refleja una **diversidad media baja** en CUSTF. El índice de Simpson calculado es de **D= 0.85** lo que refleja que la proporción poblacional del ecosistema es dominada por las dos especies más abundantes.

Mamíferos (Resultados).

El único mamífero registrado en el área de CUSTF es residente de movilidad media. Con respecto al tipo de alimentación, se ubica en la categoría de omnívoro. El cacomixtle norteño (*Bassariscus astutus*) es la única especie presente en el área de estudio. No se reportan especies listadas en la NOM-059.



Figura 72. Excreta de Cacomixtle norteño (*Bassariscus astutus*)

Tabla 92. Criterios de análisis para la caracterización de mamíferos presentes en CUSTF

ID	NOMBRE CIENTÍFICO		NOMBRE COMÚN	ESTACIONALIDAD	ABUNDANCIA	SOCIABILIDAD	ALIMENTACIÓN	HÁBITAT	D. VERTICAL	NOM 059	ENDEMISMO	VALOR CINEGÉTICO
1	*Bassariscus*	*astutus*	Cacomixtle norteño	Re	Pc	So	Ca	Ter	Su	NA	ne	No

(Estacionalidad: **Re** residentes, **Mi** migratorias, **MV** migratorio en verano o **Tr** transitorias. Abundancia: **A** abundante, **C** común, **Pc** poco común, **R** rara y **O** ocasional. Sociabilidad: **So** solitario, **Pa** pareja y **Gr** gregaria. Alimentación: **Her** herbívoro, **Ca** carnívoro, **Car** carroñero, **Fru** frugívoro, **Gra** granívoro, **In** insectívoro, **Nec** nectarívoro, **Inv** invertebrado y **Om** omnívoro. Hábitat: Pastizal **Pzl,** Matorral **Mat**, Dunas costeras **DC**, Palmar **Pal**, Manglar **Man**, Tular **Tu**, Vegetación Arbórea (**Arb**), Cultivo permanente **Cp**, Cultivo temporal **Ct**, Río, cuerpo de agua, corriente **Acu** y Asentamiento humano **Ah**. Distribución vertical: **Cu** cuerpo de agua, **Su** suelo, **Her** herbáceo, **So** sotobosque, **Do** dosel, **Em** emergente. NOM-SEMARNAT-059-2010: **E** probablemente extinta, **P** en peligro de extinción, **A** amenazada, **Pr** sujeta a protección especial).

Diversidad Alfa, mamíferos.

Solamente se tiene el registro de una especie en el área de CUSTF, el cacomixtle norteño (*Bassariscus astutus*). Los índices de diversidad adquieren valores de cero cuando la muestra contiene una sola especie. Por lo tanto, se demuestra que el área sujeta a cambio de uso del suelo se encuentra altamente fragmentado, sin conectividad con el resto de las áreas de vegetación dentro de la cuenca y sin diversidad de mamíferos silvestres, con excepción de aquellas que están ligadas a ambientes urbanos.

Conclusiones

La ocurrencia de las especies dentro del área de CUSTF ha sido determinada por las limitantes para el desarrollo y distribución de la fauna silvestre por la fragmentación y discontinuidad entre parches de vegetación y el conflicto entre la fauna silvestre y el humano.

El área en la que se pretende realizar el cambio de uso de suelo presenta un alto grado de perturbación por actividades antrópicas y depredación por la presencia de perros ferales; son parches de vegetación aislados sin continuidad ni conectividad ecosistémica. Estas áreas mantienen poca diversidad ya que fungen como islas de alimentación y resguardo para las distintas especies de fauna silvestre. Es importante mencionar que la presencia de especies se debe en gran medida a que, al ser considerada el área de monitoreo y conservación, fungió como sitio de reubicación de fauna silvestre; es decir, en dicho sitio se depositaba fauna silvestre que se encontraba en sitios aledaños, lo cual corrobora la presencia de taxones con valor de conservación y endemismo.

El análisis integral de la caracterización faunística realizada en el área del CUSTF confirma que la composición actual de especies refleja comunidades propias de ecosistemas secundarios, adaptadas a condiciones de perturbación antrópica y fragmentación del hábitat. La baja diversidad observada en anfibios, reptiles y mamíferos, evidenciada por los valores del índice de Shannon-Wiener (H'<1.5) y de Margalef (D_{Mg} < 2.0), corrobora un ecosistema con estructura simplificada y dominado por unas pocas especies generalistas.

En contraste, la avifauna presentó un índice de diversidad media (H'= 1.96; D_{Mg} = 3.16), lo que indica una mayor resiliencia ecológica del grupo frente a las alteraciones del entorno, atribuible a su amplia capacidad de desplazamiento, plasticidad alimentaria y uso de hábitats modificados. Este comportamiento concuerda con lo señalado por Howell y Webb (2010),

quienes destacan la importancia del Istmo de Tehuantepec como corredor migratorio y zona de residencia estacional para especies neotropicales, ver Anexo 30 (digital).
La presencia de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, como *Ctenosaura pectinata* (amenazada), así como especies endémicas como *Campylorhynchus humilis*, refuerza la necesidad de establecer medidas de manejo y rescate específicas, orientadas a minimizar la mortalidad y promover la reubicación en hábitats con condiciones ecológicas equivalentes.
El diagnóstico ecológico indica que el sitio, aunque con baja riqueza faunística, mantiene funciones de conectividad puntual y refugio temporal para fauna móvil, principalmente aves. Sin embargo, la pérdida de cobertura vegetal, la presencia de fauna doméstica feral y la presión antrópica reducen significativamente la funcionalidad del paisaje y su capacidad de sostener poblaciones estables de vertebrados silvestres.
En síntesis, los resultados obtenidos demuestran que, aunque la diversidad faunística es baja y la mayoría de las especies presentan hábitos generalistas y amplia distribución, la presencia de taxones con valor de conservación y endemismo justifica la adopción de medidas técnicas de manejo de fauna.

IV.2.2.4 Medio socioeconómico

Demografía

De acuerdo con el último Censo de Población, en 2020 Salina Cruz tenía 84,438 habitantes: 43,995 mujeres (52.1%) y 40,443 hombres (47.9%). Los habitantes de Salina Cruz representaban el 2.0% de la población total de Oaxaca en 2020. Los rangos de edad que concentraron mayor población fueron 10 a 14 años (6,863 habitantes), 5 a 9 años (6,725 habitantes) y 15 a 19 años (6,715 habitantes). Entre ellos concentraron el 24% de la población total.

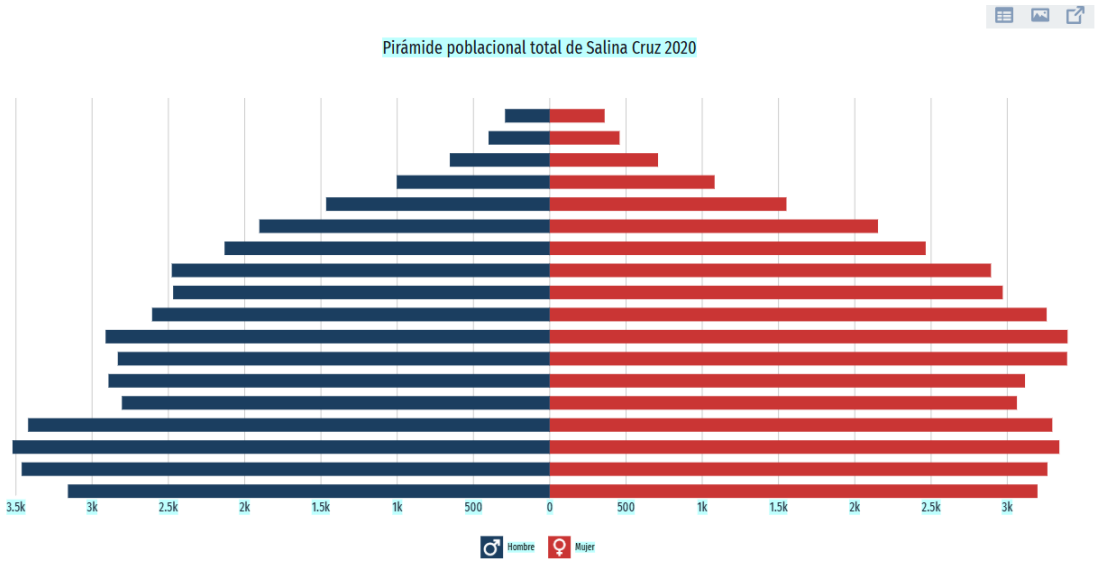


Figura 73. Pirámide poblacional de Salina Cruz. Fuente: Economia.gob.mx

En referencia a niveles de escolaridad, en 2020, los principales grados académicos de la población de Salina Cruz de 15 años a más, fueron Secundaria (16,100 personas o 26.4% del total), Preparatoria o Bachillerato General (16,000 personas o 26.1% del total) y Primaria (13,300 personas o 21.8% del total). La tasa de analfabetismo de Salina Cruz en 2020 fue 4.08%. Del total de población analfabeta, 28.1% correspondió a hombres y 71.9% a mujeres.

En Salina Cruz, existen 25 establecimientos de salud pública, siendo 9 en localidades rurales y 16 en centro urbano. Las opciones de atención de salud más utilizadas en 2020 fueron Centro de Salud u Hospital de la SSA (Seguro Popular) (21,100k), IMSS (Seguro social) (19,300k) y Otro lugar (15,000). En el mismo año, los seguros sociales que agruparon mayor número de personas fueron Pemex, Defensa o Marina (22,300) y Seguro Popular o para una Nueva Generación (Siglo XXI) (21,500).

Los Indicadores de pobreza y carencia social, indican que, en 2020, 22.4% de la población se encontraba en situación de pobreza moderada y 4.61% en situación de pobreza extrema. La población vulnerable por carencias sociales alcanzó un 41.5%, mientras que la población vulnerable por ingresos fue de 4.83%.

Las principales carencias sociales de Salina Cruz en 2020 fueron carencia por acceso a la seguridad social, carencia por acceso a los servicios de salud y carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda.

En aspectos de lengua, las lenguas indígenas más habladas fueron Zapoteco (2,933 habitantes), Chontal de Oaxaca (461 habitantes) y Mixe (222 habitantes). La población de 3 años y más que habla al menos una lengua indígena fue 3,980 personas, lo que corresponde a 4.71% del total de la población de Salina Cruz.

Con respecto a migración, la mayor cantidad de migrantes que ingresó a Salina Cruz en los últimos 5 años provino de Estados Unidos (62 personas), Honduras (13 personas) y Argentina (12 personas). Las principales causas de migración a Salina Cruz en los últimos años fueron familiares (49 personas), vivienda (13 personas) y laborales (13 personas).

Economía

Actividad económica principal: según datos del censo económico 2019, comercio al por menor 2,197 unidades), servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas (1,024 unidades) y otros servicios excepto actividades gubernamentales (642 unidades).

La población de 12 años y más económicamente activa fue de 39,818 personas y la población de 12 años y más no económicamente activa fue de 28,530 persona.

En salina Cruz, la población ocupada por sectores económicos presenta un comportamiento dispar al estado de Oaxaca. En el municipio, la mayor parte de la población ocupada se encuentra en el sector terciario, 53.98% y 73.38% respectivamente, particularmente en la rama de servicios de transporte, comunicación, servicios profesionales, financieros, sociales, gobierno y otros.

IV.2.2.5 Paisaje

El Paisaje, entendido desde un enfoque ecológico y perceptual, constituye un componente relevante del medio ambiente, cuya evaluación trasciende la simple apreciación estética para integrarse como una construcción compleja derivada de la interacción entre los elementos

naturales, culturales y la percepción humana. Conforme al marco teórico propuesto por Naveh y Lieberman (1994), el paisaje se concibe como una entidad dual, donde confluyen los procesos ecológicos y la experiencia sensorial del observador, lo que permite su análisis a través de unidades discretas denominadas ***Unidades de Paisaje***. Estas unidades son áreas con rasgos homogéneos o distintivos, tanto físicos como culturales, que permiten segmentar el territorio en porciones funcionales para la evaluación del impacto ambiental.

La evaluación del paisaje en el entorno del proyecto "Ampliación de patios de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca", se estructuró considerando tres dimensiones fundamentales: **visibilidad**, **calidad visual** y **fragilidad del paisaje**. Esta clasificación metodológica permite identificar los valores paisajísticos existentes y la vulnerabilidad del entorno ante modificaciones inducidas por el proyecto.

La Visibilidad Paisajista

La visibilidad paisajista hace referencia al campo visual accesible desde puntos específicos del territorio, considerando la topografía como condicionante primaria de las líneas de vista. En el área del proyecto, la configuración orográfica facilita una visibilidad amplia hacia la llanura costera, con prominencia de elementos naturales como formaciones vegetales y visuales parciales del litoral, dependiendo de la ubicación del observador. En este contexto, se identificaron **Unidades de Paisaje** e **Hitos Visuales de Interés**, que corresponden a elementos destacados por su forma, altura, textura o valor simbólico dentro del entorno visual. Estos hitos, que incluyen zonas con vegetación densa, cuerpos de agua temporales y senderos rurales, desempeñan un papel importante en la percepción del paisaje, al estructurar el campo visual del observador.

Calidad Visual Paisajista

La calidad visual se evaluó mediante un inventario de recursos visuales, considerando tanto elementos naturales (relieve, vegetación dominante, cuerpos de agua) como culturales (caminos, edificaciones dispersas y elementos de infraestructura básica). Para tal efecto, se utilizó el modelo metodológico de Rojas y Kong (1998), adaptado del enfoque estadounidense de evaluación escénica, el cual permite una valoración cuantitativa de la calidad visual a través de criterios objetivos. Dichos criterios consideran la singularidad del terreno, la integridad visual, la variedad de elementos y el grado de intervención humana.

Fragilidad del Paisaje

La fragilidad del paisaje se refiere a la susceptibilidad del entorno visual a sufrir alteraciones significativas ante acciones antrópicas. En la siguiente **tabla,** se presentan los criterios empleados para la evaluación de la calidad visual, los cuales permiten clasificar el paisaje en tres niveles: *alta, media y baja*, de acuerdo con las características identificadas en el inventario visual del entorno**.**

Tabla 93. Criterios para evaluar la calidad visual (Alta, Media y Baja)

ELEMENTO VALORADO	CALIDAD VISUAL ALTA	CALIDAD VISUAL MEDIA	CALIDAD VISUAL BAJA
Vegetación	Presencia de masas vegetales de alta dominancia visual. Alto porcentaje de especies nativas, diversidad de estratos y contrastes cromáticos.	Presencia de vegetación con baja estratificación de especies. Presencia de vegetación nativa. Masas arbóreas aisladas de baja dominancia visual.	Vegetación con un cubrimiento inferior al 50%. Presencia de áreas con erosión evidente y sin vegetación. Dominancia de vegetación herbácea, ausencia de vegetación nativa.
Morfología o topografía	Pendientes mayores a 30%, estructuras morfológicas muy modeladas y de rasgos dominantes y fuertes contrastes cromáticos. Afloramientos rocosos.	Pendiente entre 15% y 30%, estructuras morfológicas con modelados suaves u ondulados.	Pendiente entre 0% y 15% dominancia del plano horizontal de visualización, ausencia de estructuras de contraste o jerarquía visual.
Fauna	Fauna nativa permanente. Áreas de nidificación, reproducción y alimentación.	Fauna nativa esporádica dentro de la unidad, sin relevancia visual, así como la presencia de animales domésticos.	Sin evidencias de presencia de fauna nativa. Sobrepastoreo o crianza masiva de animales domésticos.
Formas de agua	Presencia de cuerpos de agua con significancia en la estructura global del paisaje	Presencia de cuerpo de agua sin jerarquía visual.	Ausencia de cuerpos de agua.
Acción antrópica	Libre de actuaciones antrópicas estéticamente no deseadas	La calidad escénica esta modificada en menor grado de obras, no añaden calidad visual	Modificaciones intensas y extensas que reducen o anulan la calidad visual del paisaje
Variabilidad cromática	Combinación de colores, intensos y variados contrastes evidentes entre suelo, vegetación, roca y agua.	Algunas variedad e intensidad de colora y contrates del suelo, roca, y vegetación, pero no actúa como elemento dominante.	Muy poca variación de color o contraste, colores homogéneos continuos
Singularidad o rareza	Paisaje único, con riqueza de elementos singulares.	Característicos, pero similares a otros de la región.	Paisaje común, inexistencia de elementos únicos o singulares.

A continuación, en la siguiente tabla, se presenta la Evaluación de la Calidad Visual del proyecto “Ampliación de patio de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca”.

Tabla 94. Evaluación de la calidad visual del proyecto "Ampliación de patio de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca"

FACTOR	CARACTERÍSTICAS	CALIFICACIÓN	TOTAL, UP
Vegetación (densidad)	Sin vegetación	1	**2**
	Zona Urbana	2	
	Dunas Costeras	3	
Vegetación (Diversidad)	Alta	3	**2**
	Media	2	
	Baja	1	
Morfología o topografía (pendiente)	Plano	1	**1**
	Medio	2	
	Abrupto	3	
Singularidad o rareza	Paisaje singular notable	3	**1**
	Paisaje de importancia visual pero habitual	2	
	Paisaje común	1	
Fauna	Alta	3	**2**
	Media	2	
	Baja	1	
Formas de agua	Presencia de cuerpos de agua con alta importancia	3	**2**
	Presencia de cuerpos de agua sin jerarquía visual	2	
	Ausencia de cuerpos de agua	1	
Acción antrópica	Baja	3	**1**
	Media	2	
	Alta	1	
Variabilidad cromática	Baja	1	**1**
	Media	2	
	Alta	3	
Síntesis de calidad Visual	Alta	>21	**12**
	Media	11 a 21	
	Baja	<11	

Con base en la tabla de valoración presentada, se evaluaron diversos factores que influyen en la calidad visual del área en la que se desarrollará el proyecto "Ampliación de patio de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca". El resultado obtenido fue de **12 unidades paisajísticas (UP)**, lo que corresponde a una **calidad visual media**, de acuerdo con los rangos establecidos (calidad alta: >21, media: 11 a 21, baja: <11). A continuación, se interpreta cada uno de los factores conforme a su calificación:

- Vegetación (Densidad). La zona evaluada obtuvo la calificación media (2), correspondiente a un entorno de **zona urbana**, lo que implica una cobertura vegetal típica de áreas verdes, con especies nativas y exóticas de árboles y arbustos que cumplen funciones de

esparcimiento, decoración y conservación (INEGI. 2021)[3] Esta condición proporciona una textura visual distintiva y contribuye positiva en calidad media al valor paisajístico del sitio.

- Vegetación (Diversidad). Se identificó una diversidad vegetal media (calificación 2), reflejo de una **composición florística moderada**, con especies características de ecosistemas costeros. Aunque no se trata de un área de alta biodiversidad, la presencia de vegetación heterogénea añade interés escénico al paisaje.
- Morfología o topografía. La topografía es predominantemente **plana** (calificación 1), lo cual reduce la expresividad del relieve, pero al mismo tiempo facilita la **integración visual de las edificaciones proyectadas**, ya que no se generan contrastes abruptos ni se requiere modificación significativa del terreno.
- Singularidad o rareza. El área presenta un **paisaje singular común** (calificación 1), caracterizado por la combinación de vegetación de zona urbana, elementos que aportan un **bajo valor escénico y diferenciación visual** frente a otros entornos del municipio.
- Fauna. La presencia faunística se clasificó como media (calificación 2). Aunque no se cuenta con una concentración significativa de especies, la fauna existente contribuye a la **dinámica ecológica y perceptiva del paisaje**, reforzando la percepción de un entorno natural antropizado.
- Formas de agua. El sitio colinda indirectamente con el Océano Pacífico, lo que implica la presencia de un **cuerpo de agua con limitada importancia visual** (calificación 2). Este elemento constituye un componente no dominante en la escena paisajística y es determinante en la apreciación visual del entorno.
- Acción antrópica. La acción antrópica es **alta** (calificación 1), con infraestructura visible y elementos construidos que alteren el paisaje natural. Esto permite no conservar una imagen escénica limpia y contribuye a la **valoración negativa del entorno visual**.
- Variabilidad cromática. La variabilidad cromática del paisaje es **baja** (calificación 1), asociada a la homogeneidad de colores en el terreno, la vegetación costera y el entorno urbano. Aspecto que limita la riqueza visual.

La suma de los factores evaluados da como resultado una **calidad visual media**. Esto indica que el entorno cuenta con elementos de valor escénico medianamente relevantes, especialmente por su **carácter costero urbanizado, con alta intervención humana y la presencia del mar como elemento no dominante**. Cualquier intervención en esta área debe considerar estos atributos para favorecer la **integración armónica del proyecto con el paisaje natural.**

FRAGILIDAD VISUAL

La fragilidad visual del paisaje se refiere a su capacidad para absorber modificaciones sin perder su identidad visual, funcional y ecológica, en función de las características biofísicas, morfológicas, perceptuales y culturales del entorno (Forman & Godron, 1986). Este concepto está estrechamente vinculado con la sensibilidad de los elementos que componen las Unidades

[3] INEGI - Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2021, 19 de marzo). *Área urbana*. México. Recuperado de: https://www.inegi.org.mx/app/buscador/default.html?q=area+urbana#tabMCcollapse-Indicadores

de Paisaje y los recursos visuales inventariados, cuya alteración podría comprometer la integridad escénica del territorio.

La evaluación de la fragilidad visual requiere una aproximación metodológica integral, que considere la interacción entre factores biofísicos, de visualización y de valor histórico-cultural, tal como lo proponen Montoya Ayala et al. (1997) y Cifuentes (1979). Dichos factores se describen a continuación:

1.-Factores Biofísicos: Estos engloban las propiedades físicas del paisaje que condicionan su resistencia a las alteraciones visuales. En el área del proyecto, las principales variables analizadas fueron:

- **Vegetación y usos del suelo:** La densidad, continuidad y tipo de cubierta vegetal determinan en gran medida la capacidad del paisaje para amortiguar visualmente los cambios inducidos. En el entorno del proyecto "Ampliación de patio de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca", predomina una vegetación de áreas verdes en áreas urbanas con características de ecosistema costero y especies arbóreas y arbustiva de selva baja caducifolia, lo que otorga al paisaje una capacidad intermedia de absorción visual. La vegetación de manglar asociada al humedal, se localiza a una distancia considerable que no aporta valor escénico en el entorno del proyecto.
- **Características geomorfológicas:** La topografía suave, con pendientes ligeras y altitud baja, confiere al paisaje una visibilidad relativamente amplia y homogénea. No obstante, esta morfología limita la posibilidad de ocultar alteraciones estructurales sin afectar la coherencia visual del entorno.

2.-Factores de Visualización: Estos se refieren a la visibilidad real y potencial del paisaje desde diversos puntos de observación, lo que influye en su exposición a las intervenciones humanas:

- **Intervisibilidad:** La configuración topográfica del sitio permite limitados campos visuales desde puntos elevados o abiertos. La presencia de barreras visuales urbanas, minimiza la exposición del paisaje.
- **Influencia de elementos antrópicos:** La cercanía a espacios de tránsito, así como la presencia de asentamientos, no favorece la accesibilidad visual al sitio, disminuyendo la sensibilidad del paisaje a cambios en su morfología o uso.

3.-Factores Históricos-Culturales: Estos elementos aportan una dimensión simbólica y funcional al paisaje, modulando su fragilidad en función de su valor patrimonial:

- **Procesos históricos:** La transformación del paisaje a través de actividades comerciales e industriales, así como la continuidad del uso del territorio para crecimiento urbano, ha configurado una identidad paisajística que combina elementos urbanos, naturales y culturales.
- **Compatibilidad forma-función:** La armonía visual entre el uso actual del suelo y las características del paisaje determina la aceptación o rechazo social ante nuevas intervenciones.

En este sentido es notorio que cerca del 25% de la superficie del SA, está enmarcada como asentamientos humanos, sin embargo, los espacios con vegetación presentan intervenciones humanas en diferentes grados que implican una transformación paulatina del entorno natural. Estas alteraciones cambian la estructura, función y apariencia del entorno, afectando la biodiversidad y los procesos naturales**.**

Tabla 95. Criterios utilizados para evaluar la fragilidad visual de acuerdo con el modelo Rojas y Kong (1998)

FACTORES	ELEMENTOS DE INFLUENCIA	FRAGILIDAD VISUAL ALTA	FRAGILIDAD VISUAL MEDIA	FRAGILIDAD VISUAL BAJA
Biofísicos	Pendiente	Pendiente de más de un 30%, terrenos con un dominio del plano vertical de visualización	Pendiente entre un 15% y un 30%, terrenos con modelados suaves y ondulados	Pendientes entre 0 a 15% con plano horizontal de dominancia visual.
	Vegetación (densidad)	Grandes espacios sin vegetación, agrupaciones aisladas, dominancia estrato herbáceo.	Cubierta vegetal discontinuo. Dominancia de estrato arbustivo o arbórea aislada	Grandes masas boscosas 100% de ocupación del suelo.
	Vegetación (altura)	Vegetación arbustiva o herbácea, no sobrepasa los 2 metros de altura	No hay gran altura de las masas (- de 10m) baja diversidad de estratos.	Gran diversidad de estratos. Alturas sobre los 10 metros.
Visualización	Tamaño de la cuenca visual	Visión de carácter cercana o próxima de 0 a 1,000 metros. Dominio de los primeros planos	Visión medio 1,000 a 4,000 metros. Dominio de los planos medios de visualización	Visión de carácter lejano a zonas distantes > a 4,000 m.
	Forma de la cuenca visual	Cuencas alargadas generalmente unidireccionales en el flujo visual	Cuencas irregulares mezcla de ambas categorías.	Cuencas regulares extensas redondeadas generalmente.
	Compacidad	Vistas panorámicas abiertas. El paisaje no presenta elementos obstruyendo los rayos visuales	El paisaje presenta zonas de menor incidencia visual, pero en un bajo porcentaje	Vista cerrada u obstaculizada. Presencia constante de zonas sombras o de menor visión.
Singularidad	Unicidad del paisaje	Paisajes singulares, con riqueza de elementos únicos y distintos	Paisaje de importancia visual pero habituales sin presencia de elementos singulares	Paisaje común sin riqueza visual o muy alterado.
Accesibilidad	Visual	Percepción visual alta, visible a	Visibilidad media, ocasional,	Baja accesibilidad visual, vista

FACTORES	ELEMENTOS DE INFLUENCIA	FRAGILIDAD VISUAL ALTA	FRAGILIDAD VISUAL MEDIA	FRAGILIDAD VISUAL BAJA
		distancia y sin mayor restricción	combinación de ambos niveles.	repentina, escasas o breves.

A continuación, en la siguiente **tabla,** se presenta la Evaluación de la Fragilidad Visual del proyecto "Ampliación de patio de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca".

Tabla 96. Evaluación de la Fragilidad visual

FACTOR	CARACTERISTICAS	VALORES	CALIF.	TOTAL, UP
Vegetación	Sin vegetación	Alta	3	**2**
	Zona Urbana	Media	2	
	Dunas Costeras	Baja	1	
Pendiente	0-15%	Baja	1	**1**
	15 al 30%	Media	2	
	Mayor a 30%	Alta	3	
Singularidad	Paisaje singular notable	Alta	3	**1**
	Paisaje de importancia visual pero habitual	Media	2	
	Paisaje común	Baja	1	
Accesibilidad visual	Distancia a red vial y población 0-200 m	Alta	3	**2**
	Distancia a red vial y población 200 – 800m	Media	2	
	Distancia a red vial y población 800-2600m	Baja	1	
Síntesis fragilidad visual		Alta	>11	**6**
		Media	6 a 11	
		Baja	< 6	

La evaluación del sitio donde se desarrollará el proyecto "Ampliación de patio de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca", arrojó un puntaje total de **6 unidades paisajísticas (UP)**, lo que corresponde a una **fragilidad visual media**, conforme a los rangos establecidos. A continuación, se detalla la interpretación de cada uno de los factores evaluados:

- ***Vegetación:*** La vegetación presente corresponde a vegetación de manglar con vegetación secundaria de selva baja caducifolia, caracterizadas por una cobertura vegetal discontinua. Este tipo de vegetación posee una estructura media y homogénea, el potencial de alteración visual es moderado, lo que justifica su mediana fragilidad en este aspecto.
- ***Pendiente:*** El terreno presenta una topografía predominantemente plana, lo cual minimiza la necesidad de movimientos de tierra que generen cortes visuales o taludes abruptos. Esta condición contribuye a una integración paisajística más sencilla y reduce la probabilidad de generar impactos visuales significativos.
- ***Singularidad:*** El área de emplazamiento se inserta en un entorno con cualidades visuales distintivas de zona urbana e industrial, con cercanía al océano, lo cual le confiere un carácter paisajístico común. Estas condiciones minimizan la sensibilidad visual del sitio, ya que cualquier intervención no alterar significativamente la percepción del paisaje.

- ***Accesibilidad visual:*** La localización del predio en una zona con baja accesibilidad visual desde caminos principales y asentamientos humanos reduce considerablemente la exposición del proyecto ante observadores. En consecuencia, se disminuye el riesgo de impacto visual directo sobre la población o usuarios del entorno inmediato.

Con un resultado de **6 UP,** el análisis establece que el área de influencia del proyecto presenta una **fragilidad visual media**. Esta clasificación sugiere que, si bien el sitio posee elementos de valor escénico, otros factores como la topografía plana, la vegetación de baja densidad y la escasa visibilidad desde puntos de observación comunes, mitigan su susceptibilidad al impacto visual.

IV. 5. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

El diagnóstico ambiental es un proceso fundamental para comprender el estado de un ecosistema y su relación con las actividades humanas. Para llevar a cabo un diagnóstico efectivo, es crucial establecer criterios de valoración que permitan identificar los puntos críticos y evaluar la interrelación de los componentes ambientales. Los criterios más relevantes de valoración para describir el escenario ambiental son:

Normas: *Se refieren a aspectos regulados por leyes, reglamentos y normas técnicas. Permitirán verificar el cumplimiento de la legislación ambiental e identificar posibles infracciones.*

Diversidad: *Se refiere a la variedad de especies, genes y ecosistemas presentes en un área determinada. Una alta diversidad biológica se considera un indicador de salud y estabilidad del ecosistema. Se utiliza comparándolo con la probabilidad de encontrar un elemento distinto dentro de la población total. Está condicionado por el tamaño de muestreo y el ámbito considerado, se puede valorar como una característica positiva un valor alto, ya que en vegetación y fauna está relacionado con ecosistemas complejos y bien desarrollados.*

Rareza: *se refiere a la escasez de un determinado recurso y está condicionado por el ámbito espacial que tenga en cuenta. Se considera que un determinado recurso tiene más valor, cuanto más escaso sea. Los elementos raros suelen ser más vulnerables a las perturbaciones y requieren una atención especial.*

Naturalidad: *estima el estado de conservación de las biocenosis e indica el grado de perturbación derivado de la acción humana. Evalúa el grado de conservación de un ecosistema y su nivel de alteraciones por actividades humanas. Los ecosistemas naturales o poco alterados suelen tener una mayor capacidad de resiliencia y proveen servicios ecosistémicos valiosos.*

Grado de aislamiento: *mide la posibilidad de dispersión de los elementos móviles del ecosistema y está en función del tipo de elemento a considerar y de la distancia a otras zonas de características similares. Se les asigna mayor valor a las poblaciones no aisladas.*

Calidad: *es útil para problemas de perturbación atmosférica, del agua y/o suelo. Se refiere a la desviación de los valores identificados contra los valores normales establecidos. Permite identificar problemas de contaminación y evaluar los riesgos para la salud humana y los ecosistemas.*

En la siguiente **tabla**, se muestra la interpretación de los indicadores utilizados para el diagnóstico ambiental. Para su evaluación, se asignó una escala **ordinal de valores de 0 a 3, donde 0 representa la menor importancia, representatividad o impacto, y 3 el valor más alto.** Esta asignación se basa en metodologías de evaluación multicriterio ampliamente utilizadas en estudios de impacto ambiental, las cuales permite integrar y jerarquizar los

componentes del Sistema Ambiental mediante criterios cualitativos y semicuantitativos (Luna Leopold et al., 1971: Vicente Conesa Fernández-Vítora, 2010; Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2013).

Tabla 97. Criterios y componentes del diagnóstico ambiental "Ampliación de patio de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca"

COMPONENTE AMBIENTAL	DIVERSIDAD	RAREZA	NATURALIDAD	GRADO DE AISLAMIENTO	CALIDAD
Aire	1	0	2	1	3
Suelo	1	1	1	1	1
Fauna	2	1	1	3	1
Hidrología superficial	1	0	0	1	2
Hidrología subterránea	1	1	1	2	2
Vegetación terrestre	2	1	1	1	1
Calidad paisajística	1	2	1	1	0
Factor socioeconómico	1	1	1	1	2

De acuerdo a los criterios y componentes del diagnóstico ambiental del proyecto, podemos interpretar que los componentes:

- **Aire:** El componente aire en el sitio del proyecto presenta una calidad atmosférica moderada, resultado de la densidad poblacional del entorno urbano, la presencia de fuentes fijas (como la Refinería) y móviles de emisión que, sin embargo, por la buena circulación de vientos costeros minimiza los efectos negativos.
- **Suelo:** El suelo del sitio del proyecto está conformado principalmente por sustratos alterados y suelo limoso. Su diversidad y rareza son limitadas, que no conserva una buena naturalidad al presentar signos de compactación en ciertas área e impactos por urbanización significativa. La calidad del suelo es adecuada, con escasa presencia de contaminantes.
- **Fauna:** La fauna asociada al sitio corresponde a especies adaptadas a ambientes antropizados, sin requerimientos ecológicos específicos. Se estima una diversidad y rareza moderadas, con baja naturalidad, ya que se registra una fragmentación significativa del hábitat. El grado de aislamiento es alto, dado que la conectividad con otros ecosistemas similares no es funcional.
- **Hidrología superficial:** En el sitio del proyecto predio no se observan cuerpos de agua permanentes, pero si una corriente temporal intermitente y fuertemente afectada por la urbanización con alta descarga de aguas residuales. Así, la diversidad hídrica superficial es muy baja, con una rareza nula y con una inadecuada calidad físico-química.
- **Hidrología subterránea:** Se presume la existencia de un manto freático a profundidad intermedia, lo cual es común en zonas costeras. Su rareza es relativa, ya que este recurso es ampliamente utilizado en la región. La naturalidad se mantiene y la calidad puede considerarse adecuada en ausencia de fuentes contaminantes directas.
- **Vegetación terrestre:** La vegetación presente corresponde a una comunidad aislada de mangle y especies secundarias, las cuales presentan una baja diversidad. Estas comunidades son producto de alteraciones del entorno por una constante intervención

humana. El grado de aislamiento es alto, ya que no tienen conexión con otras franjas de vegetación costera.

- **Calidad paisajística:** El entorno paisajístico del predio es de media calidad visual, dominado por formas antropizadas, vegetación escasa y la proximidad al mar. La diversidad y rareza escénica son bajas y las obras se integran en el entorno ya alterado.
- **Socioeconómico:** Desde el punto de vista socioeconómico, la zona presenta una alta densidad poblacional y un desarrollo industrial en expansión en el corto y mediano plazo. La diversidad y rareza sociocultural son altas amplias; sin embargo, el contexto muestra una aceptable calidad de vida, con presencia de conflictos socioambientales notorios, y una inserción mediana en el tejido económico regional.

En conjunto, el diagnóstico ambiental de "Ampliación de patio de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca", revela un entorno urbano, con ciertos elementos de valor paisajístico y funcional que deberán ser considerados cuidadosamente durante la planeación y ejecución del proyecto. La implementación de medidas de integración ambiental y estrategias de conservación serán fundamentales para la ejecución del proyecto.

IV.3. Servicios ambientales que pudieran ponerse en riego por el cambio de uso del suelo propuesto

Con base en la caracterización ecológica del área sujeta a Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), se identificó que corresponde a un ecosistema altamente perturbado, con remanente aislado de vegetación secundaria de manglar, baja conectividad ecológica y procesos hidrológicos alterados. Debido a esta condición, no todos los servicios ecosistémicos descritos en la literatura científica y por organismos como CONABIO e IPBES se encuentran presentes o se expresan de manera significativa en el sitio.

No obstante, y conforme a la obligación normativa de evaluar los servicios ambientales susceptible de afectación, se determinó que los servicios relevantes y efectivamente medibles en el contexto del CUSTF son aquellos asociados a:

- Captura y almacenamiento de carbono, relacionada con la estructura y composición de la vegetación secundaria.
- Generación de oxígeno, derivada de la biomasa vegetal presente.
- Protección y soporte a la biodiversidad, particularmente en términos de flora y fauna asociada al remanente vegetal.

Estos servicios fueron seleccionados por ser los únicos que pueden cuantificarse, diagnosticarse y sustentarse técnicamente dentro de las características actuales del área CUSTF. Otros servicios ambientales como regulación climática local, provisión de recursos hidrológicos, protección costera (barreras) no se manifiestan de forma funcional en el área debido a:

- La usencia de un manglar maduro.
- La falta de procesos hidrológicos naturales.
- El aislamiento espacial y ecológico del remanente vegetal.
- La degradación del suelo y la baja productividad ecológica.
- La inexistencia de interacción directa con cuerpos de agua naturales.

Por lo anterior, el análisis se enfoca exclusivamente en los tres servicios ambientales que el área realmente provee en su estado actual y su grado real de aporte ecológico.

El diagnostico integral de los servicios ambientales asociados al Área Sujeta a Cambio de Uso de Suelos en Terrenos Forestales (CUSTF) permite concluir, con base en los resultados cuantitativos y el análisis ecológico comparativo con la Sistema Ambiental (SA), que la provisión de servicios ecosistémicos en el área presenta una **funcionalidad significativamente reducida**, consecuencia directa del alto grado de perturbación histórica y de la perdida de integridad ecológica registrada en el área CUSTF.

Desde el enfoque de la Evaluación de Servicios Ecosistémicos propuesto por la IPBES (2019), los servicios de regulación, soporte y provisión dependen de la integridad estructural, la conectividad, el estado del suelo y la composición biológica del ecosistema. En el área CUSTF, estos criterios se encuentran profundamente deteriorados, lo cual limita la expresión efectiva de los servicios ambientales.

Los servicios ambientales del área CUSTF muestran un nivel **bajo de funcionalidad** debido a su degradación, por lo que el cambio de uso de suelo no representa una afectación significativa a escala local o de Sistema Ambiental.

La remoción de vegetación implica perdidas menores en captura de carbono y generación de oxígeno, servicios que serán plenamente compensados o superados mediante la reforestación.

La biodiversidad existente en el área CUS corresponde a comunidades empobrecidas y aisladas, por lo cual el impacto sobre este servicio ambiental es **bajo**.

En síntesis, el proyecto **no compromete la estabilidad de los servicios ambientales** y, mediante la aplicación adecuada del programa de compensación, contribuirá a mejorar la provisión neta de dichos servicios en el mediano y largo plazo, asegurando su permanencia conforme a los criterios de sustentabilidad establecidos en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (**LGEEPA**) y la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (**LGDFS**).

IV.4 Diagnóstico ambiental

1. Captura y almacenamiento de carbono

Los bienes o productos que consumimos siempre han sido valorados, contrario a los servicios ambientales que obtenemos del entorno por lo que han sido subestimados y son, por lo general, explotados y degradados. Algunos servicios, aun cuando en sí mismos son intangibles, pueden resultar indispensables para la vida. La captura de carbono puede ayudar a resolver algunos de los graves problemas ambientales que enfrentamos: el cambio climático, efecto invernadero y el adelgazamiento de la capa de ozono. Es posible retirar el CO_2 de la atmosfera, mediante su captura y retención con acciones adecuadas y su efecto benéfico dependerá del tiempo que el CO_2 se mantenga almacenado en las plantas, árboles o productos de madera (SEMARNAT, 2004).

Se sabe que las áreas forestales capturan, almacenan y liberan carbono como resultado de los procesos fotosintéticos de respiración y degradación de la materia seca; teniendo como resultado un saldo de captura neta positiva cuya cantidad depende en gran medida del manejo que tenga la cobertura vegetal o las afectaciones que esta sufra por actividades antropogénicas o fenómenos naturales; así como la edad, distribución de tamaños y estructura de las

poblaciones. Este servicio ambiental que proveen las áreas forestales como secuestradores de carbono (sumideros) permite equilibrar la concentración de este elemento; el cual se ve incrementada por las emisiones a la atmósfera, producto de las actividades humanas.

Para la obtención de la cantidad de CO_2 capturado por cada especie se realizó una búsqueda de información que revele la fracción de carbono contenido en la biomasa de cada especie, sin embargo, no se han realizado estudios suficientes que muestren el contenido de carbono contenido en la biomasa de todas las especies de flora de este tipo de vegetación.

Por lo tanto, para la estimación del carbono contenido en la biomasa de los árboles se recurrió a la metodología desarrollada por el Instituto Nacional de Ecología (INE) mismo que ha logrado desarrollar un modelo general para estimar la captura de carbono (CO_2) de acuerdo a la asociación vegetal o tipo de bosque a la que pertenece cierta área de estudio. Es necesario señalar, que la estimación no incorpora el carbono capturado en raíces ni en suelo, mismo que algunos autores consideran muy elevado.

Para el cálculo de captura de CO_2 de las especies arbóreas en el área de estudio, se utilizó la metodología utilizada por el INE[4].

Tabla 98. Ecuaciones desarrolladas por el Instituto Nacional de Ecología para estimar el contenido de carbono según el tipo de vegetación.

Tipo de bosque	b1	b0
	Estimador	Estimador
Coníferas	723.579	-175.492
Latifoliadas	506.539	0.17
Coníferas y latifoliadas	859.027	-7.054
Selva alta y mediana	519.408	0.896
Selva baja	313.036	12.225

Fuente: Instituto Nacional de Ecología con información derivada de bibliografía. Modelo: Peso seco [Kg]= b0+b1 (Volumen total árbol [m3]).

Con base al modelo establecido por el INE y el valor de los estimadores para cada tipo de vegetación, se puede estimar el contenido de carbono mediante los valores obtenidos en los trabajos de campo realizados en el área del proyecto; los cuales son detallados en el presente Capítulo. Finalmente, la estimación anual de captura de carbono de acuerdo a la metodología utilizada por el INE, se obtiene multiplicando la estimación de peso seco por 0.4269 (Jo y McPherson, 1995).

Con la finalidad de tener un indicador aproximado de captura de CO_2 en el área del proyecto, se utilizaron estimadores para el tipo de vegetación de Selva baja, dado que la vegetación del área del proyecto pertenece a manglar y presenta algunas especies de selva baja.

El manglar es uno de los ecosistemas con mayor capacidad global de captura de carbono; sin embargo, esta capacidad depende de:

- Biomasa aérea madura.

[4] (http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/gacetas/63/cap3.html).

- Acumulación de carbono en suelos hidromórficos (suelo que se caracteriza por un exceso de agua, lo que provoca la falta de oxígeno y condiciones de reducción).
- Conectividad hidrológica natural.
- En el área CUS no existen estas condiciones, dado que el sitio presenta:
- Vegetación secundaria de baja biomasa.
- Ausencia de suelos de manglar funcional (el suelo corresponde a *Technosol,* no a *Gleysol* o *Histosol* típicos de manglares).
- Alteración hidrológica severa y humedad artificial por aportes residuales.

Ahora bien, teniendo en cuenta las condiciones y el tipo de vegetación presente en el área de CUS, y considerado el modelo del Instituto Nacional de Ecología (INE), para la captura de CO_2 se usará la siguiente formula:

Peso seco [kg] = 12.225 + 313.036 * (volumen total árbol [m^3])

Tabla 99. Contenido de Carbono dentro del área de cambio de uso del suelo

Vegetación de Mangle				
Familia	**Especie**	**Nombre común**	**Volumen VTA m^3 en 39,200.08 m^2**	**Carbono Kg**
Acanthaceae	*Avicennia germinans*	Mangle negro	0.1330	53.86
Meliaceae	*Azadiracha indica*	Neem	0.4096	140.44
Polygonaceae	*Coccoloba liebmannii*	Carnero	0.1697	65.35
Combretaceae	*Conocarpus erectus*	Mangle Botoncillo	147.3485	46137.61
Fabaceae	*Leucaena lanceolata*	Guaje	2.5097	797.85
Fabaceae	*Neltuma juliflora*	mezquite	5.7496	1812.06
Fabaceae	*Parkinsonia aculeata*	palo verde	20.0517	6289.13
Fabaceae	*Pithecellobium dulce*	guamúchil	46.3393	14518.09
Total, para los 39,200.08 m^2			**222.7111**	**69,814.39**

Los ecosistemas forestales son un reservorio considerable de carbono y contienen más del 80% del carbono global de la superficie. Se sabe que los bosques secundarios y las plantaciones en crecimiento representan mejores alternativas para reducir la contaminación del aire, el efecto invernadero y el calentamiento global del clima; sin embargo, cuando los bosques están maduros no ocurre asimilación neta de carbono, debido a que se encuentran saturados y sus tasas de crecimiento disminuyen notablemente debido a que existe un balance entre la respiración y la producción de oxígeno (y entre incremento y muerte de biomasa). Los árboles que mueren incorporan CO_2 al suelo y al aire, por descomposición. La función de "fijación de carbono" de un bosque viejo es escasa; aunque extraordinaria como sumidero o depósito de este elemento (Luna, 2005; Gutiérrez *et al.,* 2010).

Se estima que por las actividades de remoción de la vegetación para el establecimiento del proyecto se removerá alrededor de **222.7111 m^3 VTA**, equivalente a **69,814.39 kg/año** de Carbono para el Área del proyecto de **39,200.08 m^2 (3.92 ha).** Que equivale a 17.80 t C/ha.
Los resultados en promedio son más bajos en comparación con los reportados por Bellon et al, 1993 y Mansera, 1995, para las Áreas Naturales Protegidas de México que oscilan entre 40 a 130 toneladas de carbono por hectárea. Considerando esta referencia, la captura de carbono en el área de CUSTF está por debajo de la producción de las áreas naturales protegidas de nuestro país.
Como parte del proceso para obtener la autorización de cambio de uso del suelo, la promovente realizará el pago de la compensación ambiental por el cambio de uso del suelo que solicita, con base al Acuerdo mediante el cual se expiden los costos de referencia para reforestación o restauración y su mantenimiento para compensación ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales.
Finalmente, se considera que el proyecto no pone en riesgo la estabilidad de los servicios ambientales de captura de carbono del Sistema Ambiental debido a que se realizará la restauración de una superficie de **4.01 hectáreas** con actividades como reforestación, esto compensa la pérdida del carbono capturado por los individuos a derribar por las actividades de cambio de usos del suelo.

2. Generación de oxígeno.

La generación de oxígeno está directamente relacionada con la biomasa aérea viva, la productividad primaria neta y la salud estructural del ecosistema. En el CUSTF:

- La vegetación se compone mayoritariamente de especies secundarias, exóticas y oportunistas, como *Azadiracha indica*, *Crytostegia grandiflora* y *Urochloa mollis*.
- Solo se registró un individuo de *Avicennia germinans* y 55 individuos de *Conocarpus erectus*, ambos en condición juvenil o subadulta.

De acuerdo con Nowak *et al.* (2007) la producción neta de oxígeno de un árbol durante un año, está directamente relacionado con la cantidad de carbono almacenado por el árbol, mismo que se encuentra almacenado en la biomasa de los árboles. Si la captación de dióxido de carbono durante la fotosíntesis excede la liberación de dióxido de carbono por la respiración durante el año, el árbol acumulará carbono (secuestro de carbono). De este modo, un árbol que tiene una acumulación neta de carbono durante un año (crecimiento de los árboles) también tiene una producción neta de oxígeno (Yolasigmaz y Keles, 2009). Salisbury y Ross (1978) mencionan que la producción neta de oxígeno de los árboles se basa en la cantidad de oxígeno producido durante fotosíntesis menos la cantidad de oxígeno consumido durante la respiración de las plantas:

Fotosíntesis: $n\ (CO_2) + n\ (H_2O) + luz \longrightarrow (CH2O)_n + nO_2$
Respiración: $(CH2O)_n + nO_2 \longrightarrow n\ CO_2) + n\ (H_2O) + energía$

De este modo la cantidad de oxígeno producido se estima a partir de la captura de carbono en base a los pesos atómicos:
Liberación o producción neta de O_2 (kg/año) = Carbono secuestrado (kg/año) X (32/12).
Producción de O^2 = Carbono secuestrado X 32/12

Tabla 100. Captura de Carbono (ha/Ton) en una superficie de 3.92 ha del proyecto

MANGLAR				
Edad	**BIOMASA Total X Ha Constante**	**BIOMASA 3.92Ha (Ton)**	**Carbono-Ha (t/Ha) Constante**	**Carbono 3.92 Ha (Ton)**
19	**215.67**	**845.4264**	**109.99**	**431.1608**

Tabla 101. Producción de oxígeno dentro del área de influencia del proyecto

Producción de Oxígeno en el Manglar			
Edad	**Carbono secuestrado (kg)**	**Constante**	**Producción de O^2 (kg)**
19	**431.1608**	**32/12**	**1149.76**

Aporte actual del servicio ambiental

Dado que la generación de oxígeno es proporcional a la biomasa y cobertura, la contribución del área CUSTF es **baja a moderada,** ya que el sitio:

- No presenta estructuras de mangle maduro altamente productivas.
- Mantiene densidades bajas de individuos de especies clave.
- Presenta cobertura vegetal reducida y fragmentada

Marco técnico

Los manglares pueden producir entre **13 y 20 t/ha/año de biomasa** (Twilley et al., 1992), lo que implica altos niveles de generación de oxígeno. Sin embargo, los remanentes secundarios, como el evaluado **(1.149 t/ha/año)**, presentan **tasas disminuidas hasta en 70%** (Alongi, 2014; FAO, 2007).

En consecuencia, el impacto sobre el servicio ambiental "generación de oxígeno" es **bajo**, debido al bajo potencial productivo existente previo a la intervención.

De acuerdo a los resultados obtenidos del proceso de cálculo, la producción de oxígeno estimada que ha producido el área de estudio de manglar (39,200.08m^2) es de 1149.76 Kg/año el oxígeno estimado corresponde al que la vegetación liberó durante su vida hasta el momento del muestreo con los datos dasométricos obtenidos en campo.

Por lo anterior, este servicio ambiental tan importante para la vida diaria de los seres vivos se verá afectado, pero no significativamente.

3. Protección a la Biodiversidad (Flora y Fauna)

La función del área como proveedor de hábitats para biodiversidad es actualmente limitada, debido a:

A. Flora

De acuerdo a los resultados para el cálculo de índices de diversidad tanto en el Sistema Ambiental como en el área Sujeta a Cambio de Uso de Suelo, se tiene lo siguiente:

Tabla 102. Índices de Diversidad estimados para el área CUSTF y SA

Diversidad Florística	No. Ind.	S	d	H'	D	E
Árboles área CUSTF	176	8	0.32	1.60	0.76	0.77
Árboles SA	396	12	0.48	1.40	0.67	0.56
Arbustos área CUSTF	49	11	0.27	2.07	0.84	0.86
Arbustos SA	48	14	0.29	2.22	0.85	0.84
Hierbas área CUSTF	44	8	0.43	1.58	0.73	0.76
Hierbas SA	56	9	0.48	1.68	0.72	0.77
Palmas y Suculentas área CUSTF	27	2	0.89	0.35	0.20	0.50
Palmas y Suculentas SA	69	4	0.51	1.23	0.66	0.89
S= Riqueza específica; **d=** índice de Berger-Parker; **H'=** Índice de Shannon-Weiner; **D=** Índice de Simpson; **E=** Equitatividad						

El análisis comparativo de la composición florística evidencia que el predio sujeto a Cambio de Uso de Suelo presenta **un estado avanzado de perturbación** y **una marcada pérdida de integridad ecológica**, en contraste con las condiciones estructurales y funcionales observadas en el Sistema Ambiental (SA).

Los índices ecológicos indican que:

- La **riqueza y diversidad florística** son sistemáticamente superiores en la SA en todos los estratos.
- Los valores del Índice de Valor de Importancia (IVI) en el área CUSTF reflejan **dominancia de especies tolerantes y oportunistas**, mientras que en la SA prevalecen especies nativas propias de humedales costeros.
- La **baja similitud florística (IJ ≤ 0.31) y alta complementariedad (≥ 69%)** confirman que las comunidades vegetales de ambos sitios se encuentran **escasamente relacionadas** en términos de composición, debido principalmente al deterioro del predio y a su aislamiento ecológico.

Asimismo, el análisis pone en evidencia que el relicto de vegetación de manglar dentro del área CUSTF carece de las condiciones físico-bióticas necesarias para su regeneración natural, debido a impactos acumulados como descargas de aguas residuales, depósito de residuos sólidos, presencia de fauna nociva y ruptura del flujo de germoplasma. **Este conjunto de presiones hace evidente una tendencia hacia la reducción progresiva del relicto, comprometiendo su permanencia a corto y mediano plazo.**

En este contexto, el cambio de uso de suelo en el predio no representa una pérdida significativa de cobertura forestal funcional, dado que la vegetación remanente no cumple actualmente un papel ecológico equiparable al del manglar presente en el SA. Sin embargo, al identificar la presencia de especies listadas **en la NOM-059-SEMARNAT-2010**, categoría Amenazada (A), tales como *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus*, las cuales, de acuerdo con la Lista Roja de la UICN, se encuentran en la categoría LC (Preocupación menor), subraya la importancia de implementar una propuesta del ***Programa de rescate y reubicación de especies de flora y***

fauna que pudieran resultar afectadas y su adaptación al nuevo hábitat, en caso de autorizarse el cambio de uso de suelo, dada su relevancia ecológica, su valor como componentes funcionales del ecosistema de manglar y su condición de riesgo. Esta medida específica de manejo, mitigación y compensación permitirá asegurar la permanencia de estos individuos en áreas con mayor integridad ecológica dentro del Sistema Ambiental o cercana al mismo, evitando su pérdida durante la ejecución del proyecto y contribuyendo al mantenimiento de los procesos ecológicos asociados al humedal.
La presencia de especies consideradas en la NOM-059- SEMARNAT-2010 no implica que el área mantenga un ecosistema estable; por el contrario, su condición actual evidencia estrés ecológico, justificando plenamente el ***Programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna que pudieran resultar afectadas y su adaptación al nuevo hábitat, en caso de autorizarse el cambio de uso de suelo***, el cual garantiza su conservación funcional.

Por lo anterior, este servicio ambiental se verá afectado pero no significativamente ya que por parte del promovente hay un compromiso para preservar especies con estatus de conservación a partir del mencionado *Programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna que pudieran resultar afectadas y su adaptación al nuevo hábitat, en caso de autorizarse el cambio de uso de suelo*, que, junto con el *Programa de Reforestación* por compensación ambiental establece las bases para que un sitio pueda ser restaurado y a mediano plazo pueda ofrecer servicios ambientales de calidad y de importancia para el medio ambiente.

B. Fauna

Se calculó un índice de Shannon – Wiener de **H' = 1.63** para el SA, y de **H' = 1.12** para CUSTF, con una diversidad máxima esperada de **H'max = 1.79** para el SA, y de **H'max = 1.61** para área CUSTF; el índice de Margalef de $\mathbf{D_{Mg}}$ **= 1.8** para el SA, y de $\mathbf{D_{Mg}}$ **= 1.41** para área CUSTF, lo que en conjunto y, de acuerdo con ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.., los resultados d e diversidad, indican que se tiene una **diversidad media baja** en el SA y una **diversidad baja** para el área CUSTF en anfibios y reptiles. El índice de Simpson calculado es de **D= 0.78** y de **D= 0.75** respectivamente, refleja que la proporción poblacional del ecosistema es dominada por un bajo número de especies, las cuales están bien representadas en el SA por lo que no se espera un daño mayor al implementar el cambio de uso de suelo en el área CUSTF.

Tabla 103. Valores de interpretación de los índices de Shannon - Wiener y Margalef

Valores de Interpretación		Área CUSTF		Sistema Ambiental		
Margalef (DMg)	Shannon - Wiener (H')	DMg	H'	DMg	H'	Interpretación.
0.1- 2.0	0.1 - 1.5	1.41	1.12	1.8		Diversidad Baja
2.1- 4.9	1.6 - 3.0				1.63	Diversidad Media
5-	3.1 -					Diversidad Alta

El área en la que se pretende realizar el cambio de uso de suelo presenta un alto grado de perturbación por actividades antrópicas y depredación por la presencia de perros ferales; son parches de vegetación aislados sin continuidad ni conectividad ecosistémica.

Estas áreas mantienen poca diversidad ya que fungen como islas de alimentación y resguardo para las distintas especies de fauna silvestre. Es importante mencionar que la presencia de especies se debe en gran medida a que, al ser considerada el área sujeta a cambio de uso de suelo como área de monitoreo y conservación, fungió como sitio de reubicación de fauna silvestre; es decir, en dicho sitio se depositaba fauna silvestre que se encontraba en sitios aledaños, lo cual corrobora la presencia de taxones con valor de conservación y endemismo.

Al comparar la riqueza específica entre el SA y el área CUSTF, se observa que el grupo de aves mantiene una representatividad relativamente estable (S=23 en el SA y S=14 en área CUSTF), atribuible a su amplio rango de movilidad y mayor tolerancia a la perturbación. Sin embargo, los anfibios, reptiles y mamíferos pequeños muestran reducciones significativas en riqueza y abundancia debido a su movilidad restringida y mayor dependencia de microhábitats estructurados.

En relación con la presencia de especies listadas en la **NOM-059-SEMARNAT-2010**, se identificó que para el **grupo de aves** no se registraron especies bajo categoría de protección en el área CUSTF, mientras que en el SA se documentó la presencia de *Ramosomyia viridifrons* (colibrí frente verde). Para **mamíferos**, tanto en el SA como en el área CUSTF no se registraron especies bajo estatus de conservación. En cuanto a **herpetofauna**, en el SA se registró una especie incluida en la norma *Ctenosaura pectinata* (iguana mexicana de cola espinosa), mientras que en el área CUSTF se identificaron dos especies bajo protección: *Ctenosaura pectinata* y *Boa imperator* (mazacuata).

En conjunto, **los resultados indican que la fauna registrada en el área CUSTF representa un subconjunto de la fauna distribuida en el SA, con una mayor vulnerabilidad en grupos de baja movilidad y una dependencia crítica de la conectividad ecológica**.

De acuerdo con la CONABIO (2018) y el IPBES (2019), la capacidad de un ecosistema para sostener biodiversidad depende de:

- Integridad del hábitat.
- Conectividad del paisaje.
- Salud del suelo.
- Estructura vegetal.

Ninguno de estos elementos se encuentra plenamente presente en el CUSTF. Sin embargo, el proyecto incorpora medidas de Rescate, Ahuyentamiento, Reubicación y Monitoreo que garantizan que toda la biodiversidad potencialmente afectada será conservada, en mejores condiciones ecológicas que las que ofrece actualmente el área CUSTF.

Por lo que este servicio ambiental continuará, pero en un sitio con mejores condiciones ambientales para la sobrevivencia de las especies reubicadas.

Bibliografía

Alongi, D. M. (2014). *Carbon cycling and storage in mangrove forests*. Annual Review of Marine Science, 6, 195–219.

Anderson, R. C. 2006. Evolution and origin of the Central Grassland of North America: climate, fi re, and mammalian grazers. Journal of the Torrey Botanical Society 133:626- 647.

Aranda, M. (2012). *Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Babińska-Werka, J., & Żółw, M. (2008). Urban populations of the red squirrel (*Sciurus vulgaris*) in Warsaw. *Annales Zoologici Fennici, 45*, 270–276.

Baev, P. V. y L. D. Penev. 1995. BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis. Versión 5.1. Pensoft, SofiaMoscow, 57 pp.

Barnett, A., & Dutton, J. (1995). *Expedition field techniques: small mammals (excluding bats)* (2nd ed.). Royal Geographical Society with IBG, London.

Briones-Salas, M. y V. Sánchez-Cordero. 2004. Biodiversidad de Oaxaca, A. J. García-Mendoza, M. J. Ordóñez, y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología, UNAM, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/World Wildlife Fund, México, D.F. p. 423- 447.

Casas Andreu, G. & J. C. McCoy. 1979. *Anfibios y reptiles de México.* Ed. Limusa. México.

Casas–Andreu, G., F. R. Méndez–de la Cruz & X. Aguilar–Miguel. 2004. Anfibios y reptiles, pp. 375–390. In: A. J. García–Mendoza, M. J. Ordóñez & M. Briones–Salas (Eds.). *Biodiversidad de Oaxaca.* Instituto de Biología, UNAM–Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza–World Wildlife Fund, México.

Centro Nacional de Prevención de Desastres . 2017. Indice de vulnerabilidad de inundación.

Centro Nacional de Prevención de Desastres. 2024. Información Básica de Peligros Naturales y Antropogénicos a Nivel Municipal. Edo. Oaxaca, Municipio Salina Cruz

Centro Nacional de Prevención de Desastres. 2024. Información básica de peligros naturales y antropogénicos a nivel municipal estado de Oaxaca Salina Cruz.

Cifuentes, M. (1979). Evaluación de impactos ambientales. Serie de Recursos Naturales y Medio Ambiente, CATIE.

CITES. 2009. Apéndices I, II Y III. Convention International trade and endangered species of wild fauna and flora y UNEP. 47 pp. http://www.CITES.org.

CONABIO (2018). *Evaluación del capital natural de México*.

CONABIO. 2023. Regiones Terrestres Prioritarias. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Consultado en https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/regiones-terrestres-prioritarias-de-mexico

CONABIO. 1998. Carta de Climas escala 1:1.000,000

CONABIO. 2019. Comisión Nacional del Agua. Localizador REPDA de Aguas Nacionales, Zonas Federales y Descargas de Aguas Residuales.

CONABIO. 2024. “Degradación del suelo en la República Mexicana”. Escala 1:250 000.

CONABIO. https://www.biodiversidad.gob.mx/region/biodiversidad-y-municipios).
CONABIO. Regiones Marinas Prioritarias. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Consultado en https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/regiones-marinas-prioritarias-de-mexico.
CONABIO/NABCI, Pronatura A.C., UNAM, Cornell Lab of Ornithology. 2007. Taller: "Revisión y recategorización de las AICAS de México" Mineral del Chico, Hidalgo. NABCI/CONABIO, BIRDLIFE INTL.
CONAGUA. 2024. Actualización De La Disponibilidad Media Anual De Agua En El Acuífero Tehuantepec (2007). Consultado en https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/oaxaca/DR_2007.pdf
CONAGUA. Consulta a la base de datos del REDPA. Consultado en https://app.conagua.gob.mx/consultarepda.aspx
CONAGUA. Consulta a la base de datos del Servicio Meteorológico Nacional.: https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatcologica.
Conesa Fernández Vítora V. (1997). Impacto Ambiental. McGraw-Hill
Donato, D. et al. (2011). *Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics*. Nature Geoscience, 4, 293–297.
Flores–Villela, O. 1993. Herpetofauna mexicana. Lista anotada de las especies de anfibios y reptiles de México, cambios taxonómicos recientes y nuevas especies. *Special Publication No. 17.* Carnegie Museum of Natural History, Pittsburgh.
Forman, RTT y Godron, M. (1986). Ecología del paisaje. John Wiley & Sons. Ltd. New York la población local.
Garton, E; J, Ratti y J, Giudice. Research and Experimental Design. Chapter 3 In 1 Braun, Clait (ed.). Techniques For Wildlife Investigations and Management. The Wildlife Society, Bethesda, MD. 2004.
González, P. G., M. Briones-Salas y A. M. Alfaro. 2004. Integración del conocimiento faunístico del estado. In Biodiversidad de Oaxaca, A. J. García-Mendoza, M. J. Ordóñez, y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología, UNAM, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, World Wildlife Fund, México, D.F. p. 449-466.
Grajales-Tam, K. M. y A. González-Romero. 2014. Determinación de la dieta estacional del coyote (*Canis latrans*) en la región norte de la Reserva de la Biosfera Mapimí, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 553–564.
Hartweg N. & J. A. Oliver. 1940. A contribution to the herpetology of the Isthmus of Tehuantepec. IV. *Miscellaneous Publications. Museum of Zoology No. 47.* University of Michigan.
Hartweg, N. & J. A. Oliver. 1937a. A contribution to the herpetology of the Isthmus of Tehuantepec. I. *Occasional Papers of the Museum of Zoology No. 356.* University of Michigan Press.
Hartweg, N. & J. A. Oliver. 1937b. A contribution to the herpetology of the Isthmus of Tehuantepec. II. *Occasional papers of the Museum of Zoology No. 359.* University of Michigan Press.

Hartweg, N. & J. A. Oliver. 1938. A contribution to the herpetology of the Isthmus of Tehuantepec. III. *Occasional papers of the Museum of Zoology No. 390.* University of Michigan Press.

Hopkins, W. A. (2000). Reptile toxicology: Challenges and opportunities on the last frontier in vertebrate ecotoxicology. Environmental Toxicology and Chemistry, 19(10), 2391-2393. doi: 10.1002.

Howell, S. N. G., & Webb, S. (2010). *A guide to the birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI. 2020. Censo de Población 2020.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI.2010. Compendio de información geográfica municipal 2010. Salina Cruz, Oaxaca.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2021.,). *Área urbana*. México. Recuperado 19 de marzo en: https://www.inegi.org.mx/app/buscador/default.html?q=area+urbana#tabMCcollapse-Indicadores

Lorenzo, C., E. Espinoza, E. J. Naranjo y J. E. Bolaños. 2008. Mamíferos terrestres de la frontera sur de México. In Avances en el Estudio de los Mamíferos de México. II. Publicaciones especiales, vol. II, C. Lorenzo, E. Espinoza y J. Ortega (eds.). Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C., CIBNOR, ECOSUR, IPN, UAEM, UAM, UNICACH, Universidad Veracruzana. México, D.F. p. 147-164.

Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.

Mitchell, J. C. y R. E. J. Brown. 2008. Urban Herpetology: Global Overview, Synthesis and Future Directions. Pp. 1-32. En Mitchell, J. C., R. E. Jung Brown y B. Bartholomew (editors), Urban Herpetology Society for the Study of Amphibians and Reptiles EUA.

Montoya Ayala, D., Gómez Sal, A., & García-Abad, S. (1997). Metodología para la evaluación de la fragilidad visual del paisaje. Estudios Geográficos, 58(228), 481-502.

Navarro, J. Introducción al Diseño y Análisis del Muestreo de Poblaciones Finitas En: Bautista, F., H. Delfín, J.L. Palacios y M.C. Delgado. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Univ. Nac. Aut. de México, Univ. Aut. de Yucatán, CONACYT e Instituto Nacional de Ecología, México. 2004.

Naveh, Z., y Lieberman, AS (1994). Ecología del paisaje: teoría y aplicación. Springer-Verlag.

Ojasti, J. y F, Dallmeier. Manejo de Fauna Silvestre Neotropical. SI/ MAB Series # 5. Smithsonian Institution/MAB Biodiversity Program, Washington D.C. 2000.

Peet, R. K. 1974. The measurement of species diversity. Annual Review of Ecology and Systematics, 5: 285-307.

Pérez-García, E. A., J. Meave y C. Gallardo. 2001. Vegetación y flora de la región de Nizanda, istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. Acta Botánica Mexicana 56:19-88.

Rojas y Kong (1998 Rojas, J., & Kong, I. (1998). Evaluación de la calidad visual del paisaje: Una metodología aplicada a la Región de Valparaíso, Chile. Revista de Geografía Norte Grande, 25, 63-78.

Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 504 p.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2010, 30 de diciembre). *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*. [Diario Oficial de la Federación].

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Atlas Digital Geográfico del Medio Ambiente, Sitios Marinos Prioritarios, consultado en https://ideinfoteca.semarnat.gob.mx/AtlasD/Atlas.html

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.2004. Los suelos de México. Consultado en: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen/03_suelos/cap3.html#2

SEDESOL. 2011. Atlas de Riesgo de Salina Cruz 2011.

Steele, M. A., & Koprowski, J. L. (2001). *North American tree squirrels*. Smithsonian Books.

Wemmer, C., T. H. Kunz, G. Lundie-Jenkins, y W. J. McShea. 1996. Mammalian sign. Páginas 157-176 en D. E. Wilson, F. R. Cole, J. D. Nichols, R. Rudran, y M. S. Foster, editores. *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Mammals*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.

FAO (2007). *The world's mangroves 1980–2005*.

IPBES (2019). *Global Assessment on Biodiversity and Ecosystem Services*.

IPCC (2014). *Wetlands Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.

Kauffman, J. B., & Donato, D. (2012). *Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests*. CIFOR.

Twilley, R. R., et al. (1992). *Mangrove ecosystem dynamics*. Coastal and Estuarine Studies, AGU.



CAPITULO V

IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES



CONTENIDO

V.1. Identificación de impactos....4
V.2. Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales....6
V.3. Caracterización de los impactos....7
V.4. Indicadores de impacto....13
V.5. Valoración de los impactos....16
V.6 Evaluación sin medidas de mitigación....30
V.7. Evaluación con medidas de mitigación....54
V.8. Conclusiones....61

INDICES DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de interacciones por medio y componente ambiental....11
Figura 2. Interacciones por etapa del proyecto....12
Figura 3. Distribución de las interacciones por etapa del proyecto....13
Figura 4 Representación de la significancia de los impactos ambientales....30
Figura 5 Representación del porcentaje de la significancia de los impactos ambientales por etapa constructiva....31
Figura 6. Valoración de impactos negativos sin medidas....36
Figura 7. Distribución de los impactos por medio....36
Figura 8. Comparación de la significancia de impactos por medio ambiental....53
Figura 9. Gráfica comparativa de la significancia de los impactos negativos con y sin aplicación medidas....55
Figura 10. Efectividad de la aplicación de las medidas de mitigación del impacto ambiental....56

INDICES DE TABLAS

Tabla 1. Actividades contempladas para cada una de las etapas del proyecto....4



Tabla 2. Medios y componentes ambientales susceptibles de recibir impactos. 5

Tabla 3. Matriz de identificación de las interacciones ambientales del proyecto (-) Negativos y (+) Positivos 8

Tabla 4 Indicadores de impacto por componente ambiental. 14

Tabla 5. Criterios básicos y complementarios para valorar el medio biótico y abiótico. 17

Tabla 6. Criterios básicos y complementarios para valorar el medio socioeconómico. 18

Tabla 7. Matriz de Leopold modificada para determinar la valoración de los impactos ambientales nivel de significancia: Impacto no significativo (NS), impacto poco significativo (PS), impacto moderadamente significativo (MS), impacto significativo (S) e impacto muy significativo (MMS). 23

Tabla 8. Evaluación (escala de colores). 31

Tabla 9. Matriz de resultados de la valoración de impactos (Significancia de los impactos ambientales sin medidas de mitigación). Impacto no significativo (NS), impacto poco significativo (PS), impacto moderadamente significativo (MS), impacto significativo (S) e impacto muy significativo (MMS) 32

Tabla 10. Comparativa de significancia de impactos ambientales por etapa del proyecto. 35

Tabla 11. Especies del estrato arbóreo a remover. 44

Tabla 12. Especies del estrato arbustivo a remover. 44

Tabla 13. Especies del estrato herbáceo a remover. 45

Tabla 14. Listado de especies presentes en el área del proyecto 47

Tabla 15. Porcentajes de efectividad con las medidas de mitigación. 55

Tabla 16. Matriz de resultados de la valoración de impactos (Significancia de los impactos ambientales con medidas de mitigación). Impacto no significativo (NS), impacto poco significativo (PS), impacto moderadamente significativo (MS), impacto significativo (S) e impacto muy significativo (MMS) 57



V.1. Identificación de impactos

De la información obtenida en los capítulos II y IV se determinan las interacciones entre el proyecto y el ambiente, tal integración seguirá dos líneas de trabajo paralelas, la primera que analiza el proyecto y que concluye con la identificación de las etapas y actividades del proyecto susceptibles de producir impactos significativos, la segunda analiza el ambiente en el contexto del Sistema Ambiental para identificar los componentes ambientales que potencialmente pueden ser afectados por las acciones derivadas de las obras y actividades del proyecto. Por lo tanto, a continuación, se presenta a manera de tablas las etapas y actividades que componen al proyecto, así como, el medio y los componentes que son susceptibles a recibir impactos.

Tabla 1. Actividades contempladas para cada una de las etapas del proyecto.

ETAPA	ACTIVIDAD	
1. PREPARACIÓN DEL SITIO	INSTALACIÓN DE OBRAS PROVISIONALES	OFICINA
		BODEGAS
		TALLERES
		LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DEL SUELO
		SANITARIOS PORTATILES
		ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE RESIDUOS
		DELIMITACION DEL PERIMETRO
		SEGURIDAD, LETREROS
	DESMONTE	RESCATE Y REUBICACIÓN DE VEGETACIÓN
		DERRIBO DE VEGETACIÓN
	DESPALME	
	RELLENO	
	NIVELACIÓN	
2. CONSTRUCCIÓN	CONSTRUCCIÓN DE OBRA HIDRAULICA PARA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES Y PLUVIALES	
	CIMENTACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLATAFORMA DE CONCRETO HIDRAULICO	
	CONSTRUCCION DE INSTALACIONES DE SERVICIOS DE ENERGIA ELÉCTRICA (INCLUYE EL SUPER POSTE), COMUNICACIONES DE VOZ Y DATOS, CONSTRUCCION DE UN SILO.	





ETAPA	ACTIVIDAD
3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES PROVENIENTES DEL PUERTO DE SALINA CRUZ
	MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS
	DESMANTELAMIENTO DE OBRAS PROVISIONALES
4. ABANDONO	DESMANTELAMIENTO
	RESTAURACIÓN DEL SITO

Tabla 2. Medios y componentes ambientales susceptibles de recibir impactos.

MEDIO	COMPONENTE	FACTOR
Abiótico	Suelo	Tipo de uso
		Calidad
	Agua	Recarga
	Aire	Calidad
	Ruido	Confort sonoro
Biótico	Vegetación	Cobertura
		Abundancia
	Fauna	Distribución
		Abundancia
		Hábitat
Socioeconómico	Economía	Empleos
	Población	Riesgo
	Paisaje	Calidad
		Visibilidad

Derivado de lo anterior, los requisitos para la identificación y definición de los factores ambientales susceptibles de recibir impactos consideran los siguientes puntos:





- Ser representativos del entorno afectado, y por consiguiente del impacto total sobre el medio producido por la ejecución del Proyecto.
- Ser relevantes, es decir, portadores de información significativa sobre la magnitud e importancia del impacto.
- Ser excluyentes, sin solapamientos ni redundancias.
- De fácil identificación, tanto en su concepto como en su apreciación al utilizar información estadística, cartográfica o trabajos de campo.
- Cuantificables, dentro de lo posible.

V.2. Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales

Existe gran número de técnicas para identificar, describir y evaluar los impactos ambientales producidos por un Proyecto en particular, por lo que la elección de un método en específico depende de la complejidad del problema y de los datos requeridos por las propias metodologías. Por lo que es importante que la técnica elegida utilice de manera óptima la información recabada y se evite de este modo que la evaluación sea nada más una agregación de datos sin analizar.

Entre los métodos empleados para la evaluación de impacto ambiental destacan las listas de verificación, las matrices de interacción y la superposición de capas vectoriales de distintas temáticas. Las matrices interactivas (causa-efecto) por su facilidad de integrar la información han sido las más utilizadas en la evaluación de impacto ambiental, ya que permiten evaluar las acciones del Proyecto o actividades sobre los factores ambientales (Bojórquez-Tapia, L.A. y Ortega-Rubio, A.,1989).

Las principales ventajas de utilizar esta matriz consiste en que es muy útil como instrumento de selección para desarrollar una identificación de impactos y puede proporcionar un medio valioso para comunicarlos, al proporcionar un desarrollo visual de los elementos impactados y de las principales acciones que los producen, el uso de las matrices es un método ampliamente usado en los procesos de evaluación ya que facilitan el estudio de diversas actividades dentro del proceso, además de que puede ser utilizado como un método de resumen para la comunicación de resultados.

En el presente estudio se aplicó el método de “Matriz Interactiva de Leopold Modificada”. Esta técnica de identificación de impactos ambientales ayudará a la determinación de los componentes del área de estudio que resultarán impactados durante las etapas de implementación del Proyecto.



V.3. Caracterización de los impactos

Para identificar las interacciones existentes entre las actividades del Proyecto, sus componentes y factores ambientales, se elaboró la matriz de identificación de las interacciones ambientales (matriz de Leopold, modificada). Se ordenan sobre las columnas las actividades del Proyecto y sobre los renglones o filas se incluyen los factores ambientales a impactar. La existencia de interacción entre las actividades del Proyecto y los factores ambientales se resalta en la matriz de impacto rellenándose las celdas de intercepción, asimismo se asigna el carácter del impacto, el cual puede ser positivo (+) o negativo (-), como se observa en la tabla.



Tabla 3. Matriz de identificación de las interacciones ambientales del proyecto (-) Negativos y (+) Positivos

Medio	Componente	Factor	I.PREPARACION					II.CONSTRUCCIÓN			III.OPERACIÓN Y MANTENIMEINTO			IV.ABANDONO	
			Obras provisionales	Desmonte	Despalme	Relleno	Nivelación	Obra Hidráulica	Cimentación para plataforma	Instalaciones de servicio	Almacenes y distribución de materiales	Manejo y disposición de residuos	Retiro de obras provisionales para construcción	Desmantelamiento	Restauración
Abiótico	Suelo	Tipo de uso		(-)											
		Calidad		(-)	(-)										
						(-)	(-)								
			(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	
	Agua	Recarga							(-)		(-)				(+)
						(-)	(-)	(-)	(-)						(+)
	Aire	Calidad		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)
			(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)				(-)	(+)
	Ruido	Confort sonoro	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)





Medio	Componente	Factor	I.PREPARACION					II.CONSTRUCCIÓN			III.OPERACIÓN Y MANTENIMEINTO			IV.ABANDONO	
			Obras provisionales	Desmonte	Despalme	Relleno	Nivelación	Obra Hidráulica	Cimentación para plataforma	Instalaciones de servicio	Almacenes y distribución de materiales	Manejo y disposición de residuos	Retiro de obras provisionales para construcción	Desmantelamiento	Restauración
Biótico	Vegetación	Cobertura		(-)											(+)
		Abundancia		(-)											
				(-)											
	Fauna	Distribución		(-)											
		Abundancia		(-)											(+)
				(-)											
		Hábitat		(-)											(+)
Socioeconómico	Economía	Empleos	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
	Población	Riesgo		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	



Medio	Componente	Factor	I.PREPARACION					II.CONSTRUCCIÓN			III.OPERACIÓN Y MANTENIMEINTO			IV.ABANDONO	
			Obras provisionales	Desmonte	Despalme	Relleno	Nivelación	Obra Hidráulica	Cimentación para plataforma	Instalaciones de servicio	Almacenes y distribución de materiales	Manejo y disposición de residuos	Retiro de obras provisionales para construcción	Desmantelamiento	Restauración
	Paisaje	Calidad		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)				(-)	(+)
		Visibilidad	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)						(+)

	(+)	23
	(-)	88

Como se observa en la matriz anterior se identificaron un total de 111 interacciones de impacto de las cuales 23 se consideran positivos y 88 negativos. Siendo el medio socioeconómico el que registra el total de las interacciones positivas, denotando la importancia del proyecto sobre las condiciones socioeconómicas en la zona.

En lo que respecta a las interacciones negativas, éstas se distribuyen en su mayoría en el medio abiótico (suelo, aire y paisaje), seguido del medio socioeconómico y finalmente en el medio biótico, sin embargo, es en este componente donde se presenta el mayor número de interacciones sobre la vegetación y fauna. A continuación, se muestra a manera de gráfica lo mencionado con anterioridad.

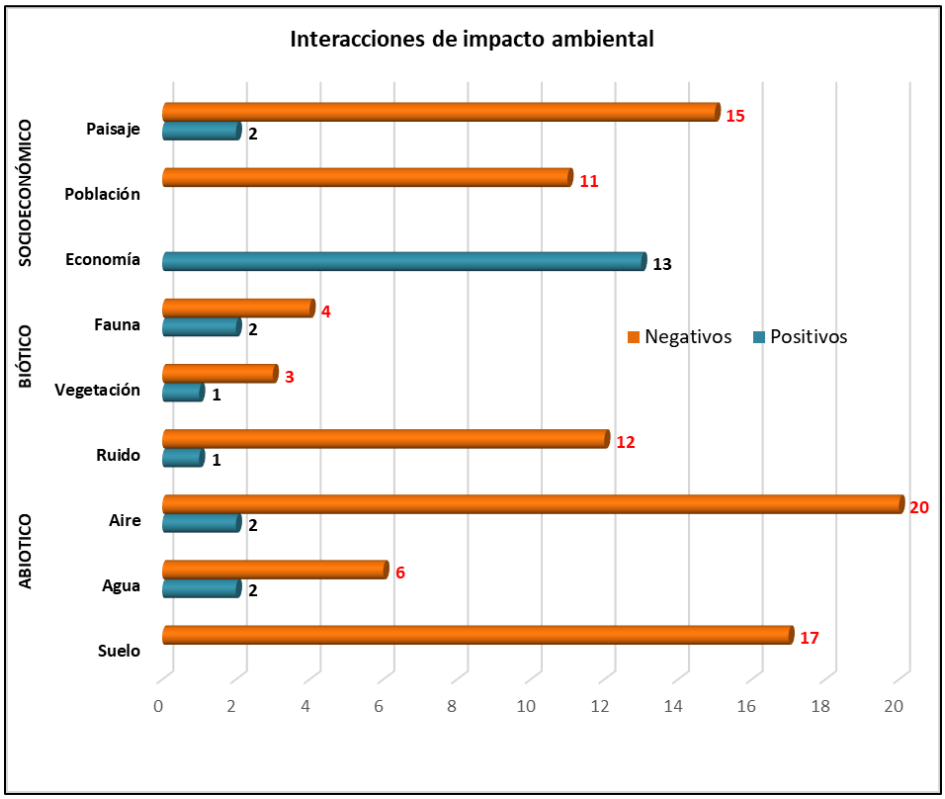


Figura 1. Distribución de interacciones por medio y componente ambiental.

En cuanto a cada etapa del proyecto se tiene que para la etapa I.- Preparación del sitio, las interacciones negativas son 46, mientras que el número de las interacciones positivas es de 5. Por su parte para la etapa II.-Construcción, el número de las interacciones negativas es de 23 y el número de interacciones positivas es de 3. Para la etapa III.- Operación y mantenimiento se registraron 13 interacciones negativas y 3 positivas. Finalmente, para la IV etapa de abandono

se registraron 6 interacciones negativas y 12 positivas, siendo la mayoría positivas dado que se considera un escenario de restauración del sitio.

En la gráfica siguiente se aprecia que la mayoría de las interacciones negativas se dará en la etapa de preparación del sitio y las positivas en los componentes ambientales en la etapa de abandono.

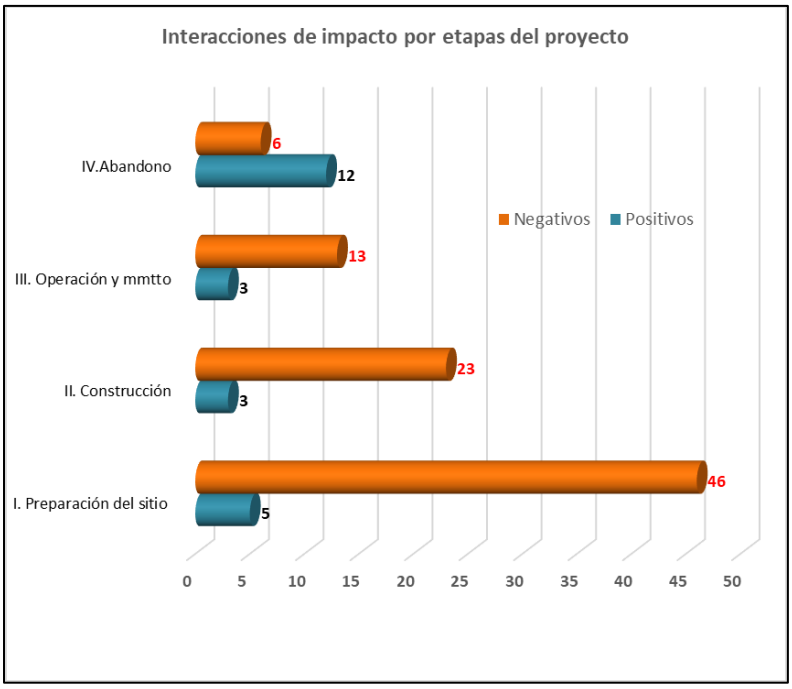


Figura 2. Interacciones por etapa del proyecto.

Dentro de la identificación de las interacciones, se consideró el análisis de su distribución de acuerdo con cada actividad y etapa del proyecto, lo cual muestra que las actividades de desmonte, despalme, rellenos y cimentación de la plataforma registran el mayor número de interacciones negativas. Mientras que, el mayor número de interacciones positivas se concentrará durante la etapa de abandono, particularmente en la actividad de restauración del sitio, toda vez que se ejecutarán medidas que contribuirán a restaurar el sitio del proyecto.

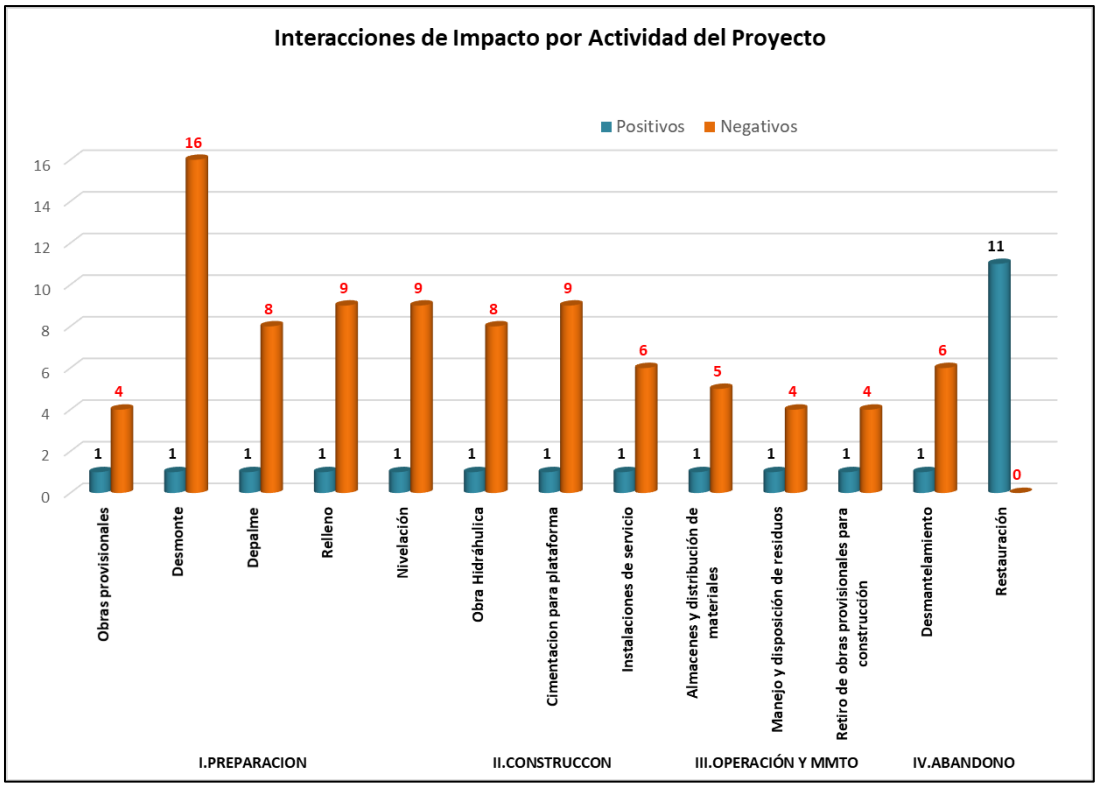


Figura 3. Distribución de las interacciones por etapa del proyecto.

Una vez reconocidas las interacciones positivas y negativas que pudieran producirse entre los componentes del ambiente, sus factores y las actividades inherentes al desarrollo del proyecto, se realizó la agrupación de aquellas que fueran similares en términos del efecto que provocaran sobre el medio, lo que permitió eliminar su duplicidad, y a partir de ello, denominar o "nombrar" a los impactos ambientales mediante frases que reflejaran la alteración o modificación que ocasionaran sobre los componentes y factores del ambiente.

V.4. Indicadores de impacto

El ámbito del medio afectado es difícil de establecer "a priori", puesto que los impactos que pueden generarse se distribuirán espacialmente de distinta forma según las características del entorno que se trate y de cada uno de los componentes ambientales que caracterizan al territorio. A nivel general, y teniendo en cuenta que estos criterios pueden modificarse notablemente según avance el estudio, se pueden considerar los siguientes indicadores de acuerdo con los distintos elementos del medio:

Conforme a la definición de "indicador", a continuación, se presenta un cuadro en el que se incluyen los factores ambientales que serán impactados por las acciones del proyecto y los



indicadores que permiten dimensionar la magnitud e importancia de los impactos negativos, ocasionados al ambiente de la zona donde se ejecuta la obra.

Tabla 4 Indicadores de impacto por componente ambiental.

COMPONENTE	FACTOR	IMPACTO	INDICADOR
SUELO	Tipo de uso	Cambios en el uso de suelo Modificación del uso de suelo actual	Superficie transformada (m2 o ha) por tipo de uso de suelo
	Calidad	Erosión del suelo Incremento de la susceptibilidad erosiva	Tasa de erosión potencial (t/ha/año)
		Modificación de la morfología del suelo	Volumen de material removido o compactado (m3)
		Contaminación por residuos sólidos urbanos, peligrosos y de manejo especial.	Concentración de contaminantes en suelo (mg o kg) o número de incidencias que se susciten por contaminación
		Contaminación por aguas residuales Modificación de la calidad del suelo por derrame de aguas residuales	Número de incidencias que se susciten por descarga o vertimiento directo al suelo y/o algún cuerpo de agua cercano al proyecto.
AGUA	Recarga	Infiltración al subsuelo Reducción de la infiltración al subsuelo	Superficie (m2 o ha) en la que se desplante infraestructura comparada con la superficie permeable del proyecto
		Escurrimiento superficial incremento del escurrimiento superficial	
AIRE	Calidad	Emisión de gases de combustión de maquinaria y vehículos Modificación de la calidad del aire por emisión de gases …	Uso de maquinaria y vehículos de combustión que generan emisiones a la atmósfera.
		Emisión de partículas (polvo) Modificación de la calidad del aire por emisión de…	Emisión de partículas sólidas (polvo).
RUIDO	Confort sonoro	Alteración por ruido Modificación del confort sonoro	Niveles de ruidos emitidos o nivel de presión sonora (dB(A)) de acuerdo con el equipo utilizado.
VEGETACIÓN	Cobertura	Disminución y/o eliminación de la cobertura	Superficie de cobertura vegetal que será eliminada (m2 o ha o %)

COMPONENTE	FACTOR	IMPACTO	INDICADOR
	Abundancia	Variación en la abundancia por la afectación de individuos	Número de individuos por especie que será eliminado
		Afectación de individuos de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010	Número de individuos por especie en la NOM-059 que será eliminado
FAUNA	Distribución	Desplazamiento de individuos	Número de individuos por especie que serán desplazados o Frecuencia de avistamientos de individuos por especie
	Abundancia	Variación en la abundancia por riesgo de afectación a individuos.	Número de individuos por especie que resulten afectados o Índice de mortalidad (%) por la ejecución del proyecto.
		Afectación de individuos de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010	Número de individuos por especie en la NOM-059 que será eliminado
		Variación en la abundancia por riesgo de afectación a individuos de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010	Número de individuos por especie en la NOM-059 que resulten afectados o índice de mortalidad de individuos de especies en la NOM-059
	Hábitat	Perturbación del hábitat Reducción de las áreas de ocupación de la fauna	Superficie (m2 o ha) en la que se realice la remoción de vegetación, que supone la reducción del hábitat o Superficie de hábitat disponible (m2 o ha)
ECONOMÍA	Empleos	Generación de fuentes de empleo Incremento en las fuentes de empleo	Número de empleos generados en todas las etapas del proyecto.
POBLACIÓN	Riesgo	Afectación a integridad humana por accidentes	Número de accidentes laborales en cada una de las etapas del proyecto.
PAISAJE	Calidad	Mala calidad visual del entorno inmediato por generación de contaminantes y/o partículas	Número de reportes o incidencias por la generación de contaminantes y partículas.
	Visibilidad	Perturbación de la visibilidad del paisaje	Distancia de visibilidad (m o km) o índice de opacidad (%)



V.5. Valoración de los impactos

Los criterios y métodos de evaluación del impacto ambiental pueden definirse como aquellos elementos que permiten valorar el impacto ambiental de un Proyecto o actuación sobre el medio ambiente. En ese sentido estos criterios y métodos tienen una función similar a los de la valoración del inventario, puesto que los criterios permiten evaluar la importancia de los impactos producidos, mientras que los métodos de evaluación lo que tratan es de valorar conjuntamente el impacto global de la obra. La metodología que se emplea es una variante específica de los Métodos de Índices y Evaluación Multicriterio, utilizada frecuentemente en México para la elaboración de Manifestaciones de Impacto Ambiental (MIA) y basada, en gran medida, en la propuesta metodológica de Bojórquez-Tapia et al. (1998)

Para la valoración se procede a calificar el impacto ambiental considerando los criterios: básicos (intensidad del impacto, extensión del efecto y duración de la acción) y complementarios (sinergia, acumulación, controversia y mitigación), como se presenta en la tabla de valoración, en donde cada valor va de acuerdo al componente que se evalúa.

Los criterios de valoración están diferenciados en dos categorías, la primera evalúa el medio abiótico y biótico, mientras que la segunda evalúa el medio socioeconómico. Esta separación de medios es con el fin de poder evaluar adecuadamente la significancia de los posibles impactos ambientales en las etapas: preparación de sitio, construcción; operación y mantenimiento.



Tabla 5. Criterios básicos y complementarios para valorar el medio biótico y abiótico.

ESCALA	INTENSIDAD DEL EFECTO (I)	EXTENSIÓN DEL EFECTO (E)	DURACIÓN DEL EFECTO (D)	SINERGIA (S)	ACUMULACIÓN (A)	CONTROVERSIA (C)	MITIGACIÓN (M)
	Definida por la superficie proporcional del recurso dentro de la poligonal del sistema ambiental y el predio que se verá dañado por determinada acción o actividad del proyecto, o bien, por el límite permisible de las afectaciones que causará determinada acción con respecto a lo establecido en la normativa correspondiente.	Definida por el alcance del efecto a partir del sitio en donde se genera dicho efecto.	Extensión en el tiempo del efecto generado por determinada acción o actividad del Proyecto	Definidas por el grado de interacción entre impactos	Definidas por el nivel de acumulación entre impactos	Definida por la existencia de normatividad ambiental aplicable y la percepción del recurso por la sociedad civil.	Definida por la existencia y efectividad de las medidas de mitigación.
0				**Nula.** Cuando no se presentan interacciones entre impactos	**Nula.** Cuando no se presentan efectos aditivos entre impactos	**No existe**. Cuando la acción está regulada por la normativa ambiental y la sociedad civil local y regional **NO** manifiestan preocupación por la acción o por el recurso	**Nula**. No hay medidas de mitigación
1	**Mínima:** Cuando la afectación cubre 10 % o menos del total de los recursos existentes o cuando los valores de la afectación representan 50 % del límite permisible en la normativa aplicable.	**Puntual:** Si el efecto no rebasa el área de influencia	**Corta:** Cuando el efecto dura menos de 1 mes	**Ligera.** Cuando el efecto producido por la suma de las interacciones (efectos simples) es ligeramente superior a las mismas	**Poca.** Cuando se presentan efectos aditivos entre dos acciones sobre el mismo componente ambiental	**Mínima**. Cuando la acción está regulada por la normativa ambiental y la sociedad civil local manifiesta preocupación por la acción o el recurso.	**Baja**. Si la medida de mitigación aminora la afectación en menos de un 24 %
2	**Moderada:** Cuando la afectación cubre el 10 al 50% del total de los recursos existentes o si los valores de afectación	**Local:** Si el efecto ocurre entre el área de influencia y el	**Mediana:** Cuando el efecto dura	**Moderada.** Cuando el efecto producido por la suma de las interacciones	**Media**. Cuando se presentan efectos aditivos entre tres	**Moderada**. Cuando la acción está regulada por la normativa ambiental y/o la	**Media**. Si la medida de mitigación aminora las





ESCALA	INTENSIDAD DEL EFECTO (I)	EXTENSIÓN DEL EFECTO (E)	DURACIÓN DEL EFECTO (D)	SINERGIA (S)	ACUMULACIÓN (A)	CONTROVERSIA (C)	MITIGACIÓN (M)
	representan entre 51 a 100 % del límite permisible.	límite del área de estudio	entre 1 mes y 1.5 años	(efectos simples) no rebasa el doble de las mismas	acciones sobre el mismo componente	sociedad civil local y regional manifiesta su preocupación por la acción o el recurso.	afectaciones entre 25 y 74%
3	**Alta:** cuando la afectación cubre más de 50 % del total de los recursos existentes o si los valores de afectación rebasan el límite permisible por la normativa aplicable.	**Regional:** Si el efecto rebasa el área de estudio	**Larga:** cuando el efecto dura más de 1.5 años	**Fuerte.** Cuando el efecto producido por la suma de las interacciones (efectos simples) duplica o rebasa a las mismas.		**Alta**. Cuando la acción NO está regulada por la normativa ambiental y la sociedad civil local y regional manifiestan preocupación por la acción y por el recurso.	**Alta**. Si la medida de mitigación aminora la afectación en un 75 % o más

Tabla 6. Criterios básicos y complementarios para valorar el medio socioeconómico.

Escala	Intensidad Del Efecto	Extensión del Efecto (E)	Duración del Efecto (D)	Sinergia (S)	Acumulación (A)	Controversia (C)	Mitigación (M)
	Definida por la mejora del componente económico, por la población que se verá afectada por la ejecución del proyecto, así como, por la superficie proporcional del paisaje que se verá afectado por determinada acción o actividad del proyecto o bien por el límite permisible de las afectaciones que causará determinada	Definida por el alcance espacial de la mejora del componente económico y el alcance de los impactos para la población que se verá afectada por la ejecución del proyecto, así como, por la superficie proporcional del paisaje que se verá afectado por determinada acción o actividad del proyecto o bien por el límite permisible de las afectaciones que causará determinada acción con	Definida por la extensión en el tiempo de la mejora del componente	Definido por el grado de interacción entre impactos	Definida por el nivel de acumulación entre impactos (No aplica para impactos positivos)	Definida por la percepción del Proyecto por la sociedad civil (No aplica para impactos positivos)	Definida por la existencia de medidas y/o recomendaciones que aseguren la mejora del efecto. (No aplica para impactos positivos)



Escala	Intensidad Del Efecto	Extensión del Efecto (E)	Duración del Efecto (D)	Sinergia (S)	Acumulación (A)	Controversia (C)	Mitigación (M)
	acción con respecto a lo establecido con la norma correspondiente.	respecto a lo establecido en la norma.					
0				**Nula:** Cuando no se presentan interacciones entre impactos	**Nula**: Cuando no se presentan efectos aditivos entre impactos	**No existe**: Cuando la sociedad civil local y regional NO manifiesta preocupación por el Proyecto	**No existe**: No existen medidas de mitigación
1	**Mínima**: Cuando el componente se mejora 25% o menos. Cuando se presenta de 0-1 accidentes por día. Mala calidad visual del entorno inmediato por afectaciones menores al 50% de los límites permisibles. Cuando la actividad afecte menos del 50% del fondo escénico.	**Puntual**: Cuando la mejora del componente se refleja sólo en las localidades por las que se ejecuta el Proyecto. Cuando los accidentes son en el sitio del proyecto. Cuando los accidentes son de menor gravedad. Cuando se afecta localidad visual del entorno inmediato y se perturba la visibilidad en menos de un 50%.	**Corta**: La mejora del componente se manifiesta sólo durante las actividades de preparación del sitio. Cuando un accidente es de menor gravedad. Cuando la afectación al paisaje solo presenta en las actividades de preparación del sitio y construcción.	**Ligera**: Cuando el efecto producido por la suma de las interacciones (efectos simples) es ligeramente superior a las mismas.	**Poca**: Cuando se presentan efectos aditivos entre dos acciones diferentes sobre el mismo componente ambiental	**Mínima**: Cuando la sociedad civil local manifiesta preocupación por el Proyecto	**Existe**: Cuando existen medidas y/o recomendaciones que aminoren el impacto sobre el medio socioeconómico.
2	**Moderada**: Cuando el componente se mejora entre 26 y 75%. Cuando se presentan de 2 accidentes a más al día. Mala calidad visual del entorno inmediato por	**Local**: Cuando la mejora del componente se refleja en las localidades y municipios en los que se ejecuta el Proyecto. Cuando los accidentes ocurren fuera del sitio del proyecto. Cuando los	**Mediana**: La mejora del componente dura sólo hasta la entrada en operación del Proyecto y/o hasta su tiempo de vida útil. Cuando el	**Moderada**: Cuando el efecto producido por la suma de las interacciones (efectos simples) no rebasa el doble de las mismas	**Media**: Cuando se presentan efectos aditivos entre tres acciones diferentes sobre el mismo componente ambiental	**Moderada**: Cuando la sociedad civil local manifiesta objeción por el Proyecto	

Escala	Intensidad Del Efecto	Extensión del Efecto (E)	Duración del Efecto (D)	Sinergia (S)	Acumulación (A)	Controversia (C)	Mitigación (M)
	afectaciones mayores al 50%. Cuando la actividad afecte más del 50% del fondo escénico.	accidentes son de mayor gravedad. Cuando se afecta la calidad visual del entorno y se perturba la visibilidad mayor a un 50%.	accidente es de mayor gravedad. Cuando la afectación al paisaje se presenta durante la vida útil del proyecto.				

Los criterios de las tablas anteriores se utilizan posteriormente para evaluar los Índices Básico y Complementario respectivamente; con la evaluación de estos índices se procede a calcular el Índice de Impacto, a partir de este último y con la valoración de las medidas de mitigación se obtiene la significancia del impacto; de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

Índice Básico. Este índice se obtiene utilizando tres criterios básicos (intensidad, extensión y duración) mediante la siguiente ecuación:

$$IB_{ij} = \frac{I_{ij} + E_{ij} + D_{ij}}{9}$$

Dónde:

Iij = intensidad del impacto

Eij = extensión del impacto

Dij = duración de la acción

El origen de la escala de valoración es de 0.33, debido a que es el valor más bajo que se puede obtener para este índice va de $0.33 \leq IB \leq 1$

Índice Complementario. Para el cálculo de este índice se utilizan tres de los criterios complementarios (sinergia, acumulación y controversia) mediante la siguiente fórmula:

Para los factores abióticos, bióticos y socioeconómicos:

$$IC_{ij} = \frac{S_{ij} + A_{ij} + C_{ij}}{9}$$

Dónde:

Sij = Sinergia

Aij = Acumulación

Cij = Controversia

En este índice el origen de la escala es cero debido a que es el valor más bajo posible de obtener, por los que sus valores pueden ubicarse en el siguiente intervalo: $0 \leq IC \leq 1$.

Índice del Impacto sin medidas de mitigación: El índice de impacto está dado por la combinación de los criterios básicos y complementarios.

Cuando existe alguno de los criterios complementarios (sinergia, acumulación y controversia), el valor de impacto se incrementa. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$II_{ij} = IB_{ij}^{(1-IC_{ij})}$$

Dónde:

IBij = Índice Básico

ICij = Índice Complementario

Índice del impacto con medidas de mitigación: Obtenidos los indicadores IB, IC e II (Índice básico, complementario y de impacto, respectivamente) se procedió a calcular el índice del impacto con medidas de mitigación, tomando en consideración su existencia y, en su caso, eficiencia esperada (Mij), utilizando la siguiente fórmula:

Para medio abiótico y biótico: $\boldsymbol{S_{ij} = II_{ij} \cdot \left(1 - \frac{M_{ij}}{3}\right)}$
Para medio socioeconómico: $\boldsymbol{S_{ij} = II_{ij} \cdot \left(1 - M_{ij}\right)}$

Dónde:
IIij = *Índice de impacto*
Mij = *Existencia y eficiencia de las medidas de mitigación*

Significancia el impacto: De acuerdo con los valores obtenidos para el índice del impacto, se otorgaron los valores de significancia, según los siguientes intervalos:

- Impacto no significativo (NS): **0.000 a 0.200**
- Impacto poco significativo (PS): **0.201 a 0.400**
- Impacto moderadamente significativo (MS): **0.401 a 0.600**
- Impacto significativo (S): **0.601 a 0.800**
- Impacto muy significativo (MMS): **0.801 a 1.000**

Después de asignar las categorías de impacto, y realizar los cálculos de índices correspondientes se obtuvieron los resultados de la siguiente tabla.



Tabla 7. Matriz de Leopold modificada para determinar la valoración de los impactos ambientales nivel de significancia: Impacto no significativo (NS), impacto poco significativo (PS), impacto moderadamente significativo (MS), impacto significativo (S) e impacto muy significativo (MMS), ver Anexo 30 (Digital).

Medio	Componente	Factor	Impacto	Actividad	Intensidad (I)	Extensión (E)	Duración (D)	Sinergia (S)	Acumulación (A)	Controversia (C)	Índice Básico (IB)	Indice complementario (IC)	1-IC	Índice de impacto sin medidas (II)	Carácter	Significancia de impactos sin medidas	Eficiencia de medida de mitigación (M)	Índice del impacto con medidas (Sij)	Significancia de impacto con medidas
Abiótico	Suelo	Tipos de uso	Cambios de uso de suelo	Desmonte	1	1	3	3	2	1	0.556	0.667	0.333	**0.822**	(-)	MMS	0	NA	NA
		Calidad	Erosión del suelo	Desmonte	2	1	3	3	2	0	0.667	0.556	0.444	**0.835**	(-)	MMS	1	NA	NA
				Despalme	2	1	3	3	2	0	0.667	0.556	0.444	**0.835**	(-)	MMS	1	NA	NA
			Modificación de la morfología del terreno	Relleno	2	1	3	3	2	0	0.667	0.556	0.444	**0.835**	(-)	MMS	0	NA	NA
				Nivelación	2	1	3	3	2	0	0.667	0.556	0.444	**0.835**	(-)	MMS	1	NA	NA
			Contaminación por residuos	Obras provisionales	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	MS	2	NA	NA
				Desmonte	1	1	1	1	2	1	0.333	0.444	0.556	**0.543**	(-)	MS	2	NA	NA
				Despalme	1	1	1	2	2	0	0.333	0.444	0.556	**0.543**	(-)	MS	2	NA	NA
				Relleno	1	1	1	2	2	0	0.333	0.444	0.556	**0.543**	(-)	MS	2	NA	NA
				Nivelación	1	1	1	2	2	0	0.333	0.444	0.556	**0.543**	(-)	MS	2	NA	NA
				Obra Hidráulica	1	1	1	2	2	0	0.333	0.444	0.556	**0.543**	(-)	MS	2	NA	NA
				Cimentación para plataforma	1	1	1	2	2	0	0.333	0.444	0.556	**0.543**	(-)	MS	2	NA	NA
				Instalaciones de servicio	1	1	1	2	2	0	0.333	0.444	0.556	**0.543**	(-)	MS	2	NA	NA
				Almacenes y distribución de materiales	1	1	1	2	2	0	0.333	0.444	0.556	**0.543**	(-)	MS	2	NA	NA
				Manejo y disposición de residuos	1	1	1	2	2	0	0.333	0.444	0.556	**0.543**	(-)	MS	2	NA	NA





Medio	Componente	Factor	Impacto	Actividad	Intensidad (I)	Extensión (E)	Duración (D)	Sinergia (S)	Acumulación (A)	Controversia (C)	Índice Básico (IB)	Indice complementario (IC)	1-IC	Índice de impacto sin medidas (II)	Carácter	Significancia de impactos sin medidas	Eficiencia de medida de mitigación (M)	Índice del impacto con medidas (Sij)	Significancia de impacto con medidas
				Retiro de obras provisionales para construcción	1	1	1	2	2	0	0.333	0.444	0.556	**0.543**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Desmantelamiento	1	1	1	2	2	0	0.333	0.444	0.556	**0.543**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
	Agua	Recarga	Infiltración	Cimentación para plataforma	2	1	3	3	2	0	0.667	0.556	0.444	**0.835**	(-)	**MMS**	0	NA	**NA**
				Almacenes y distribución de materiales	2	1	3	3	2	0	0.667	0.556	0.444	**0.835**	(-)	**MMS**	0	NA	**NA**
				Restauración	2	1	3	3	2	0	0.667	0.556	0.444	**0.835**	(+)	**MMS**	0	NA	**NA**
			Escurrimiento	Relleno	1	1	1	2	2	0	0.333	0.444	0.556	**0.543**	(-)	**MS**	1	NA	**NA**
				Nivelación	1	1	1	2	2	0	0.333	0.444	0.556	**0.543**	(-)	**MS**	1	NA	**NA**
				Obra Hidráulica	1	1	1	2	2	0	0.333	0.444	0.556	**0.543**	(-)	**MS**	1	NA	**NA**
				Cimentación para plataforma	1	1	1	2	2	0	0.333	0.444	0.556	**0.543**	(-)	**MS**	1	NA	**NA**
				Restauración	2	1	3	3	2	0	0.667	0.556	0.444	**0.835**	(+)	**MMS**	0	NA	**NA**
	Aire	Calidad	Emisión de gases de combustión de maquinaria y vehículos	Desmonte	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Despalme	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Relleno	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Nivelación	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Obra Hidráulica	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Cimentación para plataforma	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Instalaciones de servicio	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Almacenes y distribución de materiales	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**



Medio	Componente	Factor	Impacto	Actividad	Intensidad (I)	Extensión (E)	Duración (D)	Sinergia (S)	Acumulación (A)	Controversia (C)	Índice Básico (IB)	Indice complementario (IC)	1-IC	Índice de impacto sin medidas (II)	Carácter	Significancia de impactos sin medidas	Eficiencia de medida de mitigación (M)	Índice del impacto con medidas (Sij)	Significancia de impacto con medidas
				Manejo y disposición de residuos	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Retiro de obras provisionales para construcción	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Desmantelamiento	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Restauración	2	1	3	3	2	0	0.667	0.556	0.444	**0.835**	(+)	**MMS**	0	NA	**NA**
			Emisión de partículas (polvo)	Obras provisionales	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Desmonte	1	1	1	1	2	1	0.333	0.444	0.556	**0.543**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Despalme	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Relleno	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Nivelación	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Obra Hidráulica	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Cimentación para plataforma	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Instalaciones de servicio	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Desmantelamiento	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Restauración	2	1	3	3	2	0	0.667	0.556	0.444	**0.835**	(+)	**MMS**	0	NA	**NA**
	Ruido	Confort sonoro	Alteración por ruido	Obras provisionales	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Desmonte	1	1	3	3	2	1	0.556	0.667	0.333	**0.822**	(-)	**MMS**	2	NA	**NA**
				Despalme	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Relleno	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Nivelación	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Obra Hidráulica	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**



Medio	Componente	Factor	Impacto	Actividad	Intensidad (I)	Extensión (E)	Duración (D)	Sinergia (S)	Acumulación (A)	Controversia (C)	Índice Básico (IB)	Indice complementario (IC)	1-IC	Índice de impacto sin medidas (II)	Carácter	Significancia de impactos sin medidas	Eficiencia de medida de mitigación (M)	Índice del impacto con medidas (Sij)	Significancia de impacto con medidas
				Cimentación para plataforma	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Instalaciones de servicio	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Almacenes y distribución de materiales	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Manejo y disposición de residuos	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Retiro de obras provisionales para construcción	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Desmantelamiento	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Restauración	2	1	3	3	2	0	0.667	0.556	0.444	**0.835**	(+)	**MMS**	0	NA	**NA**
Biótico	**Vegetación**	Cobertura	Eliminación de la cobertura vegetal	Desmonte	1	1	3	3	2	1	0.556	0.667	0.333	**0.822**	(-)	**MMS**	0	NA	**NA**
				Restauración	2	1	3	3	2	0	0.667	0.556	0.444	**0.835**	(+)	**MMS**	0	NA	**NA**
		Abundancia	Variación en la abundancia por la afectación de individuos	Desmonte	1	1	3	3	2	1	0.556	0.667	0.333	**0.822**	(-)	**MMS**	0	NA	**NA**
			Afectación de flora en NOM-059-SEMARNAT-2010	Desmonte	1	1	3	3	2	1	0.556	0.667	0.333	**0.822**	(-)	**MMS**	1	NA	**NA**
	Fauna	Distribución	Desplazamiento de individuos	Desmonte	1	1	1	3	2	0	0.333	0.556	0.444	**0.614**	(-)	**S**	1	NA	**NA**
		Abundancia	Variación en la abundancia: riesgo de afectación a individuos	Desmonte	1	1	1	3	2	0	0.333	0.556	0.444	**0.614**	(-)	**S**	0	NA	**NA**
				Restauración	2	1	3	3	2	0	0.667	0.556	0.444	**0.835**	(+)	**MMS**	0	NA	**NA**
			Afectación de fauna en NOM-059-SEMARNAT-2010	Desmonte	1	1	3	3	2	1	0.556	0.667	0.333	**0.822**	(-)	**MMS**	1	NA	**NA**
		Hábitat		Desmonte	1	1	1	3	2	0	0.333	0.556	0.444	**0.614**	(-)	**S**	0	NA	**NA**





Medio	Componente	Factor	Impacto	Actividad	Intensidad (I)	Extensión (E)	Duración (D)	Sinergia (S)	Acumulación (A)	Controversia (C)	Índice Básico (IB)	Indice complementario (IC)	1-IC	Índice de impacto sin medidas (II)	Carácter	Significancia de impactos sin medidas	Eficiencia de medida de mitigación (M)	Índice del impacto con medidas (Sij)	Significancia de impacto con medidas
			Perturbación del hábitat	Restauración	2	1	3	3	2	0	0.667	0.556	0.444	**0.835**	(+)	MMS	0	NA	NA
Socio-economico	Economía	Empleos	Generación de fuentes de empleo	Desmonte	1	1	1	1	1	1	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(+)	MS	3	NA	NA
				Desmonte	1	1	1	1	1	1	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(+)	MS	3	NA	NA
				Despalme	1	1	1	1	1	0	0.333	0.222	0.778	**0.426**	(+)	MS	3	NA	NA
				Relleno	1	1	1	1	1	0	0.333	0.222	0.778	**0.426**	(+)	MS	3	NA	NA
				Nivelación	1	1	1	1	1	0	0.333	0.222	0.778	**0.426**	(+)	MS	3	NA	NA
				Obra Hidráulica	1	1	1	1	1	0	0.333	0.222	0.778	**0.426**	(+)	MS	3	NA	NA
				Cimentación para plataforma	1	1	1	1	1	0	0.333	0.222	0.778	**0.426**	(+)	MS	3	NA	NA
				Instalaciones de servicio	1	1	1	1	1	0	0.333	0.222	0.778	**0.426**	(+)	MS	3	NA	NA
				Almacenes y distribución de materiales	1	1	1	1	1	0	0.333	0.222	0.778	**0.426**	(+)	MS	3	NA	NA
				Manejo y disposición de residuos	1	1	2	1	1	0	0.444	0.222	0.778	**0.532**	(+)	MS	3	NA	NA
				Retiro de obras provisionales para construcción	1	1	2	1	1	0	0.444	0.222	0.778	**0.532**	(+)	MS	3	NA	NA
				Desmantelamiento	1	1	2	1	1	0	0.444	0.222	0.778	**0.532**	(+)	MS	3	NA	NA
				Restauración	2	1	3	3	2	0	0.667	0.556	0.444	**0.835**	(+)	MMS	0	NA	NA
	Población	Riesgo	Afectación a integridad humana por accidentes	Desmonte	1	1	1	1	1	0	0.333	0.222	0.778	**0.426**	(-)	MS	3	NA	NA
				Despalme	1	1	1	1	1	0	0.333	0.222	0.778	**0.426**	(-)	MS	3	NA	NA
				Relleno	1	1	1	1	1	0	0.333	0.222	0.778	**0.426**	(-)	MS	3	NA	NA
				Nivelación	1	1	1	1	1	0	0.333	0.222	0.778	**0.426**	(-)	MS	3	NA	NA
				Obra Hidráulica	1	1	1	1	1	0	0.333	0.222	0.778	**0.426**	(-)	MS	3	NA	NA
				Cimentación para plataforma	1	1	1	1	1	0	0.333	0.222	0.778	**0.426**	(-)	MS	3	NA	NA





Medio	Componente	Factor	Impacto	Actividad	Intensidad (I)	Extensión (E)	Duración (D)	Sinergia (S)	Acumulación (A)	Controversia (C)	Índice Básico (IB)	Indice complementario (IC)	1-IC	Índice de impacto sin medidas (II)	Carácter	Significancia de impactos sin medidas	Eficiencia de medida de mitigación (M)	Índice del impacto con medidas (Sij)	Significancia de impacto con medidas
				Instalaciones de servicio	1	1	1	1	1	0	0.333	0.222	0.778	**0.426**	(-)	**MS**	3	NA	**NA**
				Almacenes y distribución de materiales	1	1	1	1	1	0	0.333	0.222	0.778	**0.426**	(-)	**MS**	3	NA	**NA**
				Manejo y disposición de residuos	1	1	1	1	1	0	0.333	0.222	0.778	**0.426**	(-)	**MS**	3	NA	**NA**
				Retiro de obras provisionales para construcción	1	1	1	1	1	0	0.333	0.222	0.778	**0.426**	(-)	**MS**	3	NA	**NA**
				Desmantelamiento	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
	Paisaje	Calidad	Mala calidad visual del entorno inmediato por generación de contaminantes y/o particulas	Desmonte	2	1	1	1	2	0	0.444	0.333	0.667	**0.582**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Despalme	2	1	1	1	2	0	0.444	0.333	0.667	**0.582**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Relleno	2	1	1	1	2	0	0.444	0.333	0.667	**0.582**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Nivelación	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Obra Hidráulica	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Cimentación para plataforma	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Instalaciones de servicio	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Desmantelamiento	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	2	NA	**NA**
				Restauración	2	1	3	3	2	0	0.667	0.556	0.444	**0.835**	(+)	**MMS**	0	NA	**NA**
		Visibilidad	Perturbación de la visibilidad	Obras provisionales	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(-)	**MS**	1	NA	**NA**
				Desmonte	2	1	1	1	2	0	0.444	0.333	0.667	**0.582**	(-)	**MS**	1	NA	**NA**
				Despalme	2	1	1	2	2	0	0.444	0.444	0.556	**0.637**	(-)	**S**	1	NA	**NA**
				Relleno	2	1	1	2	2	0	0.444	0.444	0.556	**0.637**	(-)	**S**	1	NA	**NA**
				Nivelación	2	1	1	2	2	0	0.444	0.444	0.556	**0.637**	(-)	**S**	1	NA	**NA**
				Obra Hidráulica	2	1	1	2	2	0	0.444	0.444	0.556	**0.637**	(-)	**S**	1	NA	**NA**





Medio	Componente	Factor	Impacto	Actividad	Intensidad (I)	Extensión (E)	Duración (D)	Sinergia (S)	Acumulación (A)	Controversia (C)	Índice Básico (IB)	Indice complementario (IC)	1-IC	Índice de impacto sin medidas (II)	Carácter	Significancia de impactos sin medidas	Eficiencia de medida de mitigación (M)	Índice del impacto con medidas (Sij)	Significancia de impacto con medidas
				Cimentación para plataforma	2	1	1	2	2	0	0.444	0.444	0.556	**0.637**	(-)	**S**	1	NA	**NA**
				Desmantelamiento	1	1	1	1	2	0	0.333	0.333	0.667	**0.481**	(+)	**MS**	2	NA	**NA**

V.6 Evaluación sin medidas de mitigación

De acuerdo con la información proporcionada en apartados anteriores se discute y analizan los impactos relevantes y significativos que el proyecto puede ocasionar sin la aplicación de medidas de mitigación.

La evaluación de impacto ambiental determinó una incidencia de 88 factores negativos y 23 positivos. En cuanto a su jerarquización por nivel de significancia, se estratificaron 68 moderados, 12 muy significativos y 8 de carácter significativo. Por su parte, la vertiente positiva registró 12 impactos moderados y 11 muy significativos, estos últimos atribuidos directamente a las acciones de restauración ecológica programadas. Con base en la distribución estadística de la gráfica adjunta, se concluye que la fase constructiva —caracterizada por procesos de desmonte, cortes, rellenos y la construcción de losas de concreto hidráulico— constituye la principal fuente de perturbación sobre los componentes bióticos y abióticos del sitio del proyecto, la distribución de los impactos se visualiza en la siguiente gráfica.

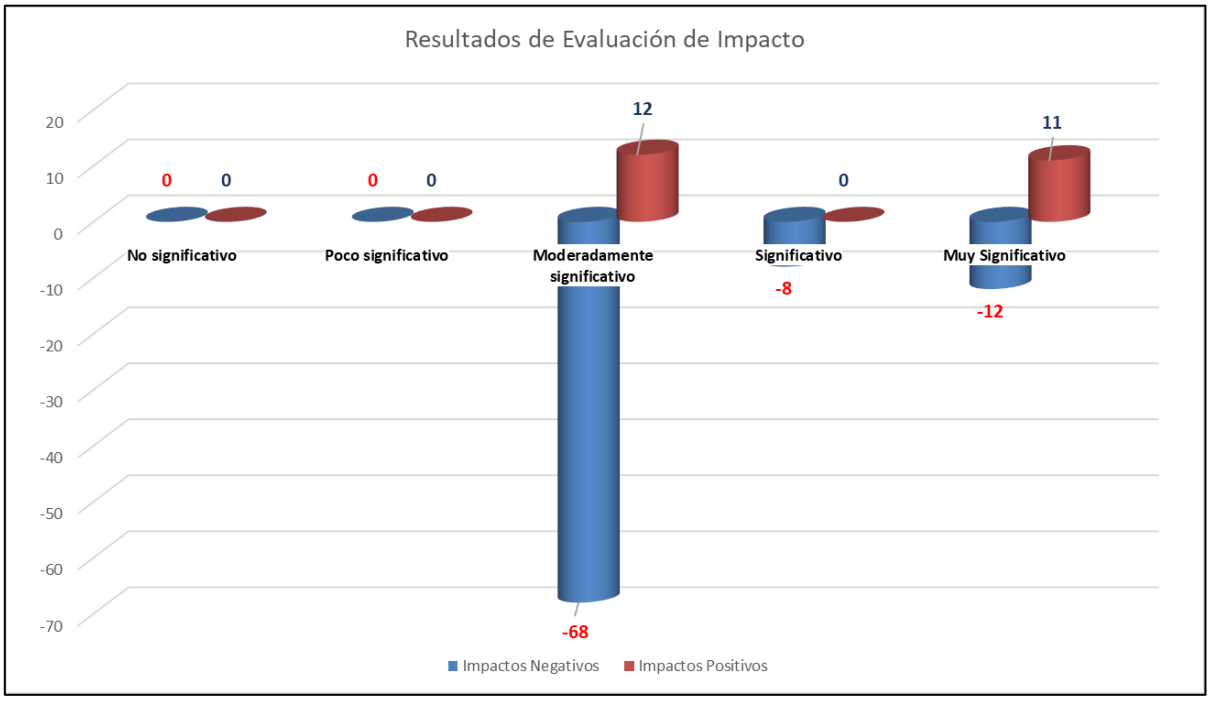


Figura 4 Representación de la significancia de los impactos ambientales.

En cuanto a la distribución cronológica de las incidencias, la mayor concentración de impactos negativos se localiza en la etapa de Preparación del Sitio, la cual representa el 46% del total. Le

siguen en orden de relevancia la fase de Construcción con un 24%, la de Abandono con un 16% y, finalmente, la etapa de Operación y Mantenimiento con el 14% restante. Esta jerarquización, detallada en la gráfica subsecuente, confirma que las actividades iniciales de preparación del sitio son las que generan la mayor presión ambiental del proceso constructivo del proyecto

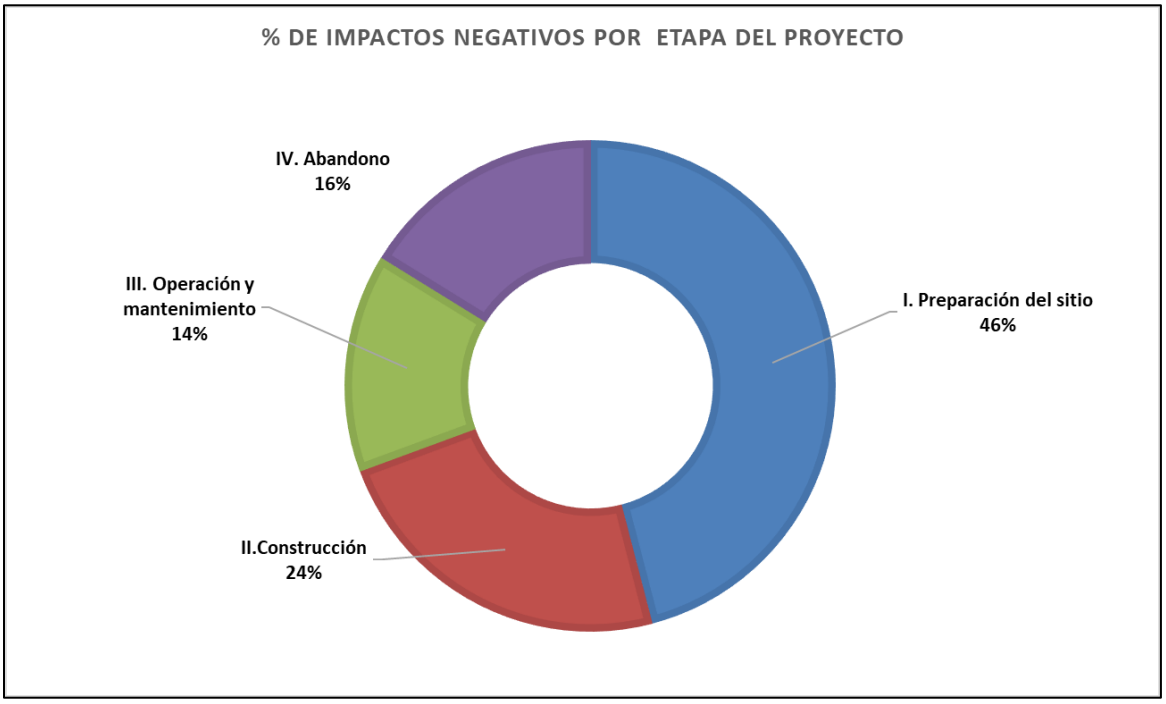


Figura 5 Representación del porcentaje de la significancia de los impactos ambientales por etapa constructiva.

Con la finalidad de presentar visualmente la valoración de los impactos de acuerdo con el nivel de significación en la matriz de evaluación se empleó la siguiente escala de colores.

Tabla 8. Evaluación (escala de colores).

Cat	Color	Nivel
MMS		Muy significativo
S		Significativo
MS		Moderadamente Significativo
PS		Poco Significativo
NS		No Significativo
POSITIVO	Sin color	Impacto Positivo



Tabla 9. Matriz de resultados de la valoración de impactos (Significancia de los impactos ambientales sin medidas de mitigación). Impacto no significativo (NS), impacto poco significativo (PS), impacto moderadamente significativo (MS), impacto significativo (S) e impacto muy significativo (MMS)

Medio	Componente	Factor	Impacto	I.PREPARACION DEL SITIO					II.CONSTRUCCIÓN			III.OPERACIÓN Y MANTENIMEINTO			IV.ABANDONO	
				Obras provisionales	Desmonte	Despalme	Relleno	Nivelación	Obra Hidráulica	Cimentación para plataforma	Instalaciones de servicio	Almacenes y distribución de materiales	Manejo y disposición de residuos	Retiro de obras provisionales para construcción	Desmantelamiento	Restauración
Abiótico	Suelo	Tipo de uso	Cambio en el uso del suelo		MMS											
		Calidad	Erosión del suelo		MMS	MMS										
			Modificación de la morfología del suelo				MMS	MMS								
			Contaminación por residuos sólidos urbanos, peligrosos y de manejo especial	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	
	Agua	Recarga	Infiltración al subsuelo							MMS		MMS				MMS
			Escurrimiento superficial				MS	MS	MS	MS						MMS
	Aire	Calidad	Emisión de gases de combustión de maquinaria y vehículos		MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MMS
			Emisión de partículas (polvo)	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS				MS	MMS





Medio	Componente	Factor	Impacto	I.PREPARACION DEL SITIO					II.CONSTRUCCIÓN			III.OPERACIÓN Y MANTENIMEINTO			IV.ABANDONO	
				Obras provisionales	Desmonte	Despalme	Relleno	Nivelación	Obra Hidráulica	Cimentación para plataforma	Instalaciones de servicio	Almacenes y distribución de materiales	Manejo y disposición de residuos	Retiro de obras provisionales para construcción	Desmantelamiento	Restauración
	Ruido	Confort sonoro	Alteración por ruido	MS	MMS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MMS
Biótico	Vegetación	Cobertura	Eliminación de la cobertura		MMS											MMS
		Abundancia	Variación en la abundancia por la afectación de individuos		MMS											
			Afectación de flora en NOM-059-SEMARNAT-2010		MMS											
	Fauna	Distribución	Desplazamiento de individuos		S											
		Abundancia	Variación en la abundancia: riesgo de afectación a individuos		S											MMS
			Afectación de fauna en NOM-059-SEMARNAT-2010		MMS											
		Hábitat	Perturbación del hábitat		S											MMS
Socio-económico	Economía	Empleos	Generación de fuentes de empleo	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MMS	MS	MS	MS	MS	MS	MMS





Medio	Componente	Factor	Impacto	I.PREPARACION DEL SITIO					II.CONSTRUCCIÓN			III.OPERACIÓN Y MANTENIMEINTO			IV.ABANDONO	
				Obras provisionales	Desmonte	Despalme	Relleno	Nivelación	Obra Hidráulica	Cimentación para plataforma	Instalaciones de servicio	Almacenes y distribución de materiales	Manejo y disposición de residuos	Retiro de obras provisionales para construcción	Desmantelamiento	Restauración
	Población	Riesgo	Afectación a integridad humana por accidentes		MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	
	Paisaje	Calidad	Mala calidad visual del entorno inmediato por generación de contaminantes y/o partículas		MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS				MS	MMS
		Visibilidad	Perturbación de la visibilidad	MS	MS	S	S	S	S	S						MS





Tabla 10. Comparativa de significancia de impactos ambientales por etapa del proyecto.

IMPACTO	I. PREPARACIÓN DEL SITIO			II. CONSTRUCCIÓN			III. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO			IV. ABANDONO			TOTAL, DE IMPACTOS	TOTAL, DE IMPACTOS NEGATIVOS
	+	–	Total	+	–	Total	+	–	Total	+	–	Total	Total	
NO SIGNIFICATIVO (NS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
POCO SIGNIFICATIVO (PS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MODERADAMENTE SIGNIFICATIVO (MS)	5	30	35	2	20	22	3	12	15	2	6	8	80	68
SIGNIFICATIVO (S)	0	6	6	0	2	2	0	0	0	0	0	0	8	8
MUY SIGNIFICATIVO (MMS)	0	10	10	1	1	2	0	1	1	10	0	10	23	12
TOTAL	**5**	**46**	**51**	**3**	**23**	26	**3**	**13**	16	**12**	**6**	18	**111**	**88**

La distribución de los impactos negativos que se generaran por las actividades de construcción del proyecto se presenta en la gráfica siguiente, en donde se observa que no se ocasionaran impactos No significativos, ni poco significativo, por el contrario, se ocasionaran un total de 68 impactos negativos moderadamente significativos (MS), 8 impactos negativos significativos (S) y 12 impactos negativos Muy significativos (MMS).



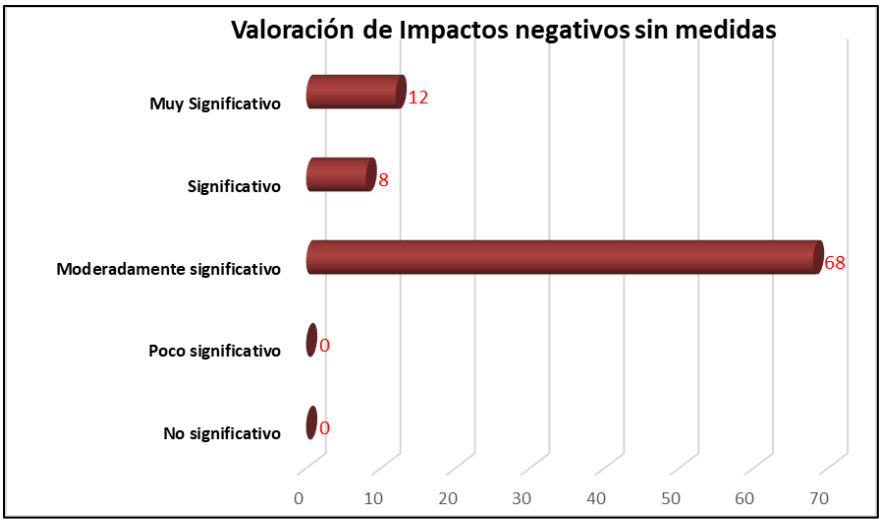


Figura 6. Valoración de impactos negativos sin medidas.

La distribución de los impactos por medio biótico, abiótico y socioeconómico se presenta de acuerdo a la siguiente distribución, en el medio abiótico se generarán el 54% del total de los impactos, en el medio bióticos solamente el 9% del total de los impactos y en el medio socioeconómico se genera el 37% de los impactos, es de resaltar que si bien es poco el porcentaje que se observa para el medio biótico, es en este componente en donde se obtuvo la mayor significancia de impacto, esto por las actividades de desmonte y despalme principalmente y las afectaciones que esto conlleva.

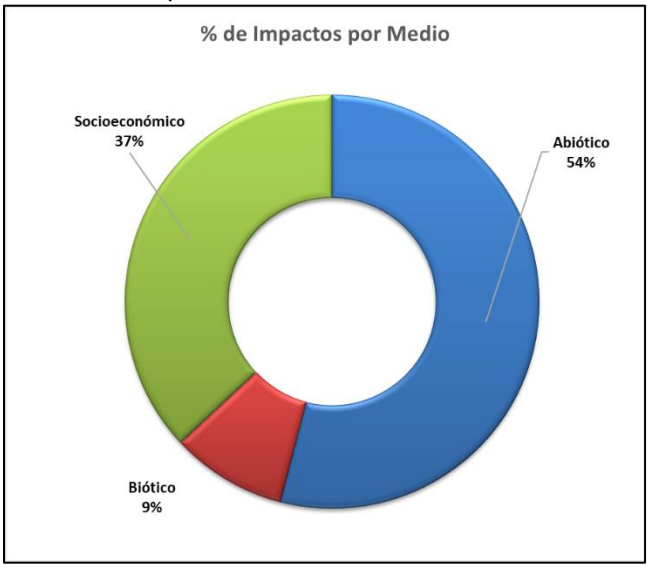


Figura 7. Distribución de los impactos por medio.

La descripción de los impactos a los componentes del medio se presenta a continuación

SUELO

Tipo de Uso

La significancia de Impacto Muy Significativo (MMS) para el cambio de uso de suelo por desmonte se determinó mediante un Índice de Impacto de 0.822, resultado de la interacción entre criterios básicos y complementarios. Aunque la intensidad y extensión son mínimas (1), la duración larga (3) del efecto genera un Índice Básico de 0.556; este valor se potencia drásticamente al combinarse con una sinergia fuerte (3) y una acumulación moderada (2) que arrojan un Índice Complementario de 0.667. Bajo la fórmula metodológica, el peso de estos efectos sinérgicos y la permanencia del cambio en el suelo desplazan el resultado final hacia el rango más alto de la escala (0.801 - 1.000), catalogándolo como una afectación crítica antes de aplicar medidas

Actualmente en parte del polígono que está destinado para la construcción del proyecto, hay presencia de vegetación en una superficie de 3.92 has, conformada por elementos arbóreos y arbustivos propios de una vegetación secundaria de manglar, el cual, como se ha mencionado no posee un atributo ecosistémico alto, sin embargo, al realizar el desmonte se realizara una remoción del arbolado lo que conlleva un cambio de uso del suelo de terrenos forestales, por lo que se modificaran las condiciones del paisaje, el suelo e impacto a las aves, que es el grupo con mayor representatividad dado que, la zona oriente del recinto portuario de Salina Cruz presenta un espacio de cobertura arbórea que incluye ejemplares de mangle intercalados por otras especies secundarias y exóticas, sin embargo, este espacio no puede considerarse como un ecosistema de humedal costero, ya que en el mismo no se ubica como una zona de transición entre aguas marinas y continentales naturales, sino que se cataloga como un canal artificial de aguas residuales provenientes de la zona urbana de Salina Cruz y donde no se observan procesos geomicrobianos o biológicos para la anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje, o en su caso condiciones que puedan contribuir de manera favorable a ecosistemas costeros como pastos marinos o formaciones coralinas.

Esta condición actual es de cocimiento por la SEMARNAT, ya que en el Oficio No. SRA/DGIRA/DG-01430-24 de fecha 17 de abril del 2024 respecto a la Autorización en materia de impacto ambiental del proyecto "Modernización del Puerto Petrolero y Comercial del Puerto Petrolero de Salina Cruz, Oaxaca" en particular en las páginas 150 y 151 donde señala la presencia de manglar en la zona oriente del recinto portuario que es donde se pretende construir el proyecto que nos ocupa.

“ya que dicho manchón (Manglar) representa un área aislada dentro del recinto portuario, que ya no cuenta con conectividad con cuerpos de agua naturales, actualmente su flujo hidrológico natural esta interrumpido y solo se alimenta de una descarga de aguas negras proveniente de la ciudad de Salina Cruz, aunado a que no posee atributos ecosistémicos para albergar biodiversidad bajo condiciones óptimas”

Calidad

Erosión

Para el impacto de Erosión del suelo derivado de las actividades de Desmonte y Despalme, se determinó una **significancia de Impacto Muy Significativo (MMS)** con un valor de 0.835. Este resultado proviene de un Índice Básico de 0.667, impulsado por una intensidad moderada (2) y una duración larga (3) del efecto, lo cual refleja una afectación considerable en el tiempo sobre el recurso. Al integrar el Índice Complementario (0.556), que destaca una sinergia fuerte (3) y una acumulación media (2), la fórmula matemática eleva el indicador final por encima del umbral de 0.801, confirmando que la pérdida de la capa superficial del suelo representa una de los mayores impactos ambientales del proyecto.

La eliminación de cobertura vegetal, es decir, el desmonte y despalme por el movimiento de materiales, podrían ocasionar un incremento en la taza de erosión local; especialmente en la franja de terrenos inmediatos al área de ocupación del proyecto.

Los principales factores de erosión en la zona corresponden al viento, escurrimientos, la ligera pendiente y arrastres, los cuales son uno de los principales regidores de la dinámica de pérdida de suelos.

Durante las actividades de preparación del sitio se eliminará la cobertura vegetal y suelo por el despalme en el área de ocupación del proyecto, dichos impactos podrán ser prevenidos, mitigados y compensados.

Modificación de la morfología del suelo

La Modificación de la morfología del terreno mediante las actividades de Relleno y Nivelación alcanzó una s**ignificancia de Impacto Muy Significativo (MMS)**, sustentada en un Índice de Impacto final de 0.835. Esta valoración se deriva de un Índice Básico de 0.667, donde la intensidad moderada (2) y la duración larga (3) reflejan una modificación permanente en el relieve del sitio. Al combinar estos datos con un Índice Complementario de 0.556 —impulsado por una sinergia fuerte (3) entre las acciones de movimiento de tierras y una acumulación media (2)—, la operación matemática posiciona el resultado dentro del rango crítico (0.801 a 1.000), señalando que la modificación física del terreno es un impacto de alta relevancia.

La ligera pendiente que se presenta en el área del proyecto se afectará en las etapas de preparación del sitio, por las actividades de relleno y nivelación, dado que modificaran la condición actual del terreno en donde se llevara el proyecto, se realizaran movimiento de suelo que tendrá un impacto negativo en la morfología, el cual será de forma permanente durante el tiempo de vida útil del proyecto

Contaminación por residuos sólidos urbanos, peligrosos y de manejo especial.

Para el impacto de Contaminación por residuos, el análisis se divide en dos niveles de relevancia según la actividad: En el caso de las **Obras Provisionales**, se determinó una significancia de **Impacto Moderadamente Significativo (MS)** con un valor de 0.481, producto de una valoración mínima (1) en intensidad, extensión y duración, pero elevada por una acumulación media (2) que refleja el riesgo de generación de desechos. Por otro lado, para actividades como D**esmonte, Despalme, Relleno y Nivelación**, la significancia se mantiene como **Moderadamente Significativo (MS)** pero con un valor mayor de 0.543; este incremento responde a la aparición de Controversia mínima (1), indicando que la gestión de residuos en estas etapas genera una percepción de preocupación a nivel local, lo que eleva el Índice Complementario a 0.444 y consolida el impacto dentro del rango medio de la escala de evaluación.

Este impacto se prevé que se presente en todas las etapas y actividades del proyecto, dado que para realizar dichas actividades se requiere de personal, maquinaria y equipo y, dada la magnitud del proyecto se estima que se generaran importantes cantidades de residuos de distinta naturaleza (residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos).

Los residuos en los cuerpos de agua o el suelo producen variados efectos como su acumulación, la atracción de fauna (nociva, feral y silvestre) o la contaminación con sustancias tóxicas.

Entre los residuos principales destacan:

PELIGROSOS Aceites lubricantes usados, filtros de aceite, filtros de combustible, líquido de frenos, fluido refrigerante, líquido anticongelante, restos de pinturas, materiales impregnados en sustancias peligrosas (trapos, guantes, monos, papel, adsorbente), bidones o envases que han contenido sustancias o residuos peligrosos.

SÓLIDOS URBANOS NO PELIGROSOS Plásticos, gomas, vidrio, basuras, papel y cartón, fejes, pet, entre otros.

DE MANEJO ESPECIAL., Residuos de la construcción.

A nivel de Sistema Ambiental., la generación de residuos podría ocasionar impactos negativos dado que el mal manejo de residuos resulta visible y alguno de ellos dado su composición son

trasladados fácilmente de un lado a otro incluso fuera del sitio del proyecto, impactando el sistema ambiental.

AGUA

Infiltración y Escurrimiento

Para el impacto en la **Infiltración** (factor Agua) derivado de actividades como la Cimentación para plataforma y el establecimiento de Almacenes, se determinó una significancia de Impacto **Muy Significativo (MMS)** con un valor de 0.835. Esta calificación se sustenta en un Índice Básico de 0.667, donde la intensidad moderada (2) y la duración larga (3) del efecto reflejan una obstrucción prolongada de la recarga hídrica en el predio. Al integrar un Índice Complementario de 0.556, impulsado por una sinergia fuerte (3) y una acumulación media (2), la evaluación matemática sitúa el impacto en el rango crítico, evidenciando que la impermeabilización del suelo por las estructuras del proyecto impacta en la capacidad de infiltración del suelo

El impacto por **Escurrimiento** dentro del factor Agua, evaluado para actividades como Relleno, Nivelación y Obra Hidráulica, obtuvo una significancia de Impacto **Moderadamente Significativo (MS)** con un valor de 0.543. Este resultado se debe a un Índice Básico de 0.333, donde los criterios de intensidad, extensión y duración se calificaron con el valor mínimo (1), indicando una afectación puntual y de corta duración. Sin embargo, la significancia se eleva debido a un Índice Complementario de 0.444, impulsado por una acumulación media (2) y una sinergia moderada (2) entre las actividades de modificación del relieve, lo que sitúa el valor final en el rango de 0.401 a 0.600, reflejando una alteración relevante en el balance hídrico

Los dos factores (infiltración y escurrimiento) están estrechamente ligados a la ecuación del balance hídrico el cual nos indica que las entradas son igual a las salidas, para que se cumpla el principio de conservación de la masa, por lo tanto, tenemos (Castillo et al., 2010)

$$Entradas = Salidas$$

$$Precipitación = Escorrentia + evapotranspiración + Infiltración$$

Es decir que cuando uno de estos parámetros se ve afectado la ecuación entra en desbalance y ocurren los impactos a estos factores, en este caso la precipitación es un valor constante dado que no hay afectación por la construcción del proyecto, sin embargo, al construirse una plataforma de concreto sobre la superficie del proyecto, dicha superficie se volverá impermeable, es decir que en este polígono no habrá infiltración, y permanecerá en la etapa de operación. No obstante, el agua precipitada en el polígono impermeable tenderá a escurrir e infiltrarse en zonas permeables del proyecto.

Al existir un desbalance en la infiltración esta agua que ya no se infiltra se escurre, por lo que la escorrentía superficial aumenta y tendrá su impacto en las áreas aledañas al proyecto.

AIRE

Calidad

Emisión de gases de combustión de maquinaria y vehículos

Para el factor Aire, específicamente el impacto de Emisión de gases de combustión derivado de actividades como el Transporte de maquinaria, Excavación y Cimentación, se obtuvo una significancia de **Impacto Moderadamente Significativo (MS)** con un valor de 0.543. Esta valoración parte de un Índice Básico de 0.333, donde la intensidad, extensión y duración se calificaron como mínimas (1), reflejando emisiones puntuales y transitorias. No obstante, el Índice Complementario de 0.444 eleva el resultado final debido a una acumulación media (2) y una sinergia moderada (2) entre el uso simultáneo de diversos frentes de maquinaria, situando el impacto en el rango medio de evaluación (0.401 a 0.600) al considerar el efecto sumatorio de los contaminantes en la atmósfera local.

Las principales emisiones durante la construcción y operación del proyecto son los gases producidos por los motores de combustión interna y las partículas en suspensión, entre los que destacan los hidrocarburos fósiles (derivados del petróleo como la gasolina, el diésel o el gasóleo) que son compuestos orgánicos constituidos por átomos de carbono e hidrógeno y una mezcla de impurezas presentes en éstos (azufre), que al momento de una combustión ineficiente supone la emisión de sustancias contaminantes, óxidos de nitrógeno (NOx), dióxido de azufre (SO2), monóxido de carbono (CO), partículas sólidas e hidrocarburos no quemados (HC) principalmente. Los motores de combustión interna también transforman los hidrocarburos en dióxido de carbono (CO2), afectando directamente a la calidad del aire y por consiguiente contribuyen a la emisión de gases de efecto invernadero.

A nivel de Sistema Ambiental, se tendrá un impacto negativo **ya** que se adiciona a la emisión de gases que genera la ciudad de Salina Cruz y la zona industrial, de ahí que la medida de compensación de Reforestación está directamente relacionada con la mitigación de este impacto.

Emisión de partículas (polvo)

El impacto por Generación de partículas suspendidas (Polvos), derivado de las actividades de Transporte de maquinaria, Desmonte, Despalme y Excavación, se clasificó como I**mpacto Moderadamente Significativo (MS)** con un valor de 0.543. Al igual que en los casos anteriores de aire, el Índice Básico se sitúa en 0.333 debido a valoraciones mínimas (1) en intensidad,

extensión y duración. Sin embargo, la significancia se consolida en el rango medio gracias a un Índice Complementario de 0.444, impulsado por una sinergia moderada (2) y una acumulación media (2) generada por el movimiento constante de tierras y vehículos, lo que evidencia un efecto acumulativo de material particulado en el entorno inmediato de la obra.

Las actividades que conllevan movimiento de suelo, desmonte, rellenos, nivelaciones, carga y acarreos provocarán la suspensión de partículas de polvo, que al depositarse en la superficie foliar podría impedir el intercambio gaseoso interfiriendo con el suministro de CO_2, y con ello la efectividad de la fotosíntesis. Asimismo, la suspensión de partículas podría interferir, momentáneamente, con la visibilidad de los operadores de maquinaria y vehículos, o bien, depositarse en aguas superficiales.

Debido al relieve y la vegetación, la generación puntual de polvo tiene un impacto mínimo y mitigado sobre el Sistema Ambiental

Confort sonoro

Ruido

El impacto por Generación de ruido, asociado a las actividades de Transporte de maquinaria, Excavación y Cimentación, alcanzó una significancia de Impacto **Moderadamente Significativo (MS)** con un valor final de 0.543. Aunque el Índice Básico se mantuvo en el nivel mínimo de 0.333 —debido a que la intensidad, extensión y duración se calificaron con valor 1 al ser eventos intermitentes—, la significancia se incrementó por un Índice Complementario de 0.444. Este aumento responde a una sinergia moderada (2) y una acumulación media (2) derivada de la operación simultánea de diversos equipos, lo que sitúa la molestia sonora dentro del rango de 0.401 a 0.600, indicando una alteración que, si bien es transitoria, requiere atención por la suma de fuentes emisoras.

La maquinaria pesada emite ruido y vibraciones de importancia hacia el entorno. La concentración y la circulación de vehículos generan altos índices de ruido durante las actividades constructivas debido al funcionamiento del motor, así como al rozamiento de las llantas con la superficie de rodamiento. El ruido ocasionado por el tráfico disminuye la calidad del hábitat para especies sensibles debido a las elevadas intensidades sonoras, lo que ocasiona que éstas se dispersen hacia zonas que pueden ser, en muchas ocasiones, menos benéficas. La intensidad del ruido provocado por la circulación de maquinaria y vehículos propiciará el desplazamiento de individuos de fauna, por lo menos durante la preparación y construcción del proyecto.

Los niveles de ruido emitidos por la operación de maquinaria y equipos podrían provocar un efecto en la salud de los operados, especialmente si no cuentan con protección auditiva durante las etapas de preparación y construcción del proyecto.

Vegetación

Cobertura

Eliminación de la cobertura

Para el factor Biótico, específicamente el impacto de eliminación de cobertura vegetal derivado de las actividades de Desmonte y Despalme, se determinó una significancia de **Impacto Muy Significativo (MMS)** con un valor de 0.835. Este resultado proviene de un Índice Básico de 0.667, donde la intensidad moderada (2) y la duración larga (3) reflejan la eliminación permanente de la vegetación en el área del proyecto. Al integrar un Índice Complementario de 0.556, impulsado por una sinergia fuerte (3) y una acumulación media (2), el cálculo matemático sitúa el impacto en el rango crítico (0.801 a 1.000), subrayando que la remoción de la flora es una de las alteraciones más drásticas.

Actualmente en parte del polígono que está destinado para la construcción del proyecto, hay presencia de vegetación forestal en una superficie de 3.92 has, en donde los resultados estructurales muestran que, si bien el área del proyecto conserva elementos característicos de vegetación de manglar —principalmente *Conocarpus erectus* y remanentes aislados de *Avicennia germinans*, la comunidad vegetal está dominada por **especies secundarias, oportunistas y exóticas-invasoras**, tales como *Azadirachta indica*, *Cryptostegia grandiflora*, *Urochloa mollis* y *Pithecellobium dulce*. La proliferación de estos taxones confirma un proceso de **sucesión secundaria inducida por disturbio**, típico de ambientes alterados por actividades antrópicas, pérdida de conectividad y degradación del hábitat. Para la ejecución del proyecto se tiene considerada la remoción de este remanente de vegetación, el cual, con base al muestreo realizado, así como, por las especies que la componen y la fisonomía de la vegetación, se constató que el tipo de vegetación presenta un estado alto grado de degradación y fragmentación.

Como parte del desmonte, se tiene considerado remover un volumen del estrato arbóreo de 221.711 m^3, conformado por 1,730 árboles de las siguientes especies:

Tabla 11. Especies del estrato arbóreo a remover.

	VOL/TOTAL		
NOMBRE CIENTÍFICO	**AB TOTAL(m^2)**	**VOL TOTAL(m^3)**	**NO. ARB A REMOVER**
Avicennia germinans	0.061	0.1330	20
Azadirachta indica	0.193	0.4096	50
Coccoloba liebmannii	0.067	0.1697	10
Conocarpus erectus	31.285	147.3485	550
Leucaena lanceolata	1.314	2.5097	170
Neltuma juliflora	1.497	5.7496	120
Parkinsonia aculeata	5.704	20.0517	250
Pithecellobium dulce	19.808	46.3393	560
	59.930	**222.711**	**1,730**

De acuerdo con la tabla anterior, las especies *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus* se encuentran listadas **en la NOM-059-SEMARNAT-2010**, bajo la categoría de Amenazada (A), lo que se refleja en la significancia del impacto.

Respecto al estrato arbustivo, se estima que se removerán 43,680 individuos de las siguientes especies:

Tabla 12. Especies del estrato arbustivo a remover.

NOMBRE CIENTÍFICO	IND/TOTALES
Azadirachta indica	18240
Bursera excelsa	1120
Capparis incana	7040
Coccoloba liebmannii	9600
Conocarpus erectus	1120
Cryptostegia grandiflora	2720
Parkinsonia aculeata	160
Pithecellobium dulce	960
Pseudabutilon orientale	480
Rauvolfia tetraphylla	1600
Tabebuia rosea	640
Total	43680

Respecto al estrato herbáceo se estima que se removerán 176,000 individuos, de las especies que se presentan en la siguiente tabla.



Tabla 13. Especies del estrato herbáceo a remover.

NOMBRE CIENTÍFICO	IND/TOTALES
Capparis incana	4000
Commelina erecta	36000
Melochia tomentosa	8000
Neltuma juliflora	4000
Pithecellobium dulce	4000
Sesuvium portulacastrum	12000
Tephrosia leiocarpa	32000
Urochloa mollis	76000
Total	**176000**

Así también de las especies presentes en el sitio del proyecto se estima que se removerán 1,570 individuos de Opuntia *decumbens y* 40 especies de *Sabal mexicana.*

Abundancia

Variación en la abundancia por la afectación de individuos

El impacto de Variación en la abundancia por la afectación de individuos de flora, derivado directamente de la actividad de Desmonte, alcanzó una significancia de I**mpacto Muy Significativo (MMS)** con un valor de 0.835. Este resultado se fundamenta en un Índice Básico de 0.667, donde la intensidad moderada (2) y la duración larga (3) reflejan la pérdida irreversible de ejemplares específicos dentro del predio. La valoración se ve potenciada por un Índice Complementario de 0.556, impulsado por una sinergia fuerte (3) y una acumulación media (2), lo que indica que la remoción de estos individuos no es un evento aislado, sino que se suma al estado actual del sitio en donde se desarrollara el proyecto.

La continuidad de la vegetación en el sitio del proyecto será impactada por la remoción de vegetación secundaria de mangle y demás especies exóticas; así como, por no permitir el crecimiento de la misma por el relleno, compactación y construcción de plataforma de concreto, sin embargo, la flora terrestre que será afectada es secundaria, a pesar de ello suma a la fragmentación de la vegetación, y repercute directamente sobre el óptimo funcionamiento del ecosistema a nivel de Sistema Ambiental., ya que como consecuencia inmediata la reducción del hábitat para las especies silvestres de flora y por consiguiente de fauna.

Los resultados estructurales muestran que, si bien el área del proyecto conserva elementos característicos de vegetación de manglar —principalmente *Conocarpus erectus* y remanentes

aislados de *Avicennia germinans*, la comunidad vegetal está dominada por **especies secundarias, oportunistas y exóticas-invasoras**, tales como *Azadirachta indica*, *Cryptostegia grandiflora*, *Urochloa mollis* y *Pithecellobium dulce*. La proliferación de estos taxones confirma un proceso de **sucesión secundaria inducida por disturbio**, típico de ambientes alterados por actividades antrópicas, pérdida de conectividad y degradación del hábitat.

Afectación a especies de Flora en NOM-059-SEMARNAT-2010

El impacto sobre las Especies de flora en estatus de protección (NOM-059-SEMARNAT-2010), derivado de la Eliminación de la cobertura vegetal, se clasificó con una s**ignificancia de Impacto Muy Significativo (MMS)** con un valor de 0.835. Esta valoración se sustenta en un Índice Básico de 0.667, donde la duración larga (3) y una intensidad moderada (2) reflejan la remoción física de ejemplares en el predio. Aunque el área no representa una pérdida de cobertura forestal funcional comparable con el manglar de la zona de conservación, la identificación de especies en categoría de Amenazada (A), como *Avicennia germinans y Conocarpus erectus,* eleva el Índice Complementario a 0.556. Debido a la sinergia fuerte (3) y la acumulación media (2) del proceso de desmonte, el resultado matemático se sitúa en el rango crítico (0.801 a 1.000), lo que valida técnicamente la implementación de un Programa de restauración.

Fauna

Distribución

Desplazamiento de individuos

Para el factor Fauna, el impacto de Desplazamiento de individuos derivado de la actividad de Desmonte se calificó con una significancia de Significativo (S) y un valor numérico de 0.614. Este diagnóstico técnico es resultado de un Índice Básico de 0.333, donde la Intensidad mínima (1) y la Extensión local (2) se ven acentuadas por una Duración larga (3), lo que implica una afectación persistente en el tiempo. Al integrar un Índice Complementario de 0.556 —impulsado por una Sinergia moderada (2) y una Acumulación de efectos aditivos (1)—, el análisis matemático confirma que la remoción de la cobertura vegetal genera una presión constante sobre el desplazamiento de las especies locales hacia zonas aledañas.

Este impacto está relacionado con la generación de ruido que será producido por la operación de maquinaria, vehículos y equipo auxiliares, toda vez que los animales reaccionarán ante los ruidos desconocidos, provocando su desplazamiento hacia sitios aledañas libres de



perturbación. Estos cambios en el comportamiento de la fauna podrían interferir en la comunicación acústica entre individuos, provocando cambios en el apareamiento, en la búsqueda de alimento, y cuidado de las crías, por lo que las actividades del proyecto ocasionarán el desplazamiento de individuos hacia zonas con un mejor estado de conservación.

Potencialmente dichas zonas se ubican dentro de la poligonal de la Sistema Ambiental y en particular con el grupo de las aves que son la que tiene mayor movilidad y registro para el sitio del proyecto.

Las especies que, potencialmente serán impactadas por el desarrollo del proyecto se presentan en la siguiente tabla, las cuales corresponden a las especies registradas durante el muestreo de caracterización.

Tabla 14. Listado de especies presentes en el área del proyecto

ID	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO		NOMBRE COMÚN	Área del proyecto
1	Anura	Bufonidae	*Incilius*	*marmoreus*	Sapo jaspeado	X
2	Squamata	Boidae	*Boa*	*imperator*	Mazacuata	X
3	Squamata	Iguanidae	*Ctenosaura*	*pectinata*	Iguana Mexicana de cola espinosa	X
4	Squamata	Iguanidae	*Iguana*	*iguana*	Iguana verde	X
7	Squamata	Teiidae	*Aspidoscelis*	*deppii*	Huico siete líneas	X
10	Cathartiformes	Cathartidae	*Coragyps*	*atratus*	Zopilote común	X
11	Charadriiformes	Recurvirostridae	*Himantopus*	*mexicanus*	Monjita americana	
12	Charadriiformes	Scolopacidae	*Actitis*	*macularius*	Playero alzacolita	X
15	Columbiformes	Columbidae	*Columbina*	*Inca*	Tortolita cola larga	X
16	Columbiformes	Columbidae	*Streptopelia*	*decaocto*	Paloma de collar turca	X
17	Columbiformes	Columbidae	*Zenaida*	*asiatica*	Paloma de alas blancas	X
18	Cuculiformes	Cuculidae	*Crotophaga*	*sulcirostris*	Garrapatero pijuy	X
19	Passeriformes	Icteridae	*Quiscalus*	*mexicanus*	Zanate mayor	X
20	Passeriformes	Polioptilidae	*Polioptila*	*albiloris*	Perlita pispirria	X
21	Passeriformes	Troglodytidae	*Campylorhynchus*	*humilis*	Matraca nuca canela	X
22	Passeriformes	Tyrannidae	*Camptostoma*	*imberbe*	Mosquerito chillón	X
23	Passeriformes	Tyrannidae	*Myiarchus*	*tuberculifer*	Papamoscas triste	X
24	Passeriformes	Tyrannidae	*Pitangus*	*sulphuratus*	Luis bienteveo	X
25	Passeriformes	Tyrannidae	*Tyrannus*	*vociferans*	Tirano Chibiú	X
30	Piciformes	Picidae	*Melanerpes*	*aurifrons*	Carpintero cheje	X

ID	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO		NOMBRE COMÚN	Área del proyecto
33	Carnivora	Procyonidae	*Bassariscus*	*astutus*	CacomXItle norteño	X

El análisis integral de la caracterización faunística realizada en el área del proyecto confirma que la composición actual de especies refleja comunidades propias de ecosistemas secundarios, adaptadas a condiciones de perturbación antrópica y fragmentación del hábitat. La baja diversidad observada en anfibios, reptiles y mamíferos, evidenciada por los valores del índice de Shannon-Wiener (H'<1.5) y de Margalef (DMg < 2.0), corrobora un ecosistema con estructura simplificada y dominado por unas pocas especies generalistas.

En contraste, la avifauna presentó un índice de diversidad media (H'= 1.96; DMg = 3.16), lo que indica una mayor resiliencia ecológica del grupo frente a las alteraciones del entorno, atribuible a su amplia capacidad de desplazamiento, plasticidad alimentaria y uso de hábitats modificados. Este comportamiento concuerda con lo señalado por Howell y Webb (2010), quienes destacan la importancia del Istmo de Tehuantepec como corredor migratorio y zona de residencia estacional para especies neotropicales.

Abundancia

Variación en la abundancia: Riesgo de afectación a individuos

El impacto de Variación en la abundancia: riesgo de afectación a individuos derivado del Desmonte obtuvo una significancia de **Significativo (S)** con un valor de 0.614. Este resultado técnico proviene de un Índice Básico de 0.333, donde la Intensidad mínima (1) y la Extensión local (2) se ven condicionadas por una Duración larga (3) del efecto sobre las poblaciones presentes. Al integrar el Índice Complementario de 0.556, sustentado por una Sinergia moderada (2) y una Acumulación media (2) de impactos, el cálculo sitúa la afectación en un rango que advierte sobre el riesgo potencial de disminución de ejemplares debido a la alteración de su entorno directo, requiriendo el estricto cumplimiento de las medidas de mitigación y rescate programadas.

La estructura vertical de la comunidad vegetal proporciona el armazón físico al cual están adaptadas a vivir muchas formas de vida animal. El grado de zonación vertical ejerce una gran influencia sobre la diversidad de la vida animal en la comunidad. Por lo tanto, la fauna silvestre se verá afectada por la pérdida de vegetación, lo que conlleva a la disminución de la calidad del hábitat, de sus recursos y por lo tanto a la potencial mortalidad de algunos individuos.



La disposición espacial de los fragmentos de hábitat influye sobre la movilidad de las especies silvestres entre los mismos y, por ende, sobre la dinámica de poblaciones. En términos funcionales se traducen en pérdidas de conectividad ecológica, entendida como la capacidad con la que cuenta el paisaje para permitir los desplazamientos de determinadas especies o poblaciones (Taylor, 1993).

Las especies registradas en el predio se encuentran ampliamente representadas en el Sistema Ambiental. al comparar la riqueza especifica de los distintos grupos faunísticos, se observa que en el caso de las aves la riqueza se conserva: S=23 en el Sistema Ambiental. y S=14 en el predio, esto se debe, al amplio rango de movilidad de las aves y la tolerancia de las especies descritas a la perturbación del hábitat. Sin embargo, el efecto sobre la composición y estructura de las comunidades de anfibios, reptiles y mamíferos pequeños ha sufrido serios daños a través del tiempo, al ser especies de poca movilidad o movilidad restringida, se ve mermada la riqueza y abundancia de las especies.

Hábitat.

Perturbación del Hábitat

El impacto denominado Perturbación del hábitat derivado de la actividad de Desmonte se evaluó con una significancia de **Significativo (S)** y un valor de 0.614. Este resultado se fundamenta en un Índice Básico de 0.333, donde una Intensidad mínima (1) y una Extensión local (2) se ven prolongadas por una Duración larga (3), lo que refleja una alteración sostenida de las condiciones ambientales necesarias para el refugio y reproducción de las especies. Al integrar un Índice Complementario de 0.556 —determinado por una Sinergia moderada (2) y una Acumulación de efectos (1)—, el análisis técnico concluye que la modificación de las condiciones físicas del sitio constituye una presión relevante sobre el ecosistema.

La remoción de la vegetación secundaria de mangle representará la eliminación definitiva del hábitat para las especies registradas en el área del proyecto. Este efecto es crítico debido a que el sitio ha funcionado históricamente como un receptor de fauna reubicada de zonas aledañas, lo que explica la presencia de taxones con alto valor de conservación y endemismo que ahora perderán su refugio.

La fragmentación del hábitat, especialmente por infraestructuras, divide los ecosistemas en porciones menores que reducen drásticamente su capacidad para albergar individuos y procesos ecológicos. Bajo esta lógica:



A menor superficie en cada fragmento, mayor es el riesgo de extinción local, ajustando la riqueza de especies a la baja de forma proporcional al tamaño del área remanente.

En fragmentos reducidos, la probabilidad de recolonización externa disminuye, comprometiendo la viabilidad de las especies a mediano y largo plazo.

Actualmente, el área presenta un alto grado de perturbación por actividades antrópicas y depredación por perros ferales. Se trata de parches de vegetación aislados, sin continuidad ni conectividad ecosistémica, que funcionan únicamente como "islas" de alimentación y resguardo temporal.

La perturbación directa generada por el cambio de uso de suelo se suma a las presiones antropogénicas preexistentes en el Sistema Ambiental. Por ello, la eliminación de este último reducto de vegetación no solo suprime un espacio físico, sino que rompe la última posibilidad de persistencia para la fauna silvestre que fue depositada en el sitio bajo estrategias de monitoreo y conservación.

Especies de fauna en (NOM-059-SEMARNAT-2010

El impacto sobre las Especies de fauna en estatus de protección (NOM-059-SEMARNAT-2010), vinculado directamente a la Perturbación del hábitat, alcanzó una significancia de I**mpacto Muy Significativo (MMS)** con un valor de 0.835. Esta calificación crítica se sustenta en un Índice Básico de 0.667, donde la intensidad moderada (2) y la duración larga (3) reflejan una amenaza persistente sobre poblaciones vulnerables.

La presencia de ejemplares como ***Ctenosaura pectinata*** (bajo categoría de amenazada) y especies endémicas como **Campylorhynchus humilis,** eleva el Índice Complementario a 0.556 debido a una sinergia fuerte (3) y una acumulación media (2) entre la pérdida de refugio y la fragmentación del ecosistema. Bajo este escenario matemático, el impacto se posiciona en el rango más alto de la escala (0.801 a 1.000), lo que refuerza la necesidad obligatoria de implementar programas de rescate, manejo y reubicación en hábitats equivalentes para evitar la mortalidad de individuos con alto valor biológico.

Economía

Empleos

Generación de fuentes de empleo

Para el factor Socioeconómico, específicamente el impacto de Generación de empleo derivado de todas las etapas del proyecto (desde las Obras Provisionales hasta la Obra Hidráulica), se

determinó una significancia positiva de **Impacto Moderadamente Significativo (MS)** con un valor de 0.543.A diferencia de los factores ambientales, este impacto se evalúa por su beneficio social: presenta un Índice Básico de 0.333 derivado de valores mínimos (1) en intensidad, extensión y duración, debido a la naturaleza temporal de las plazas de trabajo. Sin embargo, su relevancia aumenta a través de un Índice Complementario de 0.444, impulsado por una acumulación media (2) y una sinergia moderada (2), lo que refleja el efecto positivo sumatorio que tiene la contratación de mano de obra local y especializada en la economía de la zona durante el desarrollo de la construcción; esto refleja el beneficio positivo que genera el consumo de bienes, servicios y suministros locales de manera conjunta, situando la derrama económica como un efecto favorable para la comunidad.

Población

Riesgos

Afectación a integridad humana por accidentes

El impacto en la Seguridad y salud, evaluado para la totalidad de las actividades de obra, obtuvo una significancia de I**mpacto Moderadamente Significativo (MS)** con un valor de 0.543.Esta valoración se fundamenta en un Índice Básico de 0.333, donde los criterios de intensidad, extensión y duración se calificaron con el valor mínimo (1), asumiendo que los riesgos son controlables y puntuales. No obstante, la significancia se eleva mediante un Índice Complementario de 0.444, el cual considera una acumulación media (2) y una sinergia moderada (2) debido a la exposición continua de los trabajadores a diversos frentes de riesgo (maquinaria, polvos, ruido) y la interacción de estos factores, situando el impacto en el rango medio de la escala de evaluación (0.401 a 0.600).

Paisaje

Calidad

Mala calidad visual del entorno inmediato por generación de contaminantes y/o partículas

Evaluado para actividades como el Transporte de maquinaria y el Movimiento de tierras, obtuvo una significancia de Impacto **Moderadamente Significativo (MS)** con un valor de 0.543. Esta valoración se deriva de un Índice Básico de 0.333, donde los criterios de intensidad, extensión y duración se calificaron con el valor mínimo (1), debido a que la presencia de polvo y emisiones en el aire es un fenómeno transitorio y localizado. Sin embargo, la significancia se eleva al rango

medio por un Índice Complementario de 0.444, impulsado por una acumulación media (2) y una sinergia moderada (2), factores que reconocen cómo la suma de partículas en suspensión y gases de combustión degrada la visibilidad y estética del entorno inmediato de la obra, situando el indicador final en el umbral de 0.401 a 0.600.

Las actividades de desmonte, despalme y excavaciones significan movimiento de suelo que generarán grandes cantidades de polvos, provocando una afectación sobre la calidad visual del paisaje. Aunado a lo anterior la presencia de maquinaria y equipos, así como de los residuos que sean generados durante el desarrollo del proyecto también ocasionarán una modificación en la calidad del paisaje.

Visibilidad

Perturbación de la Visibilidad

El impacto de Perturbación de la visibilidad presenta dos niveles de relevancia según la actividad realizada. Para las etapas de Desmonte y Cimentación para plataforma, se determinó una **significancia de Moderadamente Significativo (MS)** con un valor de 0.491, resultado de un Índice Básico de 0.333 y un Índice Complementario de 0.667; esto refleja una alteración visual puntual y de corta duración limitada a las zonas de trabajo intensivo. Por otro lado, actividades como Nivelación, Relleno y Construcción de Obra Hidráulica alcanzan un valor de **Significativo (S)** con un valor de 0.587, debido a que la modificación de la topografía y la introducción de estructuras permanentes extienden la afectación visual en el tiempo, consolidando una presencia antrópica que altera de forma definitiva el horizonte del entorno inmediato

Esta valoración responde a que las actividades constructivas —que implican el movimiento de personal, maquinaria y equipo— alterarán la visibilidad de manera temporal; sin embargo, dicho efecto se ve matizado por la localización del proyecto dentro de una zona predominantemente industrial.

Restauración

Para las actividades de Restauración, se identificaron impactos de naturaleza Positiva con una significancia de Muy Significativo (MMS) y un valor de 0.822. Este resultado técnico se deriva de un Índice Básico de 0.667, donde la Intensidad moderada (2) y la Extensión local (2) se ven potenciadas por una Duración larga (3), garantizando que los beneficios ecológicos perduren más allá del cierre del proyecto. Al integrar un Índice Complementario de 0.556 —impulsado

por una Sinergia fuerte (3) y una Acumulación media (2)—, el análisis matemático confirma que las acciones de restauración, rescate y reubicación, generan una mejora sustancial y crítica para el restablecimiento de los servicios ecosistémicos en el área de influencia.

Una vez descritos los impactos ambientales que ocasionará el proyecto, se presenta gráficamente la valoración de cada uno de ellos (positivo y negativos) por componente ambiental, donde se aprecia la distribución de los impactos tanto en el medio biótico, abiótico y su comportamiento en la parte socioeconómica.

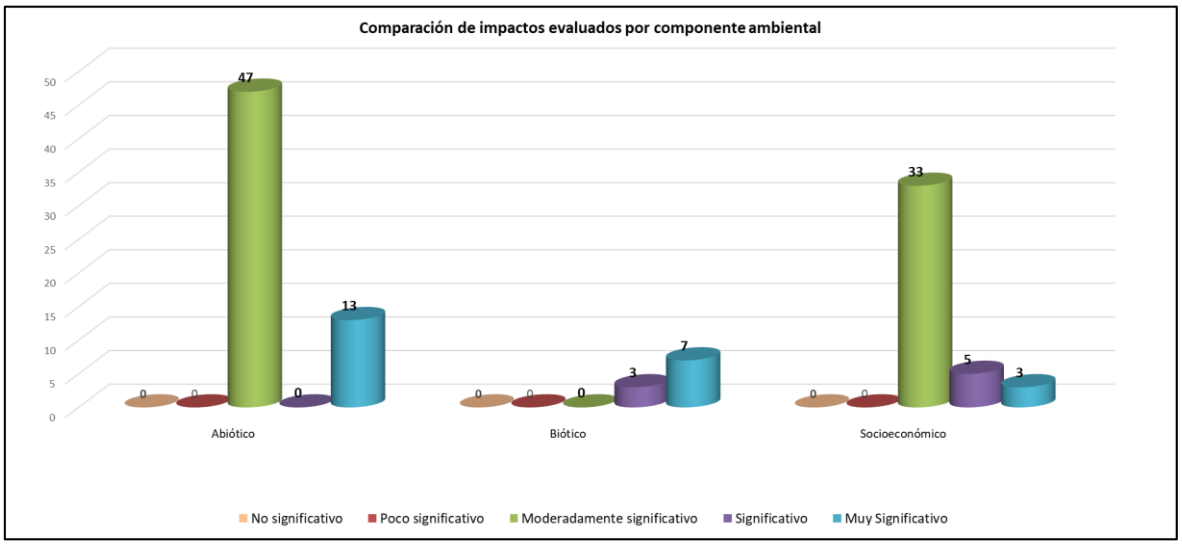


Figura 8. Comparación de la significancia de impactos por medio ambiental.

Se tiene que la mayor cantidad de impactos se producirán en el medio abiótico con un subtotal 47 impactos Moderadamente significativos y 13 muy significativos, principalmente por los impactos que se producirán sobre el componente suelo en la modificación a la morfología, afectación a la calidad del suelo, afectación a las condiciones de escurrimientos superficial e infiltración e impactos por las emisiones a la atmosfera, generación de ruido y afectaciones al paisaje.

En el caso de los impactos en el componente biótico el impacto muy significativo (7) es en el componente vegetación, dado que al removerse vegetación este tendrá repercusiones en el componente fauna, ambos con afectaciones de especies en norma

En el aspecto socioeconómico los impactos positivos se verán reflejados moderadamente significativos sobre todo por la generación de empleos.



De conformidad con lo anterior se considera como impactos negativos con prioridad de atención alta a los clasificados como “MMS” (muy significativos) y “S” (significativos) específicamente, los cuales se grafican de acuerdo con el impacto en donde se suscitan.

De acuerdo con la matriz de evaluación, la mayor concentración de impactos con significancia Muy Significativa (MMS) se localiza en el componente Suelo. Destaca la alteración de la morfología del terreno y la consecuente aceleración de procesos erosivos; asimismo, la remoción de la cubierta forestal implica un cambio de uso de suelo que deriva en la pérdida de hábitat y el desplazamiento de la fauna silvestre. En cuanto al componente Agua, se identificaron impactos en la dinámica hidrológica superficial y subterránea (infiltración y escurrimiento). La construcción de superficies impermeables modificará los coeficientes de escorrentía e infiltración, alterando la recarga del subsuelo. Finalmente, se catalogaron como Moderadamente Significativos (MS) los impactos asociados a la modificación del paisaje, la dispersión de partículas suspendidas por el movimiento de tierras y la gestión de residuos sólidos urbanos, y de la construcción.

V.7. Evaluación con medidas de mitigación

En este apartado se presenta y describe la evaluación del escenario del proyecto con la aplicación de las medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales, considerando un escenario en el que las medidas se apliquen de acuerdo a lo que se plantea en capítulos posteriores, los impactos evaluados disminuyen su intensidad o significancia, cambiando su significancia a una de menor impacto.

El análisis comparativo demuestra la efectividad de las medidas de mitigación en la reducción del impacto ambiental. Al contrastar los escenarios con y sin intervención, se observa un cambio en el nivel de significancia de los impactos hacia categorías de baja relevancia:

Impactos No Significativos: Incrementaron de 0 a 62 impactos

Poco Significativos: Pasaron de 0 a 7.

Impactos Moderadamente Significativos: Se redujeron drásticamente de 68 a solo 11.

Impactos Significativos: Disminuyeron de 8 a 2.

Impactos Muy Significativos: Se contrajeron de 12 a 6.

A partir de estos datos, se infiere que la estrategia ambiental logra mitigar la gran mayoría de los impactos identificados. Respecto a los 6 impactos residuales que persisten en la categoría de Muy Significativos, estos corresponden a alteraciones inherentes a la naturaleza del proyecto que no pueden ser eliminadas mediante mitigación directa. Para estos casos, se han

diseñado medidas de compensación específicas, las cuales se detallan en el capítulo correspondiente de este documento.

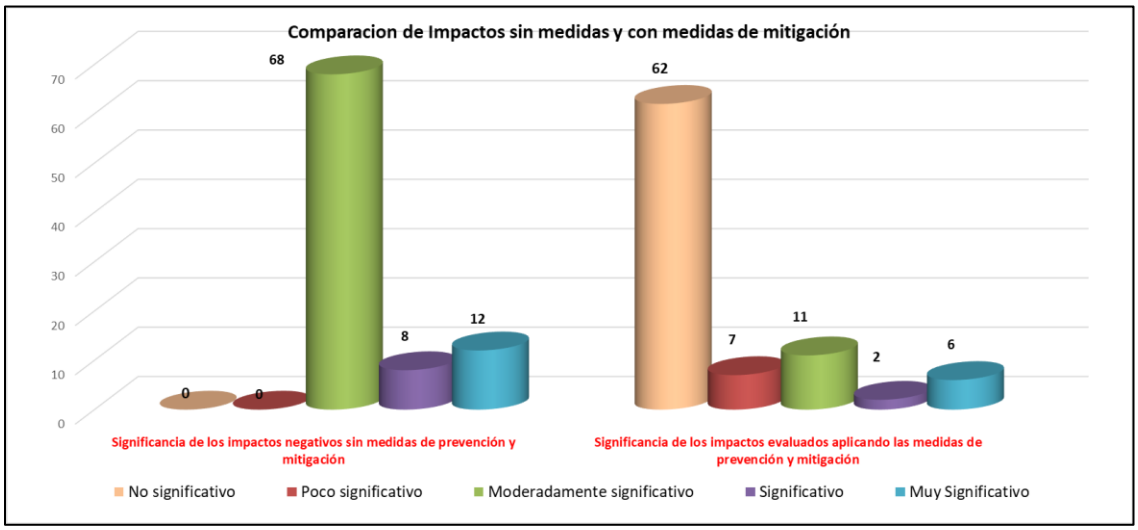


Figura 9. Gráfica comparativa de la significancia de los impactos negativos con y sin aplicación medidas.

En la tabla se presenta un resumen de la significancia de los impactos sin medidas y el resultado una vez aplicadas las medidas pertinentes.

Tabla 15. Porcentajes de efectividad con las medidas de mitigación.

Impacto	Significancia de los impactos negativos sin medidas de prevención y mitigación	Significancia de los impactos evaluados aplicando las medidas de prevención y mitigación	Significancia de los impactos negativos sin medidas de prevención y mitigación %	Significancia de los impactos negativos aplicando las medidas de prevención y mitigación %
No significativo	0	62	0	70
Poco significativo	0	7	0	8
Moderadamente significativo	68	11	77	13
Significativo	8	2	9	2
Muy Significativo	12	6	14	7
Total=	**88**	**88**	**100**	**100**

La implementación de las medidas de mitigación propuestas demuestra una repercusión altamente positiva en la gestión ambiental del proyecto. Al contrastar los escenarios con y sin medidas, se observa una reducción drástica en la severidad de los impactos:

Impactos Muy Significativos (MMS): Se redujeron a la mitad, pasando del 14% al 7%.

Impactos Significativos (S): Presentaron una disminución notable, del 9% al 2%.

Impactos Moderadamente Significativos (MS): Representan el cambio más contundente, descendiendo del 77% a solo un 13%.

Esta estrategia permite la conversión de impactos críticos en categorías residuales de baja relevancia. Lo anterior se evidencia en el incremento de los impactos Poco Significativos (en un 8%) y, principalmente, en el aumento sustancial de los impactos catalogados como No Significativos, los cuales crecieron un 70%.

Estos resultados confirman que la aplicación de las medidas no solo mitiga los impactos, sino que posiciona el proyecto dentro de niveles de afectación ambiental aceptables, acompañados de medidas d compensación ambiental.

En la gráfica siguiente se puede visualizar el efecto que tendrá el aplicar las medidas de prevención, mitigación y compensación del impacto ambiental, se observa que efectivamente se disminuye la significancia del impacto llegando a ser impactos en su mayoría No significativos.

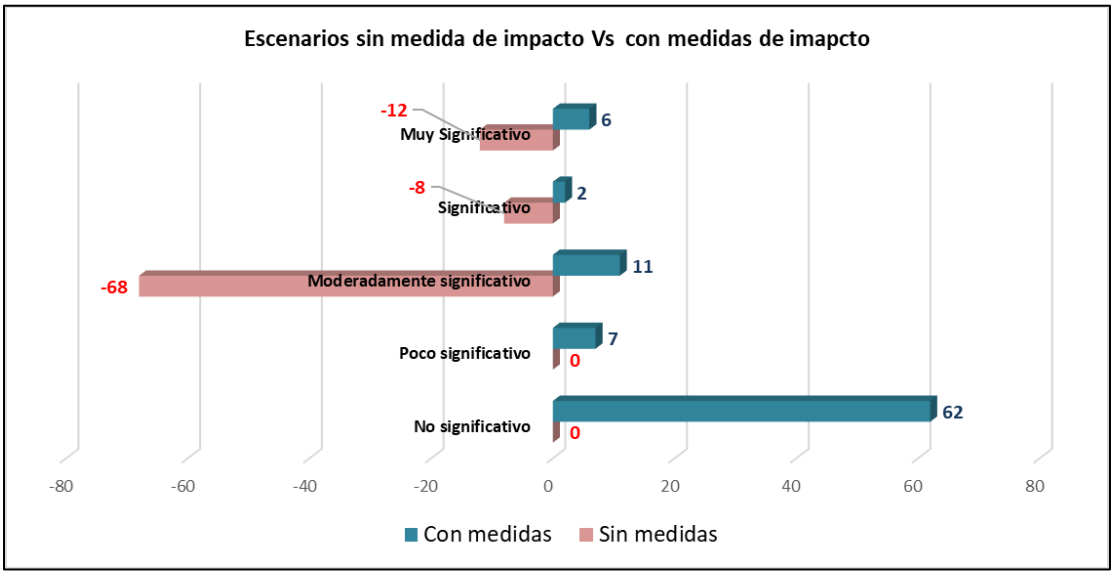


Figura 10. Efectividad de la aplicación de las medidas de mitigación del impacto ambiental.

Tabla 16. Matriz de resultados de la valoración de impactos (Significancia de los impactos ambientales con medidas de mitigación). Impacto no significativo (NS), impacto poco significativo (PS), impacto moderadamente significativo (MS), impacto significativo (S) e impacto muy significativo (MMS)

Medio	Componente	Factor	Impacto	I.PREELIMINARES					II.CONSTRUCCIÓN			III.OPERACIÓN Y MANTENIMEINTO			IV.ABANDONO	
				Obras provisionales	Desmonte	Despalme	Relleno	Nivelación	Obra Hidráulica	Cimentación para plataforma	Instalaciones de servicio	Almacenes y distribución de materiales	Manejo y disposición de residuos	Retiro de obras provisionales para construcción	Desmantelamiento	Restauración
Abiótico	Suelo	Tipo de uso	Cambio en el uso del suelo		MMS											
		Calidad	Erosión del suelo		MS	MS										
			Modificación de la morfología del suelo				MMS	MS								
			Contaminación por residuos sólidos urbanos, peligrosos y de manejo especial	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
	Agua	Recarga	Infiltración al subsuelo							MMS		MMS				
			Escurrimiento superficial				PS	PS	PS	PS						



Medio	Componente	Factor	Impacto	I.PREELIMINARES					II.CONSTRUCCIÓN			III.OPERACIÓN Y MANTENIMEINTO			IV.ABANDONO	
				Obras provisionales	Desmonte	Despalme	Relleno	Nivelación	Obra Hidráulica	Cimentación para plataforma	Instalaciones de servicio	Almacenes y distribución de materiales	Manejo y disposición de residuos	Retiro de obras provisionales para construcción	Desmantelamiento	Restauración
	Aire	Calidad	Emisión de gases de combustión de maquinaria y vehículos		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
			Emisión de partículas (polvo)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS				NS	
	Ruido	Confort sonoro	Alteración por ruido	NS	PS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Biótico	Vegetación	Cobertura	Eliminación de la cobertura		MMS											
		Abundancia	Variación en la abundancia por la afectación de individuos		MMS											
			Afectación de flora en NOM-059-SEMARNAT-2010		MS											
	Fauna	Distribución	Desplazamiento de individuos		MS											





Medio	Componente	Factor	Impacto	I.PREELIMINARES					II.CONSTRUCCIÓN			III.OPERACIÓN Y MANTENIMEINTO			IV.ABANDONO	
				Obras provisionales	Desmonte	Despalme	Relleno	Nivelación	Obra Hidráulica	Cimentación para plataforma	Instalaciones de servicio	Almacenes y distribución de materiales	Manejo y disposición de residuos	Retiro de obras provisionales para construcción	Desmantelamiento	Restauración
		Abundancia	Variación en la abundancia: riesgo de afectación a individuos		S											
			Afectación de fauna en NOM-059-SEMARNAT-2010		MS											
		Hábitat	Perturbación del hábitat		S											
Socio-económico	Economía	Empleos	Generación de fuentes de empleo													
	Población	Riesgo	Afectación a integridad humana por accidentes	NA	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
	Paisaje	Calidad	Mala calidad visual del entorno inmediato por generación de contaminantes y/o partículas		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS				NS	





Medio	Componente	Factor	Impacto	I.PREELIMINARES					II.CONSTRUCCIÓN			III.OPERACIÓN Y MANTENIMEINTO			IV.ABANDONO	
				Obras provisionales	Desmonte	Despalme	Relleno	Nivelación	Obra Hidráulica	Cimentación para plataforma	Instalaciones de servicio	Almacenes y distribución de materiales	Manejo y disposición de residuos	Retiro de obras provisionales para construcción	Desmantelamiento	Restauración
		Visibilidad	Perturbación de la visibilidad	PS	PS	MS	MS	MS	MS	MS						





V.8. Conclusiones

La valoración comparativa de los escenarios ambientales determina que el proyecto de ampliación del patio de maniobras es ambientalmente viable. Mientras que el escenario sin medidas proyecta una presión significativa sobre el entorno, la implementación de medidas de mitigación del impacto ambiental logra que el 90% de los impactos negativos se sitúen en niveles Poco o No Significativos.

Esta reducción técnica transforma el desarrollo del proyecto en un proceso controlado, compatible con el entorno biótico y abiótico de la región.

La viabilidad del proyecto se consolida mediante la integración de tres pilares estratégicos: Restauración, mitigación y compensación: Las medidas de restauración ecológica, calificadas como Muy Significativas (MMS) positivas, garantizan que la pérdida de cobertura vegetal sea compensada mediante procesos de recuperación en zonas cercanas al del proyecto, compensando las actividades de preparación del sitio.

Como pieza fundamental de la ASIPONA Salina Cruz, esta ampliación es un motor crítico para el Polo de Desarrollo para el Bienestar. Al optimizar la capacidad de almacenamiento y logística, se fortalece el rol estratégico del Puerto de Salina Cruz en el Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec (CIIT), consolidando una infraestructura de clase mundial.

El balance socioeconómico es ampliamente favorable. La generación de empleos y la derrama económica proyectada no solo benefician directamente a la ciudad de Salina Cruz, sino que actúan como un catalizador de bienestar para la región del Istmo de Tehuantepec. La mejora en la eficiencia portuaria se traduce en competitividad regional, elevando la calidad de vida y las oportunidades de desarrollo industrial y comercial de la zona.

En conclusión, el proyecto no solo cumple con la normativa ambiental vigente, sino que se posiciona como una obra de utilidad pública y alto valor estratégico. El equilibrio entre la mitigación técnica de los impactos negativos y la potenciación de los beneficios sociales apunta a un proyecto viable



Bibliografía

ASIPONA Salina Cruz. (2022). *Programa Maestro de Desarrollo Portuario del Puerto de Salina Cruz 2022-2027*. Secretaría de Marina

Bojórquez-Tapia, L.A. y Ortega-Rubio, A. (1989). "Análisis de técnicas de simulación cualitativa para la predicción del impacto ecológico", Ciencia, 40:71-78

Encinas Malagon, Ma. Dolores. 2011. Medio Ambiente y Contaminación. Principios básicos. 1a ed.

IMTA. 1999. «CATALOGO DE IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR LAS CARRETERAS Y SUS MEDIDAS DE MITIGACION». https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt133.pdf.

INECC. 2024. «Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (GYCEI)». https://cambioclimatico.gob.mx/estadosymunicipios/Emisiones.html.

Muñoz Saravia, Antonio. 2007. «LOS MÉTODOS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO EN LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS EN PROYECTOS DE INVERSIÓN SOCIAL». Tesis de doctorado, UNIVERSIDAD MARIANO GÁLVEZ DE GUATEMALA, GUATEMALA.

SICT. 2025. «Manual para la Conservación Ambiental de las Carreteras». https://micrs.sct.gob.mx/images/DireccionesGrales/DGST/Manuales/Manual%20para%20la%20Conservacion%20Amb/Manual%20Conservacion%20Carretera%20EC.pdf.

CAPITULO VI

JUSTIFICACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y SOCIAL QUE MOTIVE LA AUTORIZACIÓN EXCEPCIONAL DEL CAMBIO DE USO DE SUELO



CONTENIDO

VI.1 Justificación técnica 4
VI.1.1. Estado actual del suelo y su relación con la permanencia de la biodiversidad ... 4
Conclusiones 10
VI.1.2. Análisis Hidrológico e implicaciones ecológicas 11
Hidrología Superficial del sitio 11
Balance hídrico 11
Conclusiones 16
VI.1.3. Diagnóstico de biodiversidad 17
Vegetación 17
Composición faunística 19
Conclusiones 21
VI.2 Justificación económica 21
VI.3 Justificación social 25
Beneficios sociales directos 25
Impacto en el bienestar social 26
Contribución al desarrollo regional 26

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ESTIMACIÓN DE EROSIÓN HÍDRICA EN ESCENARIO ACTUAL Y CON CUS. ... 6
FIGURA 2. ESTIMACIÓN DE EROSIÓN EÓLICA. ESCENARIO ACTUAL Y CON CUS. 6
FIGURA 3. VARIACIÓN DE LA EROSIÓN TOTAL ACTUAL Y POTENCIAL POR CUS. 7
FIGURA 4. VARIACIÓN DE ESCURRIMIENTO E INFILTRACIÓN EN ESCENARIO ACTUAL Y CON CUS. 15

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. VALORES CONSIDERADOS EN LA ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN, ESCENARIO 3. 9
TABLA 2. VALORES CONSIDERADOS EN LA ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN, ESCENARIO 4. 9
TABLA 3. ANÁLISIS DE EROSIÓN 10
TABLA 4. VALORES DE K, EN FUNCIÓN DEL TIPO Y USO DE SUELO. 12
TABLA 5. INFILTRACIÓN EN LOS DIFERENTES ESCENARIOS 14
TABLA 6. ÍNDICES DE DIVERSIDAD ESTIMADOS PARA EL ÁREA CUSTF Y SA. 17
TABLA 7. VALORES DE INTERPRETACIÓN DE LOS ÍNDICES DE SHANNON - WIENER Y MARGALEF. 19
TABLA 8. VALOR ECONÓMICO DE LA FAUNA ASOCIADO AL ÁREA DEL PROYECTO. 23
TABLA 9. VALOR ECONÓMICO DE LA VEGETACIÓN ASOCIADO AL ÁREA DEL PROYECTO. 24



VI.1 Justificación técnica

El área CUSTF no depende de escurrimientos naturales ni recibe aporte de marea; la humedad que mantiene al manglar de tipo secundario proviene de un canal de aguas residuales proveniente de la ciudad de Salina Cruz, por lo que no existe un proceso hidrológico funcional susceptible de ser alterado.

Asimismo, los datos de biodiversidad confirman que el área de CUSTF presenta tendencias a desaparecer por el alto grado de degradación; en contraste, el Sistema Ambiental (SA) conserva áreas con mayor integridad del manglar y vegetación nativa. La riqueza faunística en el SA es mayor que en el área CUSTF, y las especies registradas en el CUSTF están plenamente representadas en el entorno del SA.

Esta comparación evidencia de forma técnica que **el CUSTF no constituye un ecosistema funcional, si no un remanente alterado cuya remoción no compromete la biodiversidad del SA**.

VI.1.1. Estado actual del suelo y su relación con la permanencia de la biodiversidad

El análisis de erosión hídrica y eólica realizado bajo la metodología SEDUE (1988) confirma que el suelo del área sujeto a Cambio de Uso de Suelo (CUSTF) presenta **degradación activa**, baja capacidad de retención de humedad y pérdida progresiva de la capa superficial fértil. Estas condiciones limitan la regeneración vegetal y disminuyen la disponibilidad de microhábitats edáficos esenciales para fauna de baja movilidad.

Antes de exponer los resultados del cálculo de erosión, es importante señalar que el análisis del suelo constituye un elemento clave para evaluar la permanencia de la biodiversidad. La estabilidad del suelo determina la capacidad del sitio para: sostener vegetación nativa, proveer microhábitats para fauna de baja movilidad, y mantener procesos ecosistémicos básico.

Tomando los valores de erosión, se realizó la comparación de los cuatro escenarios:

- **Escenario 1**: Tasa de erosión que se presenta en las condiciones actuales.
- **Escenario 2**: Tasa de erosión que se presenta una vez eliminada la vegetación forestal.
- **Escenario 3**: Tasa de erosión en el polígono de reforestación que se presenta en las condiciones actuales.
- **Escenario 4**: Tasa de erosión que se presentaría una vez efectuada la reforestación.

Estimación de la erosión del suelo.

La descripción de la metodología, así como los cálculos efectuados se muestran a detalle en el Capítulo IV del presente estudio, por lo que para este escenario solo se presenta el resumen de los datos obtenidos.

Escenario 1: Sin Cambio de Uso del Suelo.

Como se muestra en la Tabla 1, en el área de CUSTF, donde existe vegetación secundaria de mangle, en las condiciones actuales, sin la ejecución del proyecto se presenta una tasa de erosión hídrica de 3.55 ton/ha/año y de 6.30 ton/ha/año para erosión eólica, donde los volúmenes de erosión son de 13.94 ton/año y 24.72 ton año -erosión hídrica y eólica, respectivamente-, dando un valor de erosión total estimado de 38.67 ton/año. Por ello, la

estimación del grado de erosión actual permite mostrar que el área CUSTF presenta un estado moderado de degradación edáfica.

Escenario 2: Con Cambio de Uso del Suelo.

Al realizar el cambio de uso de suelo; es decir, eliminar la cobertura vegetal y realizar las acciones de desmonte y despalme, la variable CAUSO (Vegetación y uso de suelo), asignada es Asentamientos humanos y pasa de 0.10 -valor de vegetación secundaria-, a 1, al asumir el suelo desnudo.

Por lo tanto, se estima que la tasa de erosión es de 21.55 ton/ha/año para erosión hídrica y de 160.56 ton/ha/año para la erosión eólica; los volúmenes de erosión se ubican en 84.48 ton/año por efecto de la erosión hídrica y 160.565 ton/ha/año, a causa del viento. Por lo tanto, en la superficie solicitada para cambio de uso de suelo se estima una pérdida anual de 713.90 toneladas, al retirar la cobertura vegetal.

Tabla 1. Tasas de erosión en diferentes escenarios.

Datos	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Tasa de erosión hídrica (ton/ha/año)	3.55	21.55	2.15	0.539
Volumen de erosión hídrica (ton/año)	13.94	84.48	8.45	2.11
Tasa de erosión eólica (ton/ha/año)	6.31	160.56	64.23	16.06
Volumen de erosión eólica (ton/año)	24.72	629.41	251.76	62.94
Volumen de erosión total: hídrica + eólica (ton/año)	38.67	713.89	260.21	65.05
Valoración para la erosión total.	Erosión moderada	Muy alta	Muy alta	Alta

De forma tal, que el incremento en la erosión del suelo atribuible al desmonte y despalme se estima en 675.23 ton/año (Escenario 2 – Escenario 1).

Ahora bien, recordando que las acciones de desmonte y despalme están programadas para efectuarse de manera escalonada los primeros cinco meses de cuatro años, se tiene lo siguiente:

$$675.23 \frac{ton}{\text{año}} \div 12\ meses = 56.27\ ton/mes$$

$$56.27 \frac{ton}{mes} \times 5\ meses = 281.34\ ton$$

Por lo tanto, 281.34 ton corresponden al incremento de erosión estimada en los cinco meses del año que se ejecuten las actividades propias del cambio de uso de suelo, multiplicados por cuatro años= 1,125 toneladas de suelo erosionado durante el tiempo estimado en que se ejecuten las acciones de desmonte y despalme, lo cual corresponde a la cantidad de suelo a compensar con las medidas propuestas y, se describe a detalle a continuación.

En las gráficas siguientes se aprecia el incremento del volumen de suelo erosionable por la ejecución del proyecto sin aplicar medidas de mitigación.

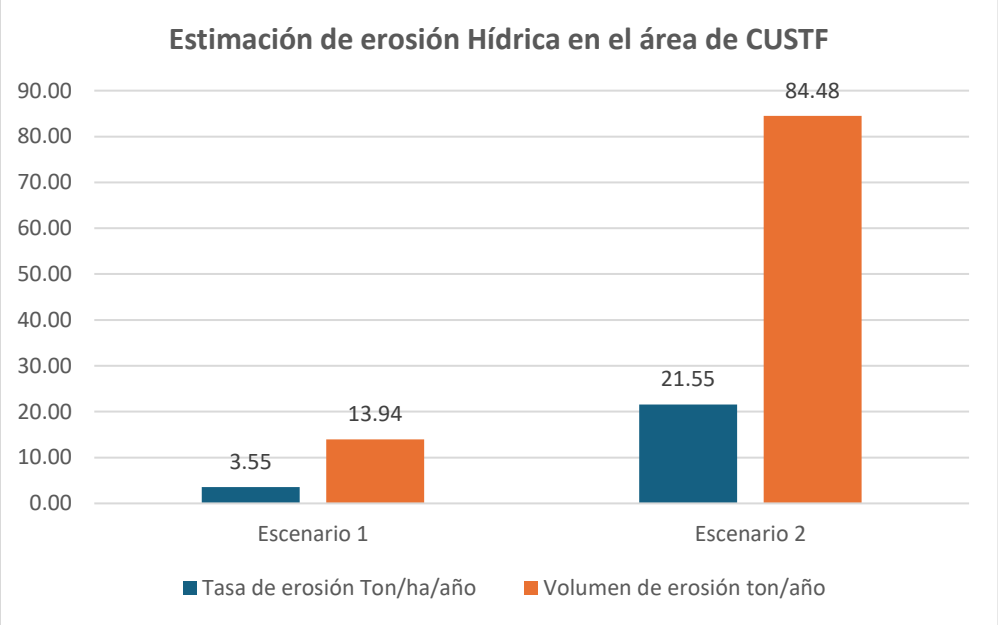


Figura 1. Estimación de erosión hídrica en Escenario actual y con CUS.

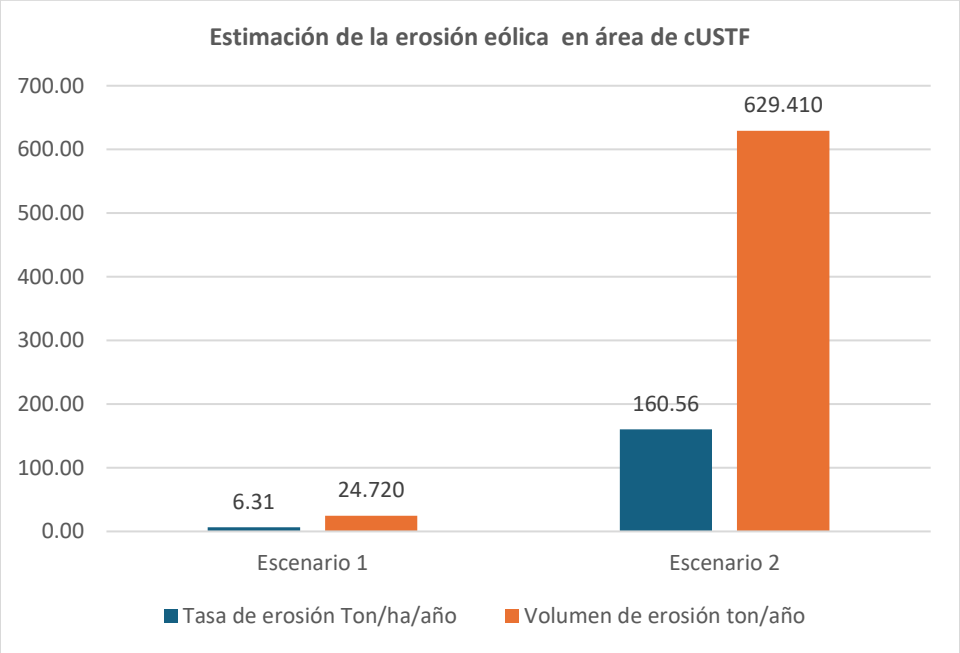


Figura 2. Estimación de erosión eólica. Escenario actual y con CUS.

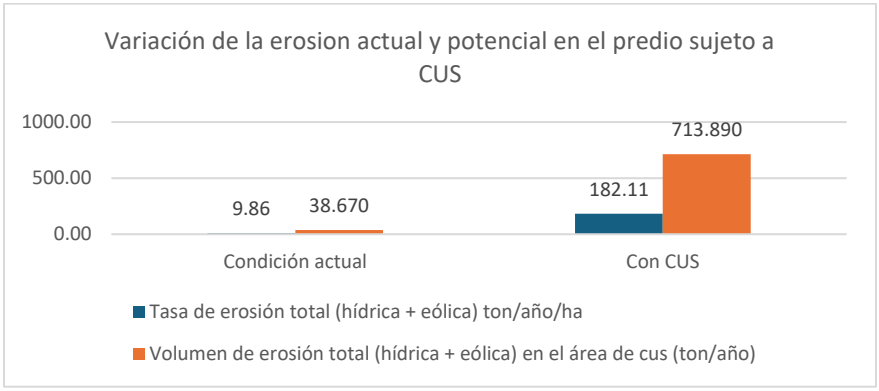


Figura 3. Variación de la erosión total actual y potencial por CUS.

Escenario 3: Con Cambio de Uso del Suelo y con medidas de mitigación.

Como se describió en el Escenario 2, la ejecución del cambio de uso de suelo solicitado conlleva un incremento de pérdida de suelo estimada de 1,131.2 toneladas en un periodo de 4 años, considerando tanto la erosión hídrica como eólica; dicha cantidad deberá ser compensada para cumplir con el supuesto de excepción previsto en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, que a la letra dice: *La Secretaría solo podrá autorizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos cuyo contenido se establecerá en el Reglamento, los cuales demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, y* ***que la erosión de los suelos****, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación* ***se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal*** (Artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, LGDFS).

Dado que en el área del CUSTF, no será es aplicable el establecer medidas de mitigación o compensación en el sitio, por lo tanto, se estima la erosión que se tiene actualmente en el área propuesta para reforestación, considerada ésta como la principal medida para mitigar la pérdida de suelo ocasionada por la ejecución del cambio de uso de suelo solicitado. Posteriormente, en el escenario 4 se estima la erosión que se tendría una vez efectuada la reforestación, para demostrar que se cumple con el supuesto de excepción marcado por la LGDFS.

El proyecto considera la reforestación de 3.92 ha con especies de mangle botoncillo (*Conacarpus erectus*) y mangle negro (*Avicennia germinans*). Con esta acción de compensación, las tasas de erosión en los componentes hídrico y eólico, estarían en menores índices que en las condiciones actuales, toda vez que el área a reforestar presenta mejores condiciones de suelo que al área de CUSTF, con una pendiente menor, suelo en mejores condiciones físicas y una mejor estructura del manglar existente; además de disponer de un mejor y mayor aporte de agua, tanto de mar como del humedal existente en el entorno de la

zona de la playa las escolleras (y cercana a las salineras) sitio destinado para la reforestación por compensación.

El sitio seleccionado presenta las siguientes características:
Superficie: 3.92 ha
Suelo: Arenosol
Textura: Gruesa
Temperatura media: 29.5°C
Precipitación: 880.4 mm
Altura máxima: 4 msnm
Altura mínima: 0 msnm
Longitud de la pendiente: 254 m.

Es importante señalar que el sitio propuesto para reforestación se localiza en la zona conocida Playa Las Escolleras, Salinas del Marqués, Municipio de Salina Cruz, Oaxaca, en las coordenadas UTM zona 15 Q entre los vértices 259215, 1785968 y 260716, 1787607. La zona forma parte de un humedal costero con influencia de las actividades portuarias y se encuentra en un predio de dominio público federal, de conformidad con lo establecido en la Ley General de Bienes Nacionales. Dicho polígono propuesto, tiene una superficie de 4.01 ha, en las cuales, solamente se establecerá la reforestación en 3.92 ha. En la figura 4, se presenta el sitio de reforestación.

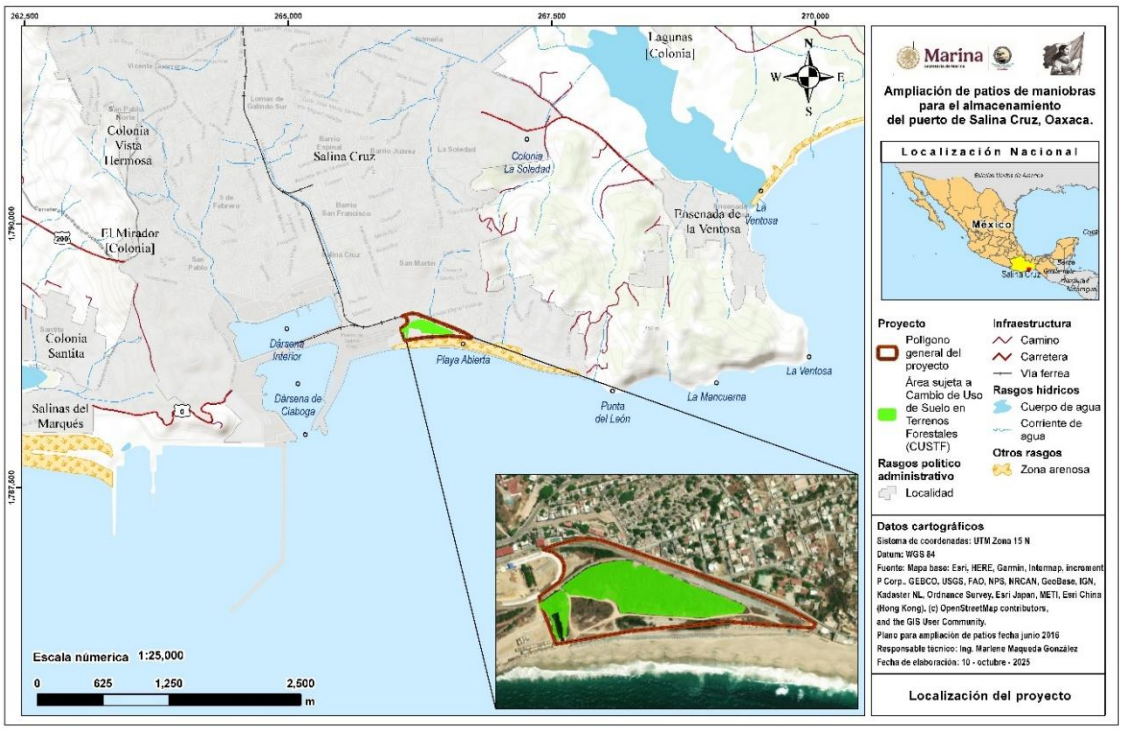


Figura 4. Ubicación del polígono propuesto para la reforestación, en Playa Las Escolleras, Salina Cruz, Oaxaca.



En este sitio propuesto, se identificó la presencia de individuos aislados de mangle y regeneración natural de *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo). Esta condición evidencia la capacidad potencial del sitio para sostener un ecosistema de manglar mediante esquema asistido, favoreciendo su establecimiento a largo plazo.

Si bien, la superficie cuenta con individuos aislados de mangle, las actividades de reforestación se dirigirán a aquellas superficies que están desprovistas de vegetación y que se consideran para fines de la estimación (factor CAUSO) como de erosión como **áreas sin vegetación aparente.**

Bajo este contexto, empleando la metodología descrita en el capítulo IV del presente documento, se seleccionaron las siguientes variables para realizar la estimación de la erosión hídrica y eólica en el polígono seleccionado.

Tabla 1. Valores considerados en la estimación de la erosión, Escenario 3.

Erosión hídrica **EH= IALLU * CAERO * CATEX * CATOP * CAUSO**	**Erosión eólica** **EEO = IAVIE * CATEX * CAUSO**
IALLU= 153.95 CAERO= 0.5 CATEX= 0.2 CATOP= 0.35 CAUSO= 0.4 Eh= 2.15 ton/ha/año Eh= 8.45 ton/año	IAVIE= 45.88 CATEX= 3.50 CAUSO= 1 Eo= 64.22 ton/ha/año Eo= 251.77 ton/año
Et= Eh + Eo Et= 66.38 ton/ha/año Et= 260.21 ton/año	

De tal forma, que, bajo las condiciones descritas en el polígono seleccionado para realizar la reforestación como medida de compensación, se estima una pérdida de suelo total de 260.21 ton/año considerando los efectos hídricos y eólicos.

Ahora bien, en la siguiente tabla se muestran los valores seleccionados para realizar la estimación de la erosión con la metodología ya descrita, considerando ahora el polígono con reforestación. Cabe señalar que el valor de CAUSO empleado corresponde al de “Vegetación de galería”.

Tabla 2. Valores considerados en la estimación de la erosión, Escenario 4.

Erosión hídrica **EH= IALLU * CAERO * CATEX * CATOP * CAUSO**	**Erosión eólica** **EEO = IAVIE * CATEX * CAUSO**
IALLU= 153.95 CAERO= 0.5 CATEX= 0.2 CATOP= 0.35 CAUSO= 0.10 Eh= 0.539 ton/ha/año Eh= 2.11 ton/año	IAVIE= 45.88 CATEX= 3.50 CAUSO= 0.10 Eo= 16.06 ton/ha/año Eo= 62.94 ton/año
Et= Eh + Eo	



Et= 16.59 ton/ha/año Et= 65.05 ton/año

Por lo tanto, se estima que, una vez efectuada la reforestación, se alcanzan valores de erosión de 65.05 ton/año.
Lo anterior implica una disminución de la erosión de 195.16 ton/año (Escenario 3-Escenario 4).

Conclusiones

De los análisis efectuados en el presente apartado, se concluye que la medida de compensación propuesta, consistente en la reforestación de 3.92 ha, reduciría la erosión en 195.16 ton/año (Escenario 3 – Escenario 4).
Ahora bien, recordando que las labores de cambio de uso de suelo se realizarán de manera escalonada en cinco meses de cuatro años, se tiene que 282.80 toneladas de suelo se perderán por efecto de la ejecución del cambio de uso de suelo solicitado. Como se observa, con la medida de compensación propuesta, se comprueba que anualmente se estará compensando por mucho la cantidad de suelo que se erosionaría por la ejecución del proyecto.

Tabla 3. Análisis de erosión

Erosión total (toneladas/año)	713.90
Erosión mensual (toneladas)	56.56
Erosión en cinco meses de ejecución por año (erosión a compensar)	**282.81**
Erosión compensada en el área de reforestación (toneladas/año)	**195.16**

Por lo tanto, del análisis efectuado se concluye que la medida de compensación propuesta, compensa en gran medida la pérdida de suelo anual estimada a obtenerse por la ejecución del cambio de uso de suelo solicitado.
Por otro lado, en el análisis de los efectos erosivos por las actividades de desmonte y despalme en el área sujeta a CUS, es importante mencionar de manera previa, que el área sujeta a cambio de uso del suelo no posee los atributos ecológicos para sustentar la vegetación de manglar existente al ubicarse dentro de un entorno urbano, fragmentado, con la presencia de especies de vegetación secundaria y exóticas y, donde no existe conectividad con otros ecosistemas costeros que posibiliten la permanencia de la vegetación y fauna en el mediano plazo, lo anterior aunado al aporte de aguas residuales que impactan de manera negativa la vegetación existente y el ecosistema.
En el análisis de los efectos erosivos, las actividades de desmonte se realizarán de forma gradual en el área del proyecto, con la finalidad de no exponer toda la superficie a los efectos erosivos sobre todo al factor viento, sumado a lo anterior y en relación al cuadro comparativo de los diferentes escenarios, el desmonte se realizará en temporada de secas en la zona del Istmo ya que la precipitación normal en esos meses (Noviembre-Abril) es menor de 25 mm (noviembre) y no mayores de 5 mm de lluvia los meses restantes (Dic-abr), esta situación disminuye el riesgo de erosión hídrica al no exponer el suelo al desprendimiento y arrastre de partículas del suelo. Es importante mencionar que una vez terminado los trabajos



de desmonte, despalme y nivelación en el área de CUSTF se dará inició con la construcción de la plataforma, situación que lo protege, sin embargo, deja de funcionar como un suelo natural. Se reitera que, como medida de compensación ambiental, se propone la reforestación de una superficie de 3.92 ha. Esta medida compensatoria cumple ampliamente con las expectativas ambientales, toda vez que la actual zona de reserva no posee los atributos ecológicos para sustentar la vegetación de manglar existente al ubicarse dentro de un entorno urbano, fragmentado, con la presencia de especies de vegetación secundaria y exóticas y, donde no existe conectividad con otros ecosistemas costeros que posibiliten la permanencia de la vegetación y fauna en el mediano plazo.

La zona de compensación posibilita ampliamente la recuperación de los servicios ambientales que el área de cambio de uso del suelo del proyecto **genera parcialmente,** por ser un **ecosistema en condición de aislamiento** rodeado de la zona urbana.

Por lo anterior, se concluye que la ejecución del cambio de uso de suelo para el desarrollo del proyecto aumentará la erosión del suelo que en la actualidad se presenta; asimismo, con la implementación de la medida de compensación propuesta, compensa en gran medida la pérdida de suelo anual estimada a obtenerse por la ejecución del cambio de uso de suelo solicitado.

VI.1.2. Análisis Hidrológico e implicaciones ecológicas

El mantenimiento de la biodiversidad depende directamente de los procesos Hidrológicos por lo que se integran resultados de la hidrología superficial presentes en el área CUSTF.

Hidrología Superficial del sitio

El área CUSTF se localiza en la Región Hidrológica RH-21 Costa de Oaxaca, dentro de la Subcuenca Salina Cruz, caracterizada por:

- Baja permeabilidad en gran parte del territorio.
- Isoyetas entre 800 y 1,200 mm anuales.
- Unidades de escurrimiento de 10 a 20%, predominantes en la subcuenca.
- Áreas con rangos de escurrimiento de 0 a 5% asociadas a suelos más permeables y pendientes bajas.

En las inmediaciones del área CUSTF no existen ríos o arroyos permanentes; únicamente se identificó: Un arroyo intermitente con una longitud estimada de 1.2 km, que funciona como canal de aguas residuales que desemboca en el polígono de estudio, y que mantiene la humedad permanente en el sitio e introduce residuos sólidos (elemento que confirma la degradación ecológica del sitio).

Esta condición explica la presencia de vegetación secundaria de manglar dependiente de humedad no natural y de baja calidad ecológica. Por tanto, el predio ya no mantiene procesos Hidrológicos funcionales, lo que influye en su capacidad para sostener biodiversidad.

Balance hídrico

Para calcular el volumen de agua captada en la superficie forestal solicitada para el proyecto “Ampliación de patios de maniobras para el almacenamiento del Puerto de Salina Cruz,

Oaxaca", se utilizó el método utilizado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y determinado en la NOM-011-CNA para determinar la disponibilidad de agua en los acuíferos de México, para el balance superficial del agua se utilizó la siguiente expresión:

Infiltración = P – ET – Ve

Dónde:
P = precipitación media anual
ET = evapotranspiración
Ve = Volumen medio anual de escurrimiento natural

Para calcular cada uno de los componentes del balance se utilizaron los datos promedio de precipitación y temperatura en el periodo comprendido entre 1980 y 2023 de la Estación Climatológica No. 20149 Tehuantepec, ubicada a 16 km de la poligonal del proyecto, con coordenadas: latitud 16.316667°, longitud -95.234444°, con una altitud 41 msnm. Los datos a aplicar en el procedimiento son: Precipitación media anual= **880.4 mm**; Temperatura media anual = **28.6ºC**

Para el cálculo de infiltración, se consideró la siguiente expresión:

Infiltración = P – Et – Ve

Dónde:
I = Infiltración en m^3 por año
P = precipitación media anual en m^3 por año
Et = evapotranspiración en m^3 por año
Ve = volumen medio anual de escurrimiento natural en m^3 por año

Cálculo de Evapotranspiración (Etr)

Para el cálculo de la evapotranspiración real (ETR) se utilizó el método de Turc, con la siguiente expresión de la constante:

$$x=1/(0.8+(0.14*t))$$

t= temperatura media
así el cálculo se asume con la expresión

$$\mathbf{ETR\ m= P *x *P^2}$$

Cálculo de Coeficiente de escurrimiento (Ce)

Obtención del valor de K (Valor en función de uso de suelo), el valor de K se calcula en función del tipo de suelo y vegetación existente en el área del SA. Asignando los siguientes valores de acuerdo con la tabla

Tabla 4. Valores de K, en función del tipo y uso de suelo.

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	
TABLA VALORES DE K, EN FUNCIÓN DEL TIPO Y USO DE SUELO.	
A	suelos permeables, tales como arenas profundas y loess poco compactos
B	Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad, loess algo más compactos que los correspondientes a los suelos A; terrenos migajosos
C	Suelos casi impermeables, tales como arenas y loess muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas



Uso del suelo	Tipo de suelo		
	A	B	C
Barbecho, áreas incultas y desnudas	0.26	0.28	0.3
Cultivos:			
En hilera	0.24	0.27	0.3
legumbres o rotación de pradera	0.24	0.27	0.3
Granos Pequeños	0.24	0.27	0.3
Pastizal: % del suelo cubierto o pastoreo			
más del 75% - poco	0.14	0.20	0.28
Del 50 al 75% - Regular	0.20	0.24	0.3
Menos del 50% - Excesivo	0.24	0.28	0.3
Bosque:			
Cubierto más del 75%	0.07	0.16	0.24
Cubierto del 50 al 75%	0.12	0.22	0.26
Cubierto del 25 al 50%	0.17	0.26	0.28
Cubierto menos del 25%	0.22	0.28	0.3
Zonas urbanas	0.26	0.29	0.32
Caminos	0.27	0.30	0.33
Pradera permanente	0.18	0.24	0.3

Considerando lo anterior, y con la metodología descrita ampliamente en el capítulo IV del presente documento, a continuación, se presenta el resumen de las variables estimadas, y del cálculo de la infiltración en los diferentes escenarios considerados:

Escenario 1. Área solicitada para cambio de uso de suelo, con condiciones actuales de cobertura vegetal.

Escenario 2. Área solicitada para cambio de uso de suelo, en el supuesto de ejecutarse el cambio de uso de suelo (sin vegetación)

Escenario 3. Área de reforestación bajo condiciones actuales de cobertura vegetal (cubierto menos del 25%).

Escenario 4. Área de reforestación, una vez efectuada.



Tabla 5. Infiltración en los diferentes escenarios

ESCENARIOS	USO DEL SUELO	SUPERFICIE HA	K	CE	VE: VOL. DE ESCURRIMIENTO M^3	INFILTRACIÓN M^3
Escenario 1	Vegetación secundaria de manglar	3.92	0.16	0.057	1,970.571	4,192.529
Escenario 2	Asentamientos humanos		0.29	0.185	6,375.734	-212.634
Escenario 3	Bosque cubierto menos del 25%	3,92	0.28	0.175	6,036.875	126.225
Escenario 4	Bosque cubierto del 50 al 75%	3.92	0.22	0.116	4,003.723	2,159.377

K: Valor del factor en función de del tipo y uso del suelo.
Ce: Coeficiente de escurrimiento

Análisis

Escenario 1: Sin Cambio de Uso del Suelo.

En este escenario, se mantiene la vegetación secundaria de manglar; la cobertura es mayor del 75% y existe un suelo tipo B medianamente permeable tales como arenas de mediana profundidad. El valor de k= 0.16. En este escenario, el volumen de agua precipitada es del orden de 34,511.680 m^3; se estima valor de 0.057 del Ce, por consecuencia el volumen de escurrimiento hídrico, se ubica en 1,970.571 m^3 y la cantidad de agua infiltrada, se estimó en 4,192.52 m^3. Esta cantidad equivale al 12.15% del total precipitado.

Escenario 2: Con Cambio de Uso del Suelo y sin medidas de mitigación.

Considerando el suelo desnudo a consecuencia de la ejecución del cambio de uso de suelo solicitado, se emplea un valor de k= 0.29 correspondiente a “Asentamientos humanos”. En este escenario, el volumen de agua precipitada es del orden de 34,511. 69 m^3; se estima valor de 0.185 del Ce, por consecuencia el volumen de escurrimiento hídrico, se ubica en 6,375.73 m^3 y bajo estas condiciones, se estima una infiltración negativa en el área propuesta para cambio de uso de suelo.

De tal forma que comparado con el escenario 1 (sin CUS), el escurrimiento superficial se incrementa en la misma cantidad.

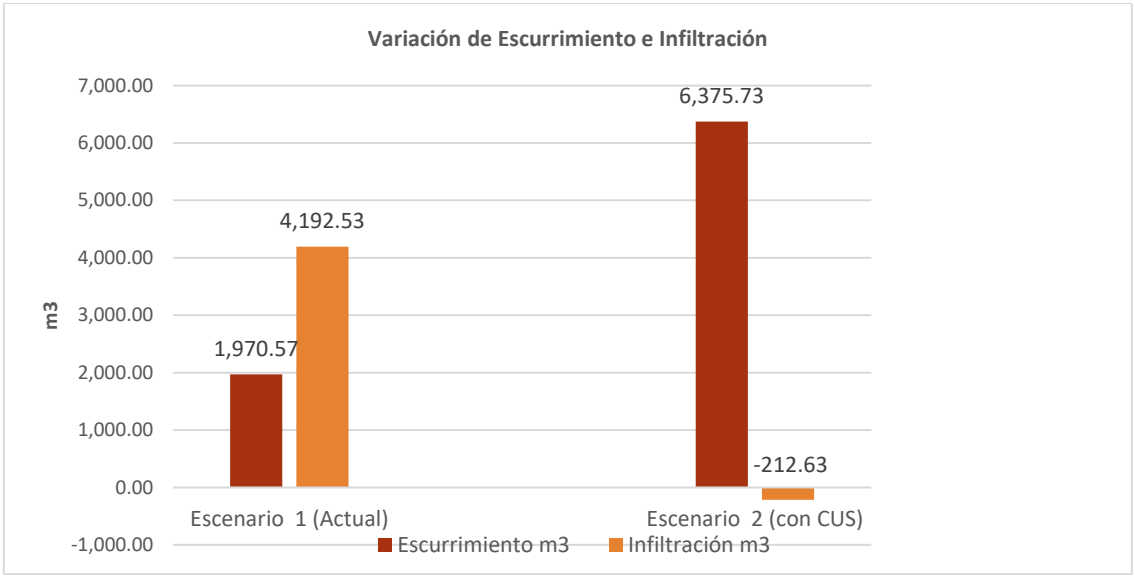


Figura 4. Variación de escurrimiento e infiltración en escenario actual y con CUS.

Por lo tanto, se estima un volumen de 4,405.16 m3 anuales de afectación por el desarrollo del proyecto. Ahora bien, recordando que el suelo permanecerá desnudo por cinco meses anuales, la cantidad de agua anual a compensar se estima como sigue:

$$4{,}354.17\,\frac{m3}{\text{año}} \div 12 meses = 367.09$$

$$367.09 \times 5\, meses = 1{,}835.45\, m3$$

Entonces, 1,835.45 m^3 corresponde al volumen de agua a compensar.

Escenario 3. Área de reforestación bajo condiciones actuales de cobertura vegetal (cubierto menos del 25%).

Ahora bien, considerando la superficie propuesta para realizar la reforestación, con las condiciones descritas en el apartado de erosión, se considera un K= 0.28, correspondiente a un área vegetal cubierta menos del 25%, por lo que el Ce estimado es de 0.175, el volumen precipitado en esta superficie corresponde a 34,511.680 m^3, y un volumen de escurrimiento de 6,036.875 m^3. Por lo tanto, el volumen de infiltración anual es de 126.22 m^3.

Escenario 4. Área de reforestación, una vez efectuada.

Por último, considerando la reforestación en el área seleccionada, se elige un valor de k= 0.22 correspondiente a bosque cubierto del 50 al 75%, con un coeficiente de escurrimiento de 0.116 y por lo tanto, un volumen de escurrimiento de 4,003.723 y una infiltración estimada de 2,159.38 m^3 anuales.



Conclusiones

Del análisis efectuado se concluye lo siguiente:

El volumen de agua a compensar por la ejecución del cambio de uso de suelo corresponde a 1,835.45 m^3.

En el área de reforestación se estima un incremento de la infiltración de 2,033.152 m^3 anuales.

Por lo tanto, se concluye que la medida propuesta, compensa por completo la cantidad de agua que dejaría de infiltrarse por la ejecución del cambio de uso de suelo solicitado.

Ahora bien, cabe señalar, relacionado a la calidad del agua infiltrada en el área solicitada para cambio de uso de suelo, que el mayor aporte de agua a la vegetación secundaria de manglar está determinado en gran medida por las aguas residuales que llegan a esta área por medio de un canal que proviene de la zona urbana, además existe un aporte limitado de agua pluvial durante la temporada de lluvias. Esta situación genera acumulación de basura y un aporte de agua con calidad deficiente. **Por lo tanto,** el agua que está entrando al manglar no es de buena calidad ya que las aguas residuales descargan directamente en dicha zona sin un tratamiento previo.

Lo anteriormente se complementa con los resultados de análisis de agua, realizados para identificar la calidad del agua existente en el área de CUS, siendo estos los siguientes: Los parámetros de contaminación con base en la NOM-001-SEMARNAT-2021, evidenciaron en el análisis una Demanda Química de Oxigeno (DQO), con valores de 243 mg/100ml hasta 273 mg/100ml, lo que demuestra que existe una alta contaminación orgánica del recurso hídrico que entra a este relicto de vegetación. Así mismo, los resultados bacteriológicos indican la presencia de enterococos en una cantidad mayor de 24,000NMP/100ml, determinando un alto impacto de contaminación por materia fecal en el agua. De tal forma que se presenta una contaminación bacteriológica con riesgo a la salud de los posibles usuarios de dicha zona.

Es importante destacar que, en condiciones naturales, el manglar depende del intercambio hidrológico entre agua dulce y marina, lo que mantiene el equilibrio de salinidad, oxigenación y nutrientes en el sustrato. La interrupción de este equilibrio por aportes residuales altera la estructura edáfica, reduce la aireación del suelo y puede limitar el desarrollo fisiológico de las especies vegetales asociadas. Además, que es un ecosistema de gran importancia ya que actúa como barrera natural contra huracanes y tormentas, es reservorio de diversidad de fauna acuática y terrestre y, funciona como filtros biológicos naturales para purificar el agua y son sumideros de carbono extremadamente eficaces, jugando un papel crucial en la mitigación del cambio climático. Cualidades que, en el área sujeta a CUS, no cumple. La nula entrada de agua de mar, incide en la calidad del desarrollo del manglar, mismo que no cumple una función como barrera natural de protección ante eventos de fuertes vientos y oleaje. Así mismo, no es un espacio para el crecimiento y desarrollo de la biodiversidad acuática.

Por lo anterior, el estado actual del manglar en el área sujeta a cambio de uso de suelo refleja un deterioro funcional asociado al aporte constante de aguas residuales urbanas provenientes de la ciudad de Salina Cruz y no proporciona las condiciones necesarias para el desarrollo optimo del ecosistema. En consecuencia, el manglar presente no conserva las funciones ecológicas esenciales que caracterizan a este tipo de vegetación tales como la protección costera, la filtración de nutrientes, el hábitat de especies acuáticas y la captura de carbono, presentando un estado de degradación avanzada. Bajo este contexto, y considerando que el

área ha perdido su funcionalidad ecológica original por la descarga continua de aguas residuales sin tratamiento previo, la remoción controlada de la vegetación remanente no representa un daño ambiental adicional significativo, sino una acción técnicamente justificada dentro del proceso de ordenamiento y aprovechamiento del sitio.

Por lo antes descrito, derivado de la ejecución del cambio de uso de suelo para el desarrollo del proyecto mencionado, se concluye que el deterioro de la calidad del agua y la disminución en su captación se mitigarán en las áreas seleccionadas como compensación ambiental mediante la reforestación de 3.92 ha.

VI.1.3. Diagnóstico de biodiversidad

Vegetación

El análisis florístico y estructural registro un total de 296 individuos, distribuidos en los estratos arbóreo, arbustivo, herbáceo y suculentas/palmas. El estrato arbóreo predominantemente con 176 individuos exhibe una diversidad moderada (H'=1.60), mientras el estrato arbustivo mostro la mayor diversidad (H'=2.07), reflejando una composición heterogénea típica de la vegetación secundaria sometida a disturbio. Es decir, el área CUSTF corresponde a un **remanente aislado de vegetación secundaria de manglar.**

Se identificaron dos especies listadas en la **NOM-059-SEMARNAT-2010**: *Avicennia germinans* (un individuo) y *Conocarpus erectus* (con 55 individuos registrados) con categoría **Amenazadas** (**A**). Ambas especies mantienen poblaciones localmente pequeñas y estructuralmente fragmentadas, lo cual justifica y garantiza su atención prioritaria mediante el ***Programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna que pudieran resultar afectadas y su adaptación al nuevo hábitat, en caso de autorizarse el cambio de uso de suelo (Ver Anexo digital)***.

De acuerdo con la conclusión del análisis florístico, el área CUSTF representa una comunidad vegetal secundaria en estado de degradación, cuya permanencia está condicionada por aportes hídricos no naturales, acumulación de residuos sólidos, presencia de fauna nociva y establecimiento de especies vegetales exóticas-invasoras, las cuales, dada su plasticidad ecológica, desplazan progresivamente a la flora nativa.

De acuerdo con los resultados para el cálculo de índices de diversidad tanto en el Sistema Ambiental como en el área Sujeta a Cambio de Uso de Suelo, se tiene lo siguiente:

Tabla 6. Índices de Diversidad estimados para el área CUSTF y SA.

DIVERSIDAD FLORÍSTICA	NO. IND.	S	D	H'	D	E
Árboles área CUSTF	176	8	0.32	1.60	0.76	0.77
Árboles SA	396	12	0.48	1.40	0.67	0.56
Arbustos área CUSTF	49	11	0.27	2.07	0.84	0.86
Arbustos SA	48	14	0.29	2.22	0.85	0.84
Hierbas área CUSTF	44	8	0.43	1.58	0.73	0.76
Hierbas SA	56	9	0.48	1.68	0.72	0.77
Palmas y Suculentas área CUSTF	27	2	0.89	0.35	0.20	0.50

DIVERSIDAD FLORÍSTICA	NO. IND.	S	D	H'	D	E
Palmas y Suculentas SA	69	4	0.51	1.23	0.66	0.89
S= Riqueza específica; **d=** índice de Berger-Parker; **H'=** Índice de Shannon-Weiner; **D=** Índice de Simpson; **E=** Equitatividad						

El análisis comparativo de la composición florística evidencia que el predio sujeto a Cambio de Uso de Suelo presenta **un estado avanzado de perturbación** y **una marcada pérdida de integridad ecológica**, en contraste con las condiciones estructurales y funcionales observadas en el Sistema Ambiental.

Los índices ecológicos indican que:

- La **riqueza y diversidad florística** son sistemáticamente superiores en el SA en todos los estratos.
- Los valores del Índice de Valor de Importancia (IVI) en el área CUSTF reflejan **dominancia de especies tolerantes y oportunistas**, mientras que en el SA prevalecen especies nativas propias de humedales costeros.
- La **baja similitud florística (IJ ≤ 0.31) y alta complementariedad (≥ 69%)** confirman que las comunidades vegetales de ambos sitios se encuentran **escasamente relacionadas** en términos de composición, debido principalmente al deterioro del predio y a su aislamiento ecológico.

Asimismo, el análisis pone en evidencia que el relicto de vegetación de manglar dentro del área CUSTF carece de las condiciones físico-bióticas necesarias para su regeneración natural, debido a impactos acumulados como descargas de aguas residuales, depósito de residuos sólidos, presencia de fauna nociva y ruptura del flujo de germoplasma. **Este conjunto de presiones hace evidente una tendencia hacia la reducción progresiva del relicto, comprometiendo su permanencia a corto y mediano plazo.**

En este contexto, el cambio de uso de suelo en el predio no representa una pérdida significativa de cobertura forestal funcional, dado que la vegetación remanente no cumple actualmente un papel ecológico equiparable al del manglar presente en el SA. Sin embargo, al identificar la presencia de especies listadas **en la NOM-059-SEMARNAT-2010**, categoría Amenazada (A), tales como *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus*, las cuales, de acuerdo con la Lista Roja de la UICN, se encuentran en la categoría LC (Preocupación menor), subraya la importancia de implementar una propuesta del ***Programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna que pudieran resultar afectadas y su adaptación al nuevo hábitat, en caso de autorizarse el cambio de uso de suelo***, dada su relevancia ecológica, su valor como componentes funcionales del ecosistema de manglar y su condición de riesgo. Esta medida específica de manejo, mitigación y compensación permitirá asegurar la permanencia de estos individuos en áreas con mayor integridad ecológica dentro del SA o cercana a la misma, evitando su pérdida durante la ejecución del proyecto y contribuyendo al mantenimiento de los procesos ecológicos asociados al humedal.

La presencia de especies consideradas en la NOM-059- SEMARNAT-2010 no implica que el área mantenga un ecosistema estable; por el contrario, su condición actual evidencia estrés ecológico, justificando plenamente el ***Programa de rescate y reubicación de especies de***



flora y fauna que pudieran resultar afectadas y su adaptación al nuevo hábitat, en caso de autorizarse el cambio de uso de suelo, el cual garantiza su conservación funcional.

Por lo anterior, el cambio de uso de suelo no compromete la biodiversidad de especies de vegetación en la zona como se puede comprobar en el cuadro de comparación de los índices de diversidad. Mediante acciones de rescate y reubicación de especies de importancia para la conservación se brindarán mejores condiciones para su desarrollo y funcionalidad ambiental.

Composición faunística

El inventario faunístico realizado en el CUSTF registro 20 especies: 14 aves, 4 reptiles, 1 anfibio y 1 mamífero. Entre ellas destacan *Ctenosaura pectinata* y *Boa imperator*, ambas catalogadas como Amenazadas (A) en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Estas especies poseen amplia distribución en la región y están plenamente representadas en el SA, donde existe mayor disponibilidad de hábitats adecuados y conectividad ecológica.

El ***Programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna que pudieran resultar afectadas y su adaptación al nuevo hábitat, en caso de autorizarse el cambio de uso de suelo***, establece protocolos de captura, manejo y liberación que aseguran su integridad y continuidad en el paisaje circundante, el cual ofrece condiciones semejantes a las del área actual.

En relación con los cálculos de diversidad tanto para el SA como para el CUSTF, se tienen los siguientes resultados:

Se calculó un índice de Shannon – Wiener de **H' = 1.63** para SA, y de **H' = 1.12** para CUSTF, con una diversidad máxima esperada de **H'max = 1.79** para el SA, y de **H'max = 1.61** para área CUSTF; el índice de Margalef de $\mathbf{D_{Mg}}$ **= 1.8** para el SA, y de $\mathbf{D_{Mg}}$ **= 1.41** para área CUSTF, lo que en conjunto y, de acuerdo con **Tabla 7.**, los resultados de diversidad, indican que se tiene una **diversidad media baja** en el SA y una **diversidad baja** para el área CUSTF en anfibios y reptiles.

El índice de Simpson calculado es de **D= 0.78** y de **D= 0.75** respectivamente, refleja que la proporción poblacional del ecosistema es dominada por un bajo número de especies, las cuales están bien representadas en el SA por lo que no se espera un daño mayor al implementar el cambio de uso de suelo en el área CUSTF.

Tabla 7. Valores de interpretación de los índices de Shannon - Wiener y Margalef.

VALORES DE INTERPRETACIÓN		ÁREA CUSTF		SISTEMA AMBIENTAL		
MARGALEF (DMG)	SHANNON - WIENER (H')	DMG	H'	DMG	H'	INTERPRETACIÓN.
0.1- 2.0	0.1 - 1.5	**1.41**	**1.12**	**1.8**		**Diversidad Baja**
2.1- 4.9	1.6 - 3.0				**1.63**	**Diversidad Media**
5-	3.1 -					Diversidad Alta

El área en la que se pretende realizar el cambio de uso de suelo presenta un alto grado de perturbación por actividades antrópicas y depredación por la presencia de perros ferales; son





parches de vegetación aislados sin continuidad ni conectividad ecosistémica. Estas áreas mantienen poca diversidad ya que fungen como islas de alimentación y resguardo para las distintas especies de fauna silvestre. Es importante mencionar que la presencia de especies se debe en gran medida a que, al ser considerada el área sujeta a cambio de uso de suelo como área de monitoreo y conservación, fungió como sitio de reubicación de fauna silvestre; es decir, en dicho sitio se depositaba fauna silvestre que se encontraba en sitios aledaños, lo cual corrobora la presencia de taxones con valor de conservación y endemismo.

Al comparar la riqueza específica entre el SA y el área CUSTF, se observa que el grupo de aves mantiene una representatividad relativamente estable (S=23 en el SA y S=14 en área CUSTF), atribuible a su amplio rango de movilidad y mayor tolerancia a la perturbación. Sin embargo, los anfibios, reptiles y mamíferos pequeños muestran reducciones significativas en riqueza y abundancia debido a su movilidad restringida y mayor dependencia de microhábitats estructurados.

En relación con la presencia de especies listadas en la **NOM-059-SEMARNAT-2010**, se identificó que para el **grupo de aves** no se registraron especies bajo categoría de protección en el área CUSTF, mientras que en el SA se documentó la presencia de *Ramosomyia viridifrons* (colibrí frente verde). Para **mamíferos**, tanto en el SA como en el área CUSTF no se registraron especies bajo estatus de conservación. En cuanto a **herpetofauna**, en el SA se registró una especie incluida en la norma *Ctenosaura pectinata* (iguana mexicana de cola espinosa), mientras que en el área CUSTF se identificaron dos especies bajo protección: *Ctenosaura pectinata* y *Boa imperator* (mazacuata).

En conjunto, **los resultados indican que la fauna registrada en el área CUSTF representa un subconjunto de la fauna distribuida en el SA, con una mayor vulnerabilidad en grupos de baja movilidad y una dependencia crítica de la conectividad ecológica**.

De acuerdo con la CONABIO (2018) y el IPBES (2019), la capacidad de un ecosistema para sostener biodiversidad depende de:

- Integridad del hábitat.
- Conectividad del paisaje.
- Salud del suelo.
- Estructura vegetal.

Ninguno de estos elementos se encuentra plenamente presente en el CUSTF. Sin embargo, el proyecto incorpora medidas de Rescate, Ahuyentamiento, Reubicación y Monitoreo que garantizan que toda la biodiversidad potencialmente afectada será conservada, en mejores condiciones ecológicas que las que ofrece actualmente el área CUSTF.

Con base a lo anterior, la biodiversidad de la fauna silvestre no se compromete con la ejecución del cambio de uso de suelo, debido a que de acuerdo con la* comparación de los índices de diversidad, éste es aún mayor en el Sistema Ambiental que en el área sujeta a Cambio de Uso de Suelo; además, de que las especies reportadas presentan una amplia distribución. Aunado a lo anterior, *las acciones de mitigación que se implementarán previo al inicio y durante las actividades del proyecto (rescate, ahuyentamiento y reubicación) serán acciones en beneficio de la fauna ya que las condiciones en las que



actualmente presenta el predio del proyecto no son adecuadas para sostener fauna silvestre.

Conclusiones

El análisis integral demuestra que:

- El balance hídrico muestra que la dinámica del agua no depende del fragmento o área (CUSTF) sujeto al proyecto.
- La biodiversidad presente en el sitio (CUSTF) no se perderá, las especies en categoría de riesgo (*Amenazadas*) serán rescatadas y reubicadas conforme al ***Programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna que pudieran resultar afectadas y su adaptación al nuevo hábitat, en caso de autorizarse el cambio de uso de suelo***, garantizando su permanencia en el paisaje regional (SA).
- La vegetación secundaria y la fauna generalista permiten altos niveles de resiliencia y adaptación.
- La condición actual del área (CUSTF) del proyecto no representa un ecosistema funcional ni conectado, por lo cual **el cambio de uso de suelo no compromete procesos ecológicos de mayor escala.**
- El estado del suelo respalda que la biodiversidad del ecosistema del Sistema Ambiental (SA) no será afectada debido a la degradación del suelo, el área del CUSTF ya no funciona como un ecosistema primario, sino como un relicto alterado y en proceso de erosión.
- La biodiversidad se encuentra plenamente representada y conservada en el Sistema Ambiental, donde los suelos presentan mayor integridad, menor erosión y condiciones funcionales para sostener especies nativas, incluso las enlistadas en NOM-059-SEMARNAT-2010.

Por lo anterior, se concluye que **la biodiversidad susceptible de afectación se mantendrá en condiciones adecuadas mediante la implementación efectiva y oportuna de las medidas de prevención, mitigación, rescate y compensación ambiental**, asegurando la continuidad funcional de los componentes biológicos asociados al área de influencia del proyecto.

VI.2 Justificación económica

El Puerto de Salina Cruz se localiza en una posición geoestratégica dentro del litoral del Pacífico mexicano, constituyendo un nodo clave para el comercio marítimo nacional e internacional. El municipio de Salina Cruz forma parte de la región del Istmo de Tehuantepec, zona prioritaria para el desarrollo logístico, energético e industrial del país.

En términos económicos, la estructura productiva regional presenta una alta dependencia del sector terciario y de actividades asociadas a servicios portuarios, comercio y transporte, mientras que los sectores industrial y logístico muestran un potencial de expansión condicionado por la infraestructura disponible. La limitada capacidad operativa, restricciones en áreas de almacenamiento, infraestructura obsoleta y equipamiento insuficiente reducen la competitividad del puerto frente a otros nodos del Pacífico.



En este contexto, el proyecto de modernización y adecuación de infraestructura permitirá:

- Incrementar la capacidad de manejo de carga general, contenerizada y especializada.
- Mejorar la eficiencia logística en tiempos de operación y despacho.
- Reducir costos asociados a maniobras, almacenaje y tiempos de espera.
- Fortalecer la conectividad intermodal (marítima–ferroviaria–carretera).
- Aumentar la atracción de nuevas líneas navieras y operadores logísticos.

Desde una perspectiva macroeconómica, la modernización del puerto se vincula directamente con el fortalecimiento del Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec, generando condiciones favorables para:

- Incrementar el flujo comercial entre Asia–América del Norte.
- Impulsar cadenas productivas regionales.
- Fomentar inversiones industriales y energéticas.
- Generar empleos directos e indirectos en construcción, operación, mantenimiento y servicios asociados.

Durante la etapa de construcción, el proyecto dinamizará la economía local mediante la contratación de mano de obra, adquisición de insumos, renta de maquinaria y servicios técnicos especializados. En la etapa de operación, se prevé un efecto multiplicador en actividades complementarias como transporte terrestre, almacenaje, servicios aduanales, mantenimiento industrial, hotelería y comercio. Adicionalmente, la modernización de infraestructura portuaria constituye un elemento estratégico para mejorar la competitividad nacional, al disminuir la saturación de otros puertos del Pacífico y diversificar las rutas comerciales. Esto contribuye a la resiliencia logística del país ante fluctuaciones del comercio internacional.

Desde una perspectiva costo-beneficio, el aprovechamiento económico derivado de la infraestructura proyectada resulta significativamente superior al valor económico de los recursos naturales susceptibles de afectación dentro del área del proyecto.

La superficie sujeta a cambio de uso de suelo en terrenos forestales corresponde a 3.92 ha, donde se registró un valor económico estimado de $39,900.00 MXN asociado a fauna silvestre (**tabla 8**). Con la finalidad de estimar el valor económico del uso productivo actual del terreno, se consideró como referencia el aprovechamiento potencial de leña derivado del recurso forestal existente. Para ello, se consultó el Sistema de Precios de Productos Forestales Maderables (SIPRE) 2024, emitido por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), donde se estableció un valor base de $272.50 por metro cúbico correspondiente al año 2023. Dicho valor fue actualizado mediante el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), obteniéndose un valor de referencia de $320.20 por m³ al mes de abril de 2026. Bajo estas consideraciones, el valor económico estimado del recurso forestal maderable presente dentro del área de CUSTF asciende a $71,312.09 MXN, distribuido conforme al volumen registrado por especie. La mayor contribución económica corresponde a *Conocarpus erectus* con un valor estimado de $47,180.98 MXN, seguida por *Pithecellobium dulce* con $14,837.86 MXN y *Parkinsonia aculeata* con $6,420.56 MXN. Los cálculos correspondientes se presentan en la **tabla 9.**

Tabla 8. Valor económico de la fauna asociado al área del proyecto.

ID	AVES					
	Nombre científico		Nombre común	Num. Indiv.	Precio unitario	Importe
1	*Coragyps*	*atratus*	Zopilote común	1	$ 700.00	$ 700.00
2	*Actitis*	*macularius*	Playero alzacolita	2	$ 600.00	$ 1,200.00
3	*Columbina*	*Inca*	Tortolita cola larga	4	$ 800.00	$ 3,200.00
4	*Streptopelia*	*decaocto*	Paloma de collar turca	4	$ 700.00	$ 2,800.00
5	*Zenaida*	*asiatica*	Paloma de alas blancas	2	$ 600.00	$ 1,200.00
6	*Crotophaga*	*sulcirostris*	Garrapatero pijuy	5	$ 400.00	$ 2,000.00
7	*Quiscalus*	*mexicanus*	Zanate mayor	22	$ 300.00	$ 6,600.00
8	*Polioptila*	*albiloris*	Perlita pispirria	1	$ 700.00	$ 700.00
9	*Campylorhynchus*	*humilis*	Matraca nuca canela	1	$ 600.00	$ 600.00
10	*Camptostoma*	*imberbe*	Mosquerito chillón	1	$ 600.00	$ 600.00
11	*Myiarchus*	*tuberculifer*	Papamoscas triste	1	$ 600.00	$ 600.00
12	*Pitangus*	*sulphuratus*	Luis bienteveo	12	$ 600.00	$ 7,200.00
13	*Tyrannus*	*vociferans*	Tirano Chibiú	4	$ 600.00	$ 2,400.00
14	*Melanerpes*	*aurifrons*	Carpintero cheje	1	$ 800.00	$ 800.00
MAMIFEROS						
15	*Bassariscus*	*astutus*	*Cacomixtle norteño*	1	$ 2,200.00	$ 2,200.00
ANFIBIOS Y REPTILES						
16	*Incilius*	*marmoreus*	Sapo jaspeado	2	$ 400.00	$ 800.00
17	*Boa*	*imperator*	Mazacuata	1	$ 700.00	$ 700.00

ID	AVES					
	Nombre científico		Nombre común	Num. Indiv.	Precio unitario	Importe
18	*Ctenosaura*	*pectinata*	Iguana Mexicana de cola espinosa	5	$ 400.00	$ 2,000.00
19	*Iguana*	*iguana*	Iguana verde	4	$ 400.00	$ 1,600.00
20	*Aspidoscelis*	*deppii*	Huico siete lienas	5	$ 400.00	$ 2,000.00
			Número de individuos	**79**	**Valor económico estimado**	**$ 39,900.00**

Tabla 9. Valor económico de la vegetación asociado al área del proyecto.

ESPECIE	VOL. (M3)	VALOR
Avicennia germinans	0.133	$ 42.59
Azadirachta indica	0.410	$ 131.15
Coccoloba liebmannii	0.170	$ 54.33
Conocarpus erectus	147.348	$ 47,180.98
Leucaena lanceolata	2.510	$ 803.60
Neltuma juliflora	5.750	$ 1,841.03
Parkinsonia aculeata	20.052	$ 6,420.56
Pithecellobium dulce	46.339	$ 14,837.86
Total	**222.711**	**$ 71,312.09**

Para estimar el valor económico de los recursos no maderables (resinas, fibras, gomas, tierra de monte, hongos, semillas, hojas, tallos, musgos, entre otros), se identificó la presencia de opuntias (nopales) en el área sujeta a CUSTF. Estas especies son utilizadas como alimento en diversas regiones; sin embargo, solo el 3% de la planta es aprovechable (correspondiente a brotes nuevos). De acuerdo con los locatarios, el costo estimado para este recurso en la zona es de **$350.00** por tonelada.

Tabla 10. Valor económico de las especies no maderables dentro del área del proyecto

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	TON	PRECIO UNITARIO	VALOR ECONÓMICO
Cactaceae	*Opuntia decumbens*	Nopal	1.5	$350.00	$ 525.00



TOTAL	**1.5**		**$ 525.00**
*$350.00 por 1 Tonelada.			

Si bien dichos componentes representan un capital natural con importancia ecológica, el proyecto contempla la aplicación de medidas de prevención, mitigación, rescate de flora y fauna y compensación forestal, orientadas a reducir impactos residuales y mantener equilibrio entre el aprovechamiento económico y la conservación ambiental.

En términos comparativos, los beneficios económicos esperados del proyecto superan ampliamente los costos ambientales directos estimados, particularmente considerando:

- Incremento de capacidad operativa portuaria.
- Generación de empleos y derrama económica.
- Aumento de inversión pública y privada.
- Fortalecimiento de cadenas logísticas nacionales.
- Incremento de ingresos fiscales y portuarios.
- Consolidación de infraestructura estratégica nacional.
- Impulso al desarrollo económico regional del Istmo de Tehuantepec.

Asimismo, el proyecto permitirá incrementar la plusvalía y funcionalidad económica del área portuaria, favoreciendo procesos de urbanización ordenada, expansión de servicios e integración de actividades industriales y comerciales de mayor valor agregado.

VI.3 Justificación social

El Puerto de Salina Cruz se ubica en una región con importantes rezagos sociales y económicos dentro del sur–sureste del país. El municipio de Salina Cruz y las localidades circundantes del Istmo de Tehuantepec presentan una dinámica económica vinculada históricamente a la actividad portuaria, energética y comercial; sin embargo, la limitada modernización de infraestructura ha restringido el crecimiento sostenido y la generación de oportunidades laborales permanentes.

En el ámbito social regional se identifican las siguientes condiciones:

- Dependencia económica de actividades terciarias y empleo eventual.
- Limitada diversificación industrial.
- Migración de población económicamente activa hacia otras regiones del país.
- Infraestructura urbana con necesidad de fortalecimiento.
- Vulnerabilidad ante fluctuaciones económicas externas.

La modernización del puerto permitirá fortalecer el papel de Salina Cruz como polo de desarrollo regional, generando condiciones que favorezcan la permanencia de la población en su lugar de origen mediante oportunidades laborales formales y mejor remuneradas.

Beneficios sociales directos

Durante la etapa de construcción se generarán:

- Empleos temporales directos para mano de obra local.
- Contratación de servicios técnicos y especializados.
- Demanda de insumos, hospedaje, alimentación y transporte.



- Incremento en la actividad económica local.

En la etapa de operación y mantenimiento, el proyecto propiciará:

- Empleos permanentes en actividades portuarias y logísticas.
- Desarrollo de servicios complementarios (transporte, comercio, servicios aduanales, mantenimiento industrial).
- Mayor estabilidad económica para trabajadores y sus familias.
- Fortalecimiento de cadenas productivas regionales.

Impacto en el bienestar social

El fortalecimiento de la infraestructura portuaria permitirá:

- Incrementar la competitividad regional.
- Atraer inversión pública y privada.
- Impulsar el desarrollo industrial del Istmo de Tehuantepec.
- Mejorar la conectividad logística nacional.
- Generar un efecto multiplicador en sectores comercial, industrial y de servicios.

La derrama económica derivada del proyecto contribuirá al dinamismo del comercio local, al fortalecimiento de pequeñas y medianas empresas y a la ampliación de oportunidades económicas para proveedores regionales.

Asimismo, el promovente contempla la implementación de medidas ambientales orientadas a prevenir, mitigar y compensar posibles impactos, garantizando que el desarrollo del proyecto se realice bajo criterios de sustentabilidad y responsabilidad social.

Contribución al desarrollo regional

La modernización del Puerto de Salina Cruz constituye un elemento estratégico dentro del proceso de integración económica del sur–sureste del país, al consolidar infraestructura que:

- Reduce desigualdades regionales.
- Genera empleo formal.
- Fomenta arraigo social.
- Mejora las condiciones de desarrollo comunitario.
- Incrementa la calidad de vida de la población.

En conclusión, el proyecto no sólo representa una intervención en infraestructura portuaria, sino una oportunidad de transformación social para la región del Istmo, al promover crecimiento económico inclusivo, generación de empleo y fortalecimiento del tejido social.



CAPITULO VII

MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS SOBRE LOS RECURSOS FORESTALES





CONTENIDO

VII.1. Descripción de las medidas de prevención y mitigación 3
VII.2. Impactos residuales 22
VII.3. Información necesaria para la fijación de montos para fianzas 23
VII.4. Estimación del costo de las actividades de restauración con motivo del cambio de uso del suelo 23

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 1. Medidas preventivas y de mitigación que se aplicaran en la ejecución del proyecto, en las etapas correspondientes. 4
Tabla 2. Matriz de Evaluación de Impactos residuales. 22
Tabla 3. Costos de referencia por hectárea para los diferentes ecosistemas. 24





VII.1. Descripción de las medidas de prevención y mitigación

La **Prevención** del Impacto Ambiental se define posterior a la evaluación de los impactos causados por el desarrollo de cualquier actividad dentro de un ecosistema o sistema ambiental, su función es contribuir de forma significativa y positiva con el ambiente a través de acciones o formas alternas de realizar actividades mediante las cuales el desarrollo del proyecto no ocasione impactos que puedan provocar el desequilibrio ecológico de cualquiera de los componentes fundamentales del ecosistema en cuestión; a estas acciones o formas de realizar la actividad.

Las medidas de **Mitigación** son las acciones a ejecutarse posterior a la realización de la acción o actividad causando cualquier impacto de cualquier intensidad, se llevan a cabo para minimizar los impactos causados derivados de la puesta en marcha y operación del proyecto, así como también cumplen la función de enmendar el daño provocado por el impacto al ambiente.

La **Compensación** busca producir o generar un efecto positivo alternativo y equivalente al de carácter adverso, se lleva a cabo cuando los impactos negativos significativos no pueden mitigarse.

Las medidas de mitigación que a continuación se presentan, se proponen con base en los impactos identificados para el proyecto. Una vez concluida la identificación y evaluación de los impactos ambientales se aplicarán las medidas que se consideran adecuadas para prevenir y atenuar los impactos detectados.





Tabla. 1. Medidas preventivas y de mitigación que se aplicaran en la ejecución del proyecto, en las etapas correspondientes.

COMPONENTE AMBIENTAL	**AIRE**		
MEDIDA PREVENTIVA	**Mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria y equipos en general**	ETAPA	1. Preparación del sitio 2. Construcción. 3. Operación y mantenimiento 4. Abandono del sitio
Actividad generadora de impacto	Es común que, durante el desarrollo de las actividades de desmonte y despalme y, obra civil, la maquinaria pesada y los equipos a emplear, presenten fallas por desgaste o en su funcionamiento presenten una mala combustión, emitiendo así contaminantes a la atmósfera.		
Acciones de cumplimiento	A) Se realizará mantenimiento (preventivo y correctivo) periódico por personal calificado a las máquinas y equipos que operarán en las diversas etapas del proyecto. B) Cualquier reparación o mantenimiento a la maquinaria y equipo empleado se realizará en el área del taller ubicado al interior del polígono general del proyecto. C) Se capacitará al personal mediante pláticas de educación ambiental, abordando temas relacionados a la medida preventiva y a las posibles causas de contaminación del aire dentro del área del proyecto. E) Los vehículos que requieren gasolina como combustible contarán con convertidores catalíticos en buen estado.		
Beneficio esperado	Evitar emisiones a la atmósfera por una mala combustión de hidrocarburos.		
MEDIDA PREVENTIVA	**Riego de terracerías**	ETAPA	1. Preparación del sitio 2. Construcción 3. Abandono del sitio
Actividad generadora de	Las actividades de desmonte y despalme y, construcción (excavación, relleno y nivelación) requieren movimiento de suelos y materiales cementantes; al dejar el suelo descubierto y sin humedad, por acciones del viento y		





COMPONENTE AMBIENTAL	AIRE		
impacto	tránsito de vehículos se produce desprendimiento de partículas al aire libre.		
Acciones de cumplimiento	A) Llevar a cabo riegos de terracerías con pipas y/o vehículos utilitarios en el área de trabajo para evitar la generación de polvos (se recomienda usar agua tratada). B) Se supervisará periódicamente el área del proyecto, para verificar que se cumpla esta medida.		
Beneficio esperado	Disminuir la contaminación al aire por la polución de partículas suspendidas, así como evitar la erosión eólica.		
MEDIDA PREVENTIVA	**Se prohíbe la quema de residuos sólidos urbanos**	ETAPA	1. Preparación del sitio 2. Construcción 3. Operación y mantenimiento 4. Abandono del sitio
Actividad generadora de impacto	Los residuos sólidos urbanos generados durante las diferentes etapas del proyecto podrían ser quemados cuando no se tiene la información necesaria del cuidado del ambiente o la acumulación de los mismos por la ausencia del camión recolector.		
Acciones de cumplimiento	A) Por ninguna razón se podrá realizar la quema de residuos sólidos urbanos generados en el proyecto. B) Se instalarán letreros alusivos a esta medida en lugares estratégicos. C) Mediante pláticas de educación ambiental se abordarán temas sobre los riesgos de la quema de estos residuos.		
Beneficio esperado	Contribuir a mantener una buena calidad del aire, recurso indispensable para el desarrollo de la flora, fauna y población local.		
MEDIDA PREVENTIVA	**Se prohíbe la quema de material vegetal**	ETAPA	1. Preparación del sitio





COMPONENTE AMBIENTAL	AIRE		
Actividad generadora de impacto	Las prácticas convencionales e inusuales para deshacerse de materiales de desecho (residuos vegetales), son en la actualidad acciones que no han desaparecido del todo ya que disminuye los costos de manejo (transporte y disposición final) y suele ser un método rápido de eliminación de residuos. Dicha actividad genera impactos al aire, a la vegetación, a la fauna y al suelo.		
Acciones de cumplimiento	A) Se capacitará al personal mediante pláticas de educación ambiental, abordando temas sobre actividades dañinas al ambiente como la quema de vegetación, entre otros. B) Los residuos vegetales como hierbas, ramas y hojarasca en las actividades de desmonte y despalme serán destinados en un sitio en el interior del polígono del proyecto para su posterior envío a un banco de tiro autorizado. C) Se supervisará periódicamente el área del proyecto y durante las actividades de desmonte y despalme, para verificar que se cumpla esta medida.		
Beneficio esperado	Esta medida favorecerá la calidad del aire y disminuirá la emisión de partículas suspendidas al ambiente.		
MEDIDA PREVENTIVA	**Cumplimiento de lo establecido en la NOM-081-SEMARNAT-1994 en relación a ruidos de fuentes fijas**	ETAPA	1. Preparación del sitio 2. Construcción 3. Operación y mantenimiento 4. Abandono del sitio
Actividad generadora de impacto	Durante el establecimiento y desarrollo de un proyecto, en todas las etapas del proyecto es necesario el empleo de maquinaria y equipos que generen altos niveles de ruido y vibraciones.		
Acciones de cumplimiento	A) Asegurar que el ruido generado por la maquinaria y equipos (retroexcavadoras, cargador frontal, camiones de volteo, grúa, tractor, motoconformadora, vibrocompactador y herramientas manuales, etc.) utilizada no sobrepase los límites máximos permisibles.		





COMPONENTE AMBIENTAL	AIRE		
	B) Esta medida se relaciona con el estado óptimo de la maquinaria, a fin de que cumplan con los límites máximos permisibles en materia de ruido. C) Se sugiere emplear máquinas de poca antigüedad, puesto que favorece a que se genere menos ruido. D) El personal deberá contar con equipo de seguridad necesario.		
Beneficio esperado	Reducir los efectos por ruido en la zona para evitar daños a la fauna local y mantener las fuentes (fijas y móviles) de ruido en niveles aceptables para la audición humana.		
MEDIDA PREVENTIVA	**Establecimiento de horarios diurnos de trabajo**	ETAPA	1. Construcción. 2. Abandono del sitio
Actividad generadora de impacto	En actividades de construcción de obra civil y a fin de disminuir periodos de trabajo, es común establecer horarios nocturnos de trabajo; sin embargo, esta condición puede derivar impactos a la fauna aledaña o en tránsito por efectos de ruido, puede afectar también a la salud del ser humano y a poblaciones cercanas también por efecto de ruido.		
Acciones de cumplimiento	A) establecer horarios de trabajo diurnos y llevar un registro diario de entrada y salida de trabajadores. B) Se capacitará al personal mediante platicas de educación ambiental, abordando temas sobre el cuidado del ambiente, recursos naturales flora y fauna silvestre específica del sitio. C) Se supervisará periódicamente el área del proyecto, para verificar que se cumpla esta medida.		
Beneficio esperado	No interferir en los hábitos nocturnos de la fauna aledaña al sitio del proyecto y respetar los hábitos nocturnos del ser humano.		





COMPONENTE AMBIENTAL	Agua		
Medida Preventiva	**Instalación y operación de sanitarios portátiles para evitar el fecalismo al aire libre**	**Etapa**	1. Preparación del sitio 2. Construcción 3. Abandono del sitio
Actividades generadoras de impacto	Se contratará personal para la construcción y supervisión en las diferentes etapas del proyecto, esto derivará entre otras cosas la generación de aguas residuales, mismas que sin un manejo adecuado podría convertirse en un factor de contaminación de gran relevancia. El principal impacto que se pudiera identificar es hacia el componente agua y suelo.		
Acciones de cumplimiento	A) Se instalarán 4 sanitarios portátiles para los trabajadores que laboren en la obra, mismos que serán ubicados sitios estratégicos dependiendo de las áreas a intervenir. B) Se colocarán letreros informativos en el área del proyecto en alusión a esta medida preventiva. C) La empresa arrendadora del servicio de sanitarios será la responsable de dar mantenimiento y destino final a las aguas residuales generadas. D) Se supervisará periódicamente el área del proyecto, para verificar que se cumpla esta medida.		
Beneficio esperado	Manejo adecuado de las aguas residuales; con ello se evitará contaminación al suelo e infiltración de aguas residuales al manto freático o al mar debido a su cercanía con el área del proyecto.		





COMPONENTE AMBIENTAL	Agua		
Medida Preventiva	**Uso de sanitarios en el complejo de Administración del Sistema Portuario Nacional de Salina Cruz**	**Etapa**	Operación y mantenimiento
Actividades generadoras de impacto	Durante la etapa de operación y mantenimiento, la generación de aguas grises y residuales es una condición que resulta inevitable, es por ello que, el manejo adecuado es imprescindible a efecto de disminuir impactos al ambiente.		
Acciones de cumplimiento	A) El personal empleado en la etapa de Operación y Mantenimiento utilizará los sanitarios que se ubican en el edificio de las oficinas administrativas de la (ASIPONA). B) El mantenimiento, manejo y disposición final de las aguas residuales en esta etapa será responsabilidad de la ASIPONA.		
Beneficio esperado	Con esta medida se contribuye al cuidado del agua y evitar contaminación al suelo, al manto freático y al mar. Es importante mencionar que, en el polígono del proyecto no se construirán sanitarios ya que el área será utilizada en su totalidad como patio de maniobras para carga proveniente del puerto.		
Medida Preventiva	**Encausamiento de las descargas de aguas residuales**	**Etapa**	1. Preparación del sitio 2. Construcción
Actividades generadoras de impacto	Descarga de aguas residuales provenientes de la zona urbana de Salina Cruz, creando contaminación a la vegetación que sustenta el humedal.		
Acciones de cumplimiento	El proyecto considera el encausamiento a través de tubos para canalizar las aguas residuales y destinarlas a un sistema de tratamiento de aguas residuales.		
Beneficio esperado	Manejo adecuado de aguas residuales.		





COMPONENTE AMBIENTAL	**Agua**		
Medida Preventiva	**Mantenimiento preventivo y correctivo de la red de distribución hidráulica**	**Etapa**	Operación y mantenimiento
Actividades generadoras de impacto	Es común que, con el paso del tiempo, la o las redes de distribución de agua potable y de descarga de aguas residuales, se deterioren, generando fugas o derrames de agua causando impactos significativos al ambiente.		
Acciones de cumplimiento	A) Monitoreo periódico (semestral) de la red hidráulica de abasto de agua potable y de la de descarga de aguas residuales, para detectar fugas o deterioro de la tubería. B) Se realizará mantenimiento preventivo y correctivo a la red hidráulica y de descarga de aguas residuales.		
Beneficio esperado	Evitar fugas de agua potable o aguas residuales.		
Medida de mitigación	**Captación y canalización de agua pluvial**	**Etapa**	Operación y mantenimiento
Actividades generadoras de impacto	Al dejar desprovisto de vegetación el área del proyecto y toda vez que, dicha área será cubierta con una plancha de concreto para uso de patio de maniobras de carga proveniente del puerto, la escorrentía superficial se dirigirá a puntos de acumulación si no se tiene una pendiente adecuada, lo que provocará deterioro de la plancha de concreto en ese punto. Por otro lado, dependiendo del tipo de concreto, la infiltración al suelo será casi nula, por lo que dicha agua se estaría evaporando y en su defecto limitando su infiltración al manto freático.		
Acciones de cumplimiento	A) El proyecto considerará sistemas de captación de agua pluvial a través de canaletas y/o tuberías hasta suelo natural, la cual podrá ser infiltrada al suelo.		
Beneficio esperado	Aminorar la pérdida del líquido por escurrimiento superficial y aportando a la recarga de mantos acuíferos.		





COMPONENTE AMBIENTAL	SUELO		
Medida Preventiva	**Manejo adecuado de los residuos sólidos urbanos generados**	**Etapa**	Todas las etapas del proyecto
Actividad generadora de impacto	El personal constituido por obreros, técnicos especialistas y supervisores que laboren en el proyecto generarán residuos producto del consumo de alimentos en todas las etapas del proyecto. Los componentes ambientales que potencialmente se verán impactados son: suelo, aire, agua.		
Acciones de Cumplimiento	A) Se instalarán contenedores con tapa para la recolección y separación de los residuos que se generen en las diversas etapas del proyecto y áreas de trabajo, la disposición final de los mismos se realizará mediante el camión recolector de residuos del municipio. B) Se rotulará cada contenedor con la leyenda de orgánico e inorgánico, según corresponda. C) Se supervisará periódicamente el área del proyecto, para verificar que se cumpla esta medida. D) Se prohibirá la disposición de residuos en la zona de playa. E) Se colocarán letreros restrictivos en el área del proyecto en alusión a esta medida. F) A través de pláticas de educación ambiental, se abordarán temas como el manejo adecuado de los residuos sólidos municipales, así como sus métodos de separación de acuerdo a sus características.		
Beneficio esperado	Lograr una zona libre de contaminación por residuos sólidos que tardan años en degradarse, así como evitar la contaminación del mar por disposición inadecuada de residuos.		
Medida Preventiva	**Manejo adecuado de residuos de manejo especial**	**Etapa**	1. Preparación del sitio. 2. Construcción. 3. Operación y mantenimiento 4. Abandono del sitio





COMPONENTE AMBIENTAL	SUELO		
Actividades generadoras de impacto	En las actividades que comprende la obra civil, es común generar residuos de manejo especial construcción (varilla, cartón, madera, alambre, aceros, estibas, tarimas, etc.), que por desconocimiento son manejados como residuos sólidos municipales. Los principales impactos que se prevén son al componente suelo, agua y paisaje.		
Acciones de cumplimiento	A) Se supervisará periódicamente el área del proyecto, para verificar que se cumpla esta medida. B) Se colocarán letreros informativos en el área del proyecto en alusión a esta medida. C) Se dispondrá de un sitio para que los residuos de manejo especial sean almacenados de acuerdo a sus características. En primera instancia se hará la separación entre lo orgánico (madera, sacos de cemento, cartón, tarimas, etc.) e inorgánico (alambre, clavos, varilla, tabiques, aceros, etc.); éstos últimos, a su vez se separarán dada su posibilidad de ser comercializados, llevados a centros de acopio o en su caso la disposición final de los mismos se realizará mediante el camión recolector de basura del municipio.		
Beneficio esperado	Suelo libre de residuos de manejo especial; evitar la lixiviación de químicos al suelo u agua; reciclaje de los residuos de manejo especial; evitar daños o accidentes al personal empleado y mejorar las condiciones del paisaje.		
Medida Preventiva	**Manejo adecuado de residuos peligrosos**	**Etapa**	5. Preparación del sitio. 6. Construcción. 7. Operación y mantenimiento 8. Abandono del sitio
Actividades generadoras de impacto	En las diferentes etapas del proyecto se generarán residuos peligrosos como aceites, lubricantes o solventes provenientes de maquinaria, etc., mismos que, sin un manejo adecuado pueden provocar un impacto significativo al ambiente, principalmente al componente suelo y agua.		





COMPONENTE AMBIENTAL	SUELO
Acciones de cumplimiento	A) Se instalará un almacén temporal de residuos peligrosos con base a la normatividad aplicable en la materia. B) Se colocarán letreros informativos en el área del proyecto en alusión a esta medida. C) Se dispondrá un sitio con plancha de concreto y techo para el mantenimiento de maquinaria y equipo a fin de evitar fugas o derrames al suelo o al manto freático. D) Aquellos materiales que hayan estado en contacto con los residuos peligrosos (estopas, trapos, cartón, envases, etc. Se manejarán como residuos peligrosos, por lo que deberán estar almacenados en tambos con tapa. E) Se contratará empresa autorizada para el acopio, transporte y disposición final de residuos peligrosos, cumpliendo con los lineamientos de la Ley aplicable en la materia. F) Se contará con bitácora de entrada y salida de residuos peligrosos.
Beneficio esperado	Suelo y agua libre de residuos peligrosos; evitar la lixiviación de residuos peligrosos al suelo u agua.

COMPONENTE AMBIENTAL	FLORA		
MEDIDA DE MITIGACIÓN	**Rescate y reubicación de especies vegetales**	ETAPA	1. Preparación del sitio
Actividades generadoras de impacto	El cambio de uso de suelo da lugar a la remoción de especies vegetales, las malas prácticas o desinformación en ocasiones generan la pérdida de estos especímenes. Esta actividad, genera la pérdida de especies, sin embargo, de debe prestar mayor atención sobre todo cuando se trata de ejemplares en estatus de conservación o de importancia biológica. Si bien la zona sujeta a cambio de uso de suelo en terrenos forestales, no se considera un manglar en buen estado de conservación, las especies identificadas son de importancia ecológica y sujetas a		



COMPONENTE AMBIENTAL	FLORA
	conservación por el Anexo normativo II de la NOM-059-SEMARNT-2010.
Acciones de Cumplimiento	*A)* Se realizará el programa de rescate de material biológico (plántulas, semillas, estacas, etc., manejo en vivero y reubicación de material biológico de (550 individuos) *Conocarpus erectus* y (20 individuo) *Avicennia germinans.* B) El material colectado se etiquetará para una mejor identificación C) Los ejemplares de *Conocarpus erectus*, se reubicarán en el nuevo sitio de reforestación, ubicado en Playa Las Escolleras, Salinas del Marquéz, municipio de Salina Cruz, Oaxaca. D) Los ejemplares de *Avicennia germinans*, se reubicarán dentro del Sistema Ambiental del proyecto localizado al Noreste del área del proyecto, a una distancia aproximada de 3.0 km., con acceso mediante la carretera "Bahía la Ventosa" y el entronque "Boca del Rio". El sitio se encuentra dentro de una zona registrada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en el Inventario Nacional de humedales. Con una extensión de 8.2 hectáreas este manglar cumple con los criterios técnicos y ambientales necesarios para asegurar la efectividad del proceso de rescate, traslado y establecimiento de la flora, contribuyendo a la conservación y recuperación del ecosistema de manglar en el área de influencia del proyecto. E) Se realizará un censo de los organismos rescatados y reubicados, mismos que deberán ser etiquetados. F) Todas las actividades se sustentarán en el ***Programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna que pudieran resultar afectadas y su adaptación al nuevo hábitat***, en caso de autorizarse el cambio de uso de suelo en terrenos forestales. G) Se supervisará el área del proyecto para verificar que se cumpla esta medida. H) Al final del programa, el personal encargado entregará un informe detallado, con número de especies e individuos rescatados, evidencias fotográficas, etc.
Beneficio esperado	Esta medida tiene la finalidad de conservar las especies de interés biológico de la zona del proyecto, de manera



COMPONENTE AMBIENTAL	FLORA		
	que no se ponga en riesgo la sobrevivencia de los mismos.		
Medida Preventiva	**Prohibición de extracción de especies vegetales**	**Etapa**	1. Preparación del sitio
Actividades generadoras de impacto	Durante las actividades de Preparación del sitio y toda vez que la actividad de desmonte se realizará por etapas, es común identificar especies vegetales vistosas o potencialmente aprovechables susceptibles de ser extraídas de manera ilegal.		
Acciones de cumplimiento	A) Se capacitará al personal mediante pláticas de educación ambiental, abordando temas sobre el manejo, protección y conservación de la flora silvestre específica del sitio del proyecto. B) Se supervisará periódicamente el área del proyecto, para verificar que se cumpla esta medida. C) Se colocarán letreros restrictivos en el área del proyecto en alusión a esta medida.		
Beneficio esperado	El principal objetivo de estas medidas es conservar la vegetación nativa, evitar la pérdida por extracción ilegal y la capacitación al personal empleado a fin de fomentar el cuidado y conservación de la flora silvestre.		
Medida de mitigación y compensación	**Reforestación de 4.01 hectáreas por compensación ambiental**	**Etapa**	1. Preparación del sitio
Actividades generadoras de impacto	Derivado de las obras y actividades que comprende el proyecto (ampliación del patio de maniobras para almacenamiento y carga de materiales provenientes del puerto de Salina Cruz), se removerá la totalidad de la vegetación, en dicha área se identificó 550 ejemplares de *Conocarpus erectus* y 20 individuos de *Avicennia germinans,* ambas especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Si bien la zona, no se considera un humedal en buen estado de conservación, las especies identificadas son de importancia ecológica y sujetas a conservación por el Anexo normativo II de la NOM-059-SEMARNAT-2010, por lo que es necesario e importante		





COMPONENTE AMBIENTAL	FLORA
	preservar dichas especies.
Acciones de cumplimiento	A) Se implementará un programa de reforestación en 4.01 ha. B) Las actividades se llevarán a cabo con base a lo establecido en el **Programa de Reforestación** establecido para el proyecto C) Los ejemplares (platulas), semillas, estacas, etc. de *Conocarpus erectus* que se rescatarán previo a la ejecución del cambio de uso de suelo en terrenos forestales, serán introducidos en el nuevo sitio de reforestación. D) Se supervisará periódicamente el área del proyecto para verificar que se cumpla con esta medida. E) Se implementarán pláticas de educación ambiental enfocadas al cuidado y protección de la flora y la importancia de los humedales.
Beneficio esperado	Con esta medida principalmente se favorece la conservación del mangle, siendo este tipo de vegetación un importante reservorio de fauna; además, de los servicios ambientales que provee.

COMPONENTE AMBIENTAL	FAUNA		
Medida Preventiva	**Prohibición de extracción y cacería de fauna silvestre**	**Etapa**	1. Preparación del sitio 2. Construcción 3. Operación y mantenimiento 4. Abandono del sitio
Actividad generadora de impacto	Los trabajos de obra civil involucran la contratación de empleados de la misma localidad que potencialmente podrían capturar individuos de especies silvestres para alimentación o para venta; situación muy común en las localidades cercanas a la costa.		





COMPONENTE AMBIENTAL	FAUNA		
	El principal impacto es hacia la fauna silvestre.		
Acciones de Cumplimiento	A) Se capacitará al personal mediante pláticas de educación ambiental, abordando temas sobre la importancia de la conservación y protección de la fauna silvestre, dando principal énfasis a las especies de importancia para la conservación listadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. B) Se colocarán letreros alusivos a la prohibición de extracción y cacería de fauna silvestre. C) Se prohíbe la extracción de especímenes para consumo o venta. D) Se supervisará periódicamente el área del proyecto, para verificar que se cumpla esta medida.		
Beneficio esperado	La implementación de esta medida favorecerá la conservación de poblaciones silvestres de fauna en la zona, así como el cuidado y protección de las tortugas marinas que pudieran arribar en las inmediaciones de la playa.		
Medida Preventiva	**Rescate, reubicación y ahuyentamiento de fauna**	**Etapa**	1. Preparación del sitio 2. Construcción 3. Operación y mantenimiento 4. Abandono del sitio
Actividad generadora de impacto	-Durante las obras y actividades que comprende el proyecto es común que los ejemplares de fauna silvestre por sus hábitos de movilidad tiendan a resguardarse o migrar a sitios contiguos a fin de alejarse de fuentes de ruido, tránsito de maquinaria, uso de herramientas manuales, etc., provocando la migración de especies o incluso la muerte. -Una obra civil mal planificada puede constituir una barrera para el paso de fauna, o acorralamiento de especímenes que viven dentro del predio. -La inadecuada acumulación de restos de comida sirve como atrayente para fauna local.		





COMPONENTE AMBIENTAL	FAUNA
	-Las malas prácticas o desinformación en ocasiones generan la perdida de estos especímenes por falta de cuidados.
Acciones de Cumplimiento	A) Se capacitará al personal mediante pláticas de educación ambiental, abordando temas sobre la importancia del manejo, conservación y protección de la fauna silvestre. B) Se colocarán letreros restrictivos en el área del proyecto en alusión a esta medida. C) Previó a las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, se realizarán actividades de rescate, ahuyentamiento y reubicación de la posible fauna silvestre que se ubique en el predio. Así mismo, y debido a los hábitos de movilidad de ejemplares de fauna silvestre, se continuará con el rescate, ahuyentamiento y reubicación de especies en el resto de las etapas. D) Se utilizarán herramientas especiales para el rescate, ahuyentamiento y reubicación de fauna silvestre para salvaguardar su integridad. E) El promovente contratara personal calificado para las labores de rescate y reubicación de fauna en las diferentes etapas del proyecto. F) Las actividades se realizarán con base a lo establecido en el ***Programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna que pudieran resultar afectadas y su adaptación al nuevo hábitat***, en caso de autorizarse el cambio de uso de suelo en terrenos forestales. G) Se deberá entregar un informe de los resultados del rescate ahuyentamiento y reubicación de flora, con evidencias fotográficas.
Beneficio esperado	Evitar el daño a las especies de fauna silvestre encontradas en el predio, protegiendo su integridad.





COMPONENTE AMBIENTAL	FAUNA		
Medida Preventiva	**Control de especies domesticas**	**Etapa**	1. Preparación del sitio 2. Construcción 3. Operación y mantenimiento 4. Abandono del sitio
Actividad generadora de impacto	En las diferentes etapas del proyecto el personal empleado es susceptible de introducir animales domésticos o favorece el establecimiento de fauna nociva debido a la generación de residuos alimenticios. Es importante mencionar que en el polígono general del proyecto se identificó la presencia de perros. Los principales efectos potenciales que se prevén son la propagación de parásitos y enfermedades ajenas a la fauna nativa, a la salud del ser humano y al paisaje.		
Acciones de cumplimiento	A) Se capacitará al personal empleado mediante pláticas de educación ambiental, abordando temas sobre la importancia de atender la medida preventiva correspondiente, así como los riesgos que representa no atender la recomendación. B) Se supervisará periódicamente el área del proyecto, para verificar que se cumpla esta medida. C) Se colocarán letreros restrictivos en el área del proyecto en alusión a esta medida. D) Se implementarán medidas para ahuyentar a los perros que transiten en el sitio del proyecto.		
Beneficio esperado	Evitar el contagio de enfermedades a la fauna nativa por la introducción de animales domésticos.		

COMPONENTE AMBIENTAL	SOCIOECONOMICO		
Medida Preventiva	**Capacitación al personal en educación ambiental**	**Etapa**	1. Construcción 2. Operación y mantenimiento 3. Abandono del sitio





COMPONENTE AMBIENTAL	SOCIOECONOMICO		
Actividad generadora de impacto	Debido a la diversidad de conductas que deriva la conformación de grupos de trabajo para la construcción de desarrollos inmobiliarios, ello puede derivar conductas incorrectas sobre el manejo, cuidado y conservación de los recursos naturales y de los residuos generados.		
Acciones de Cumplimiento	Se realizará una capacitación previa del personal, reforzada con material de sensibilización en cuanto a la normatividad vigente y las acciones para el cuidado del agua, del suelo la flora y fauna principalmente.		
Beneficio esperado	Contribuir al conocimiento del personal empleado sobre el manejo adecuado de los recursos naturales y de los diferentes tipos de residuos generados en las diferentes etapas del proyecto.		
Medida Preventiva	**Contratación de personal de las localidades próximas al sitio del proyecto**	**Etapa**	1. Preparación del sitio. 2. Construcción 3. Operación y mantenimiento 4. Abandono del sitio
Actividad generadora de impacto	Tratándose de construcción de obra civil, las empresas contratistas ocupan grupos provenientes de otras zonas que pueden estar mejor capacitados para las actividades. El principal impacto se refleja hacia la sociedad de las comunidades de la zona.		
Acciones de Cumplimiento	Se contratarán servicios y mano de obra local o de localidades próximas para reforzar la economía local y generar empleos temporales.		
Beneficio esperado	Mejorar el nivel de vida de familias de la región por medio de la generación de empleos directos e indirectos.		
Medida Preventiva	**Uso de equipo de protección personal**	**Etapa**	Todas las etapas
Actividad generadora de impacto	Tratándose de contratación de empleados de la localidad, es común que no estén habituados a condiciones de seguridad en el trabajo, ello puede derivar accidentes dirigidos principalmente a la salud de hombre.		



COMPONENTE AMBIENTAL	SOCIOECONOMICO		
Acciones de cumplimiento	Se deberá proporcionar de equipo de protección personal a los trabajadores, en los casos que aplique por Ley y se supervisará que el personal porte el equipo de protección necesario.		
Beneficio esperado	Esta medida mejorará las condiciones de trabajo de los empleados en la obra y facilitará la ejecución de los trabajos.		
Medida Preventiva	**Protección civil**	**Etapa**	Todas las etapas
Actividad generadora de impacto	El predio del proyecto se ubica en el estado de Oaxaca mismo que se cataloga como una zona de alta sismicidad; aunado a ello, el predio por su cercanía a la zona costera se ve influenciado por tormentas y ciclones que pueden causar afectaciones al ser humano.		
Acciones de cumplimiento	A) El Promovente deberá implementar pláticas de protección civil y poner en práctica permanentemente la cultura de la prevención y la protección civil principalmente en el sitio del proyecto. Se deberán dar pláticas enfocadas a la respuesta en caso de sismo o la presencia de algún fenómeno meteorológico. B) Colocar señalización en el área del proyecto alusivo a esta medida.		
Beneficio esperado	Evitar daños a la salud del hombre y capacitar a los empleados y usuarios a fin de que cuenten con las herramientas necesarias ante algún evento inesperado o extraordinario.		

Ver Anexo 31 Programa de reforestación (digital).

VII.2. Impactos residuales

De acuerdo con el artículo 3°, fracción X, del Reglamento de la LGEEPA define *"Impacto ambiental residual: el impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación".* Por lo tanto, los impactos residuales que persisten después de aplicadas las medidas se muestran en la siguiente gráfica, esto de acuerdo con el nivel de significancia siendo el impacto residual con mayor significancia (MMS) muy significante y que, una vez aplicada las medidas de mitigación, la significancia de este cambia dado que en impactos persistentes que significan la alteración de las condiciones de los componentes del medio ambiente del sitio en donde se va a desarrollar el proyecto.

Para el proyecto, el resultado de los impactos residuales son: infiltración esto dado que el proyecto construirá una capa impermeable que no permitirá dicha infiltración en la superficie que ocupe la plataforma de concreto, incrementado con esto la escorrentía, los demás impactos son aquellos que ocasionaran una modificación permanente a las condiciones del medio tal como en el caso de la remoción de vegetación y por consiguiente impacto a la fauna, perturbación al hábitat, así como la modificación de la condiciones de la morfología del suelo por las actividades de relleno y nivelación, y el cambio de uso del suelo dado que de las condiciones actuales respecto a sus componentes ambientales (bióticos y abióticos) estos serán modificados para dar paso a otro tipo de actividad, dicha actividad corresponde a la señalada por el Plan de Ordenamiento de Salina Cruz, como de tipo Industrial.

Tabla 1. Matriz de Evaluación de Impactos residuales.

MEDIO	COMPONENTE	FACTOR	IMPACTO	I.PREPARACION	II. CONTRUCCION	III.OPERACIÓN Y MANTENIMEINTO
				DESMONTE	CIMENTACIÓN PARA PLATAFORMA	ALMACENES Y DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES
ABIÓTICO	Suelo	Tipo de uso	Cambio en el uso del suelo	MMS		
	Agua	Recarga	Infiltración al subsuelo		MMS	MMS
BIÓTICO	Vegetación	Cobertura	Eliminación de la cobertura	MMS		
		Abundancia	Variación en la abundancia por la afectación de individuos	MMS		

MEDIO	COMPONENTE	FACTOR	IMPACTO	I.PREPARACION	II. CONTRUCCION	III.OPERACIÓN Y MANTENIMEINTO
				DESMONTE	CIMENTACIÓN PARA PLATAFORMA	ALMACENES Y DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES
		Abundancia	Variación en la abundancia: riesgo de afectación a individuos	S		
		Hábitat	Perturbación del hábitat	S		

VII.3. Información necesaria para la fijación de montos para fianzas

A continuación, se describen los costos de las obras y actividades por etapa de proyecto.

Tabla 3. Estimación de costos.

Etapa	Importe estimado
Preparación del sitio y construcción	342,978,746.41
Aplicación de medidas ambientales	2,500,000.00

VII.4. Estimación del costo de las actividades de restauración con motivo del cambio de uso del suelo

Los costos asociados a la compensación por la reforestación fueron calculados con base en lo dispuesto en el "ACUERDO mediante el cual se expiden los costos de referencia para la compensación ambiental por cambio de uso del suelo en terrenos forestales y la metodología para su estimación" publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 26 de diciembre de 2025.

Tabla 4. Costos de referencia por hectárea para los diferentes ecosistemas.

[illegible]	[illegible]			
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Fuente: "*ACUERDO mediante el cual se expiden los costos de referencia para la compensación ambiental por cambio de uso del suelo en terrenos forestales y la metodología para su estimación*"



La metodología publicada se basa en la ejecución de la compensación mediante la reforestación misma considera siete (7) años desde la preparación del sitio hasta el término del mantenimiento como se presenta a continuación.

Tabla 5. Actividades a realizar en el periodo de la restauración forestal.

Periodo	Actividad aplicable	Desarrollo técnico y escenario de aplicación
Año 1 (Corto plazo)	Obras y prácticas de control de erosión y preparación del terreno	Esta actividad sí resulta aplicable al proyecto, debido a que durante las obras de preparación y construcción podrían generarse áreas con suelo expuesto susceptibles a erosión superficial y arrastre de sedimentos. Las acciones consistirán en nivelación menor, estabilización de taludes, colocación de barreras de retención de sedimentos, conformación de escurrimientos y mejoramiento de sustrato en áreas destinadas a revegetación. Debido a las características predominantemente planas del sitio, no se prevén obras mayores de conservación de suelo.
Año 1 (Corto plazo)	Producción y/o adquisición de planta	La actividad resulta aplicable parcialmente. Considerando que el proyecto se localiza en un entorno urbano-portuario y la superficie de compensación será definida conforme a las disposiciones de la autoridad competente, se priorizará la adquisición de especies nativas y adaptadas a condiciones costeras y de selva baja caducifolia, provenientes de viveros autorizados. La producción propia de planta no se considera necesaria debido a la escala del proyecto y disponibilidad regional de especies forestales aptas para restauración.
Año 2 (Corto–Mediano plazo)	Reforestación y revegetación	La actividad es aplicable y corresponderá a la ejecución de plantaciones de especies nativas forestales y vegetación adaptada a condiciones climáticas y edáficas de la región. La reforestación se realizará preferentemente al inicio de la temporada de lluvias para incrementar la supervivencia de individuos. Debido al tipo de vegetación presente y al entorno del proyecto, no se contempla propagación mediante macollos o hijuelos, limitándose principalmente a plantación directa de individuos producidos en vivero y, en áreas específicas, siembra de especies herbáceas de cobertura para estabilización del suelo.



Periodo	Actividad aplicable	Desarrollo técnico y escenario de aplicación
Año 3 (Mediano plazo)	Primer mantenimiento y reposición de planta	La actividad resulta aplicable para garantizar el establecimiento exitoso de la vegetación introducida. Se realizará reposición únicamente en áreas donde la mortalidad supere los porcentajes esperados por estrés hídrico, adaptación o afectaciones climáticas. Asimismo, se efectuarán labores de limpieza manual, control de maleza invasiva, reposición de tutores y mantenimiento de obras de conservación de suelo.
Año 4 (Mediano plazo)	Segundo mantenimiento	Esta actividad será aplicable de manera preventiva y de seguimiento ecológico. La reposición de individuos se efectuará únicamente en caso de requerirse, evitando sustituciones innecesarias si la cobertura vegetal presenta estabilidad y supervivencia adecuada. También se evaluará el éxito de establecimiento mediante indicadores de supervivencia, cobertura vegetal y estabilidad del suelo.
Año 5 (Largo plazo)	Mantenimiento adaptativo y seguimiento	Para esta etapa se prevé que gran parte de la vegetación presente un proceso de adaptación y crecimiento consolidado, por lo que las actividades se enfocarán principalmente al monitoreo de supervivencia, control de especies invasoras y verificación de estabilidad del sitio. La reposición de planta solo se aplicará de manera excepcional en áreas críticas o con pérdida significativa de cobertura vegetal.
Año 6 (Largo plazo)	Seguimiento ecológico y conservación del sitio	En esta fase las actividades estarán orientadas principalmente a la evaluación de recuperación funcional de la cobertura vegetal y estabilidad del suelo. Las prácticas intensivas de mantenimiento disminuirán gradualmente, privilegiando procesos de regeneración natural y consolidación ecológica de las áreas restauradas.
Año 7 (Largo plazo)	Evaluación final de restauración	La actividad será aplicable como etapa de cierre y evaluación del programa de restauración forestal. Se verificará el cumplimiento de indicadores de supervivencia, estabilidad del suelo, cobertura vegetal y adaptación de especies introducidas. En caso de que las condiciones ecológicas sean favorables, las actividades de mantenimiento podrán concluir, manteniéndose únicamente monitoreos periódicos de verificación ambiental.



Derivado de lo anterior, y considerando que el proyecto contempla el **Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales** en una superficie de **3.92 hectáreas**, correspondiente al tipo de ecosistema **"Humedales y transición tierra mar (manglares, dunas costeras y sistemas insulares)"**, para el cual se establece un **costo unitario de $275,795.50 por hectárea**, el monto total aplicable a la superficie solicitada asciende a **$1,081,118.36**.



CAPITULO VIII

PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS



CONTENIDO

VIII.1. Descripción y análisis del escenario sin proyecto 3
VIII.2. Descripción y análisis del escenario con proyecto 10
VIII.3. Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de mitigación 18
VIII.4 Pronóstico ambiental 26
VIII.5. Programa de manejo ambiental 27
VIII.6 Seguimiento y control 37
Indicadores de desempeño de medidas aplicadas al factor Suelo 44
Indicadores de desempeño de medidas aplicadas al factor Hidrología 45
Indicadores de desempeño de medidas aplicadas al factor Fauna 46
Indicadores de desempeño de medidas aplicadas al factor Paisaje 48
Indicadores de desempeño de medidas aplicadas al factor flora 48

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. ESCENARIO SIN PROYECTO. 4
TABLA 2. TIPOS DE VEGETACIÓN Y USOS DEL SUELO EN EL SISTEMA AMBIENTAL DEL PROYECTO. 7
TABLA 3. ESCENARIO CON PROYECTO Y SIN MEDIDAS DE MITIGACIÓN. 10
TABLA 4. COMPONENTES AMBIENTALES RELEVANTES DENTRO DEL SA Y EN EL ÁREA DEL PROYECTO, CON EL DESARROLLO DEL PROYECTO Y APLICANDO MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN PROPUESTAS. 18
TABLA 5. LÍNEA ESTRATÉGICA 1. PROTECCIÓN DEL RECURSO HÍDRICO Y CALIDAD DEL SUELO. 29
TABLA 6. LÍNEA ESTRATÉGICA 2. PREVENCIÓN DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y CONTROL DE RUIDO. 30
TABLA 7. LÍNEA ESTRATÉGICA 3. CONSERVACIÓN DE FLORA, FAUNA Y BIODIVERSIDAD. 31
TABLA 8. LÍNEA ESTRATÉGICA 4. MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS. 32
TABLA 9. LÍNEA ESTRATÉGICA 5. SEGURIDAD LABORAL Y GESTIÓN SOCIOECONÓMICA. 33
TABLA 10. INDICADORES AMBIENTALES PARA CADA LÍNEA ESTRATÉGICA DE MANEJO AMBIENTAL. 34
TABLA 12. INDICADORES DE ÉXITO DE LAS MEDIDAS PARA EL FACTOR SUELO. 42
TABLA 13. INDICADORES DE DESEMPEÑO DE LAS MEDIDAS PARA EL FACTOR SUELO. 44
TABLA 14. INDICADORES DE ÉXITO DE LAS MEDIDAS PARA EL FACTOR HIDROLOGÍA. 45
TABLA 15. INDICADORES DE ÉXITO DE LAS MEDIDAS PARA EL FACTOR PAISAJE. 48



VIII.1. Descripción y análisis del escenario sin proyecto

El área sujeta a CUSTF, donde se pretende desarrollar el proyecto **"Ampliación de patios de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca",** abarca una extensión de 3.92 ha (39,200 m^2), y se localiza en el Recinto Portuario ASIPONA, Salina Cruz.

Escenario Socioeconómico

Según el Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI, Salina Cruz, es un municipio con una población total de 84,438 habitantes: 43,995 mujeres (52.1%) y 40,443 hombres (47.9%). Los habitantes de Salina Cruz representaban el 2.0% de la población total de Oaxaca en 2020. Los rezagos se pueden establecer en los siguientes términos:

- Existe una población analfabeta, 4.08%.
- En 2020, 22.4% de la población se encontraba en situación de pobreza moderada y 4.61% en situación de pobreza extrema.
- Las principales carencias sociales que presenta la población del municipio son: 1) acceso a la seguridad social; 2) acceso a los servicios de salud, 3) acceso a los servicios básicos en la vivienda (CONEVAL, 2020).
- Un problema relevante respecto al recurso hídrico en el municipio es la infiltración de aguas residuales en los acuíferos, por la presencia de coliformes y arsénico fuera de la norma, tal como se menciona en el Programa Territorial Operativo (SEDATU, 2020).
- Existe un déficit estimado de 16.4 toneladas diarias en la recolección de RSU en el municipio.

En la siguiente tabla se formula un escenario para el sitio del proyecto, sin considerar el proyecto como variable de cambio.



Tabla 1. Escenario Sin Proyecto.

COMPONENTE AMBIENTAL	SITUACIÓN ACTUAL (SIN PROYECTO)
Clima	El Sistema Ambiental donde se localiza el proyecto presenta un clima cálido subhúmedo tipo Aw0, característico de la región del Golfo de Tehuantepec, con temperatura media anual aproximada de 28.6 °C, precipitación media anual entre 800 y 1,200 mm y régimen de lluvias concentrado principalmente de junio a octubre. Las temperaturas máximas se registran durante los meses de abril y mayo, mientras que las mínimas ocurren en invierno. La dinámica climática regional se encuentra influenciada por fenómenos hidrometeorológicos de carácter tropical, incluyendo tormentas tropicales, ciclones, lluvias intensas y eventos de viento asociados al corredor eólico del Istmo de Tehuantepec. Asimismo, el municipio presenta susceptibilidad media a inundaciones y procesos de inestabilidad de laderas derivados de precipitaciones extraordinarias y deficiencias en los sistemas urbanos de drenaje. En ausencia del proyecto, las condiciones climáticas del área permanecerían bajo la dinámica atmosférica regional actual, sin modificaciones directas atribuibles a actividades constructivas o cambios en el uso del suelo adicionales a los ya existentes en el entorno portuario-industrial. Sin embargo, persistirían factores de vulnerabilidad asociados al crecimiento urbano, impermeabilización gradual del suelo y alteración de escurrimientos superficiales dentro del municipio de Salina Cruz.
Aire	La calidad del aire en el Sistema Ambiental se encuentra influenciada principalmente por actividades urbanas, portuarias, industriales y de transporte terrestre y marítimo asociadas al funcionamiento del Puerto de Salina Cruz y de la infraestructura regional existente. Las principales fuentes de emisión atmosférica corresponden a la circulación vehicular, maquinaria industrial, movimiento de mercancías, actividades de carga y descarga, emisiones derivadas de combustibles fósiles y partículas suspendidas provenientes de superficies expuestas y vialidades sin pavimentar. Actualmente, el área del proyecto presenta condiciones de alteración atmosférica moderada derivadas de las actividades antropogénicas históricas desarrolladas dentro del recinto portuario y la zona urbana adyacente. De manera particular, la existencia de superficies degradadas, presencia de residuos sólidos, escurrimientos contaminados y pérdida de cobertura vegetal favorecen la dispersión de partículas y olores asociados a procesos de descomposición orgánica y tránsito vehicular pesado. Bajo el escenario sin proyecto, las emisiones atmosféricas existentes continuarían asociadas a las actividades urbanas y portuarias actualmente operantes, manteniéndose las tendencias de deterioro progresivo de la calidad ambiental derivadas del crecimiento industrial y logístico regional vinculado al desarrollo del Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec.

Ruido	El ambiente sonoro del área de influencia del proyecto se caracteriza por la presencia constante de fuentes emisoras de ruido asociadas a actividades portuarias, tránsito vehicular pesado, operación industrial, maquinaria, maniobras de carga y descarga, así como actividades urbanas propias de la ciudad de Salina Cruz. Los niveles actuales de ruido presentan variaciones temporales relacionadas con la intensidad operativa del recinto portuario y de las vialidades regionales. Debido al contexto urbano-industrial donde se localiza el proyecto, el paisaje acústico ya presenta condiciones de perturbación moderada a alta, particularmente durante horarios diurnos de mayor actividad logística y comercial. En ausencia del proyecto, el comportamiento acústico del área mantendría las condiciones actuales de presión sonora derivadas de las actividades industriales y de transporte ya existentes, con una tendencia gradual al incremento conforme avance el desarrollo de infraestructura estratégica regional asociada al CIIT y a la expansión portuaria.
Socioeconómico	El municipio de Salina Cruz constituye uno de los principales polos logísticos, comerciales e industriales del estado de Oaxaca, desempeñando un papel estratégico dentro del Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec. De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI, el municipio cuenta con una población de 84,438 habitantes y presenta condiciones sociales caracterizadas por rezagos en acceso a servicios básicos, seguridad social y cobertura de salud. El entorno económico regional depende en gran medida de las actividades portuarias, comercio, transporte, servicios e industria energética. No obstante, el municipio presenta problemáticas ambientales y urbanas relevantes, entre ellas manejo deficiente de residuos sólidos urbanos, infiltración de aguas residuales en acuíferos y presión constante sobre la infraestructura urbana derivada del crecimiento poblacional y del desarrollo industrial. En el escenario sin proyecto, persistirían las condiciones actuales de ocupación territorial y presión urbana sobre el entorno ambiental, limitando parcialmente el aprovechamiento logístico y económico de áreas estratégicas dentro del recinto portuario. Asimismo, continuarían las problemáticas relacionadas con deterioro ambiental, generación de residuos y manejo inadecuado de aguas residuales en sectores urbanos cercanos al área del proyecto.
Suelo	El análisis del componente edafológico, realizado con base en la cartografía a escala 1:250,000 de la Serie III del INEGI (2024), permitió identificar y caracterizar los tipos de suelos presentes en el área del SA del proyecto. Se destaca como unidad dominante el Leptosol, un suelo delgado y pedregoso con una fertilidad limitada y por consecuencia, limitado uso agrícola; su vocación es forestal y sujetos procesos erosivos si se elimina la vegetación. Un segundo tipo de suelo corresponde a Luvisol, son suelos de tipo aluvial y coluviales con alta fertilidad, estos se localizan en zona cercana al humedal del SA. Un tercer suelo es el denominado Technosol, presente en el área sujeta a cambio de uso del suelo. Suelos dominados o fuertemente influenciados por materiales elaborados por el hombre; De acuerdo con la información cartográfica del mapa temático de Degradación del suelo, elaborado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y publicado en el documento “Degradación del Suelo en la República Mexicana” (Escala 1:250,000, 2004), presenta una mayor superficie con un proceso de erosión hídrica con pérdida de suelo superficial, específicamente por declinación de la fertilidad y reducción

<table>
<tr><td></td><td>
del contenido de materia orgánica, misma que se cataloga en un grado ligero y ha sido ocasionada por un sobrepastoreo. Así mismo, se estima que existe una degradación en grado extremo por Degradación física, específicamente por la pérdida de la función productiva motivada por el crecimiento urbano e industrial del municipio y aspecto que es aplicable en el entorno donde se desarrollará el proyecto.
Derivado de los análisis de erosión hídrica y eólica, arroja que, en las condiciones actuales, sin la ejecución del proyecto y considerando la superficie de suelo en el SA (869.35 has, no considerando la superficie del cuerpo de agua de 107.01 ha), se estima que la erosión hídrica existente es de 21,788.12 ton/año, en tanto que la erosión eólica es de 18,335.72 ton/año. La suma de ambas en el área del SA, suma un total de 40,123.84 ton/año.
Por otra parte, los índices de erosión hídrica y eólica en el área de CUSTF, se ubica en 13.94 y 24.72/ton/año, generando un volumen total de suelo erosionable de 38.67 ton/año
Valores de erosión en el área sujeta a CUSTF, Escenario actual.
<table>
<tr><th>Datos</th><th>Escenario 1</th></tr>
<tr><td colspan="2">Erosión Hídrica</td></tr>
<tr><td>Tasa de erosión (ton/ha/año)</td><td>3.55</td></tr>
<tr><td>Volumen de erosión hídrica en el área de CUS (ton/año)</td><td>13.94</td></tr>
<tr><td colspan="2">Erosión eólica</td></tr>
<tr><td>Tasa de erosión (ton/ha/año)</td><td>6.31</td></tr>
<tr><td>Volumen de erosión eólica en el área de CUS (ton/año)</td><td>24,72</td></tr>
<tr><td colspan="2">Erosión total</td></tr>
<tr><td>Volumen de erosión total (hídrica + eólica) en el área de CUS (ton/año)</td><td>38.67</td></tr>
</table>

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio (ver Anexo en digital Resultados de laboratorio de calidad de agua NOM 001), el ecosistema de manglar presente en el área sujeta a cambio de uso de suelo (CUSTF), no se encuentra en CONDICIONES óptimas de salud ecológica, debido a que su principal fuente de aporte hídrico corresponde a descargas de aguas residuales sin tratami9nto previo. Esta condición ha generado modificaciones en las propiedades físico-químicas del suelo, reflejadas principalmente en la textura de suelo y en la presencia de metales pesados (Plomo y Bario), que, aunque se encuentran en limites por debajo de los normativos son riesgos potenciales. Asimismo, presenta una alta carga bacteriológica, Enterococos, que representa un riesgo a la salud.
</td></tr>
<tr><td>Hidrología</td><td>
El análisis del componente hidrológico del SA, realizado con base en información de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Localizador REPDA de Aguas Nacionales, Zonas Federales y Descargas de Aguas Residuales (2019), indica que el área se encuentra dentro de la Región Hidrológica RH21 ("Costa de Oaxaca"), específicamente en la Cuenca RH21A Río Astata y otros y, de manera específica en la Subcuenca RH21Aa Salina Cruz.
En la Subcuenca Salina Cruz, dominan terrenos de baja permeabilidad. Las isoyetas son del orden de 800 a 1,200 mm. Las unidades de escurrimiento de 10 a 20% son de mayor extensión en la Subcuenca, las zonas que entran en el rango que va de 0 a 5% tienen alta permeabilidad, la pendiente del terreno es baja y la densidad de vegetación es media. Bajo
</td></tr>
</table>

<table>
<tr>
<td></td>
<td>
el escenario sin proyecto, se prevé que las condiciones hidrológicas de en el SA mantendrán su comportamiento actual, caracterizado por:
1) La continuidad del régimen hidrológico natural y las dinámicas de escurrimiento superficial y,
2) La persistencia de una red de drenaje dendrítica con una cobertura vegetal que atenúa la escorrentía superficial y contribuye a la recarga del subsuelo.
Para el caso específico del proyecto, se identifica un arroyo superficial intermitente, puesto que únicamente permite la presencia y flujo de agua pluvial cuando existen precipitaciones en la zona. Sin embargo, existe una descarga continua de aguas residuales a esa corriente proveniente de la zona urbana, lo que genera una alta concentración de materia orgánica y valores elevados de DQO, situación generadora de eutrofización del agua acumulada, limitando el desarrollo de la fauna acuática. Asimismo, se identificó una concentración elevada de enterococos (más de 24,000NMP/100), determinando un severo impacto de contaminación biológica con riesgo a la salud. La descarga de dichas aguas conlleva también, el arrastre de residuos que impacta en el área de la vegetación secundaria de manglar.
Con respecto a los parámetros de evapotranspiración, escurrimiento e de infiltración dentro del balance hidrológico para el área de CUSTF, las condiciones de pendiente, tipo y textura del suelo y, vegetación presente, determinan los siguientes resultados obtenidos en el cálculo de estos parámetros:
La evapotranspiración de 28,348.58 m^3, representa el 82.14% del volumen precipitado; el volumen de escurrimiento significa el 5.7%%, equivalente a 1970.57 m^3, en tanto que el volumen actual de infiltración en el área del proyecto se ubica en 4,192.53 m^3.
<table>
<tr><th>Escenarios</th><th>Uso del suelo</th><th>Superficie ha</th><th>K</th><th>Ce</th><th>Ve: Vol. de escurrimiento m^3</th><th>Infiltración m^3</th></tr>
<tr><td>Escenario 1</td><td>Vegetación secundaria de manglar</td><td>3.92</td><td>0.16</td><td>0.057</td><td>1,970.57</td><td>4,354.17</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
<tr>
<td>Vegetación</td>
<td>
El análisis del componente vegetación del proyecto, se realizó con base en la Carta Temática de Uso del Suelo y Vegetación a escala 1:250000, Serie III del INEGI (2021), indicando que la superficie del SA abarca un total de 976.28 hectáreas.
La distribución de categorías de uso y cobertura se detalla en la Tabla Siguiente
Tabla 2. Tipos de Vegetación y Usos del Suelo en el Sistema Ambiental del proyecto.
<table>
<tr><th>Clave</th><th>Tipos de vegetación y usos del suelo</th><th>AREA_HA</th><th>%</th></tr>
<tr><td>AH</td><td>Asentamientos Humanos</td><td>242.99</td><td>24.89</td></tr>
<tr><td>H2O</td><td>Cuerpo de agua</td><td>107.01</td><td>10.96</td></tr>
<tr><td>VSa/SBC</td><td>Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia</td><td>85.29</td><td>8.74</td></tr>
<tr><td>VSA/SBC</td><td>Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia</td><td>379.25</td><td>38.84</td></tr>
<tr><td>VSa/SBK</td><td>Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia</td><td>161.82</td><td>16.57</td></tr>
<tr><td></td><td>TOTAL</td><td>976.38</td><td>100.00</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
</table>

	Con base en esta cartografía, el área sujeta a CUSTF se localiza dentro de una zona correspondiente a **Asentamiento Humanos,** reportado por INEGI, no obstante, existe vegetación secundaria de mangle en una superficie de 3.92 ha. Al ser un área pequeña y rodeado al sur por el Océano Pacífico y el resto por la zona urbana de Ciudad de Salina Cruz, la vegetación ha quedado totalmente aislada del resto de la vegetación natural, por lo que actualmente se considera como un remanente aislado de Vegetación de Mangle, con un alto grado de perturbación, derivada de las actividades propias de un asentamiento humano (descargas de aguas residuales, presencia de residuos, fauna nociva, etc.) y de las actividades portuarias e industriales. En este sitio, la vegetación secundaria de mangle está conformada principalmente por *Conocarpus erectus,* que alcanza alturas de 6 a 12 m; y al ser un área muy perturbada y colindante con un asentamiento humano, es alta la presencia de especies tolerantes al disturbio, como *Pithecellobium dulce, Parkinsonia aculeata, Leucaena lanceolata* y *Neltuma juliflora*, que son especies acompañantes que alcanzan alturas de 6 a 10 m. Estas especies se establecen principalmente en el borde de la vegetación de mangle, donde no hay inundaciones permanentes. Otra especie típica de manglares es *Avicennia germinans*, que alcanza altura de hasta 6 m y presenta menor densidad. La vegetación ha quedado totalmente aislada del resto de la vegetación natural, por lo que actualmente se considera como un remanente aislado de Vegetación de Mangle, con un alto grado de perturbación, derivada de las actividades propias de un asentamiento humano (descargas de aguas residuales, presencia de basura, fauna nociva, etc.) y de las actividades portuarias e industriales Bajo el escenario sin proyecto, se prevé que el SA mantendría las tendencias actuales, caracterizadas por: • La continuidad del patrón histórico de transformación del paisaje, donde el desarrollo de obras de servicios portuarios, de transporte, comerciales e inmobiliarios, han generado una transformación significativa del entorno natural. • La continuidad progresiva de una disminución de una cobertura vegetal dominada por vegetación secundaria, especialmente en forma de selva baja caducifolia, con predominio de especies pioneras y alta heterogeneidad estructural.
Fauna	El área en la que se pretende realizar el cambio de uso de suelo presenta un alto grado de perturbación por actividades antrópicas y depredación por la presencia de perros ferales; son parches de vegetación aislados sin continuidad ni conectividad ecosistémica. Estas áreas mantienen poca diversidad ya que fungen como islas de alimentación y resguardo para las distintas especies de fauna silvestre. Es importante mencionar que la presencia de especies se debe en gran medida a que, al ser considerada el área de monitoreo y conservación, fungió como sitio de reubicación de fauna silvestre; es decir, en dicho sitio se depositaba fauna silvestre que se encontraba en sitios aledaños, lo cual corrobora la presencia de taxones con valor de conservación y endemismo. El análisis integral de la caracterización faunística realizada en el área del CUSTF confirma que la composición actual de especies refleja comunidades propias de ecosistemas secundarios, adaptadas a condiciones de perturbación antrópica y fragmentación del hábitat. La baja diversidad observada en anfibios, reptiles y mamíferos, evidenciada por los valores del índice de Shannon-Wiener (H'<1.5) y de Margalef (D_{Mg} < 2.0), corrobora un

	ecosistema con estructura simplificada y dominado por unas pocas especies generalistas. Es notorio señalar que la zona de reserva ha sido objeto de introducción de fauna rescatada en otras áreas de la zona portuaria, incidiendo en la presencia de especies que no corresponde al área e CUSTF. El diagnóstico ecológico indica que el sitio, aunque con baja riqueza faunística, mantiene funciones de conectividad puntual y refugio temporal para fauna móvil, principalmente aves. En síntesis, los resultados obtenidos demuestran que, aunque la diversidad faunística es baja y la mayoría de las especies presentan hábitos generalistas y amplia distribución, la presencia de taxones con valor de conservación y endemismo justifica la adopción de medidas técnicas de manejo de fauna. En ausencia del proyecto, en el área de CUSTF se prevé: Ante la pérdida de cobertura vegetal por impactos de contaminación generados por aguas residuales, la presencia de fauna doméstica feral, el aislamiento de este parche de vegetación y la presión antrópica reducirán significativamente la funcionalidad del paisaje y su capacidad de sostener poblaciones estables de vertebrados silvestres.
Paisaje	El paisaje visual considera la estética y la capacidad de percepción por un observador. El entorno paisajístico del área sujeta a CUSTF, es de media calidad visual, dominado por formas antropizadas, vegetación escasa y la proximidad al mar. La diversidad y rareza escénica son bajas y las obras se integran en el entorno ya alterado. Las propuestas de desarrollo del corredor interoceánico, en el mediano plazo tendrán una mayor carga en el paisaje local y regional. La ciudad de Salina Cruz es de vital importancia para la estructuración del CIIT, los procesos industriales que hoy día se expresan en el territorio van a verse intensificados ante la puesta en marcha del corredor ferroviario y el desarrollo de los PODEBI, sin embargo, es relevante considerar el entorno geográfico actual del municipio el cual le imprime al municipio de Salina Cruz la necesidad de definir áreas para la conservación y protección de los recursos naturales como proveedores de servicios ambientales al desarrollo presente y futuro del municipio. En conjunto, el diagnóstico ambiental de “Ampliación de patios de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca”, revela un entorno urbano, con ciertos elementos de valor paisajístico y funcional que deberán ser considerados cuidadosamente durante la planeación y ejecución del proyecto. La implementación de medidas de integración ambiental y estrategias de conservación serán fundamentales para la ejecución del proyecto. En el escenario sin proyecto, se prevé la continuidad del estado actual del paisaje, caracterizado por: • Una calidad visual media, con alteraciones adicionales por nuevas edificaciones o actividades asociadas al proyecto. • La persistencia de factores limitantes de su atractivo escénico, como la baja diversidad vegetal, la homogeneidad topográfica y la presencia de infraestructura urbana y de servicios. • El mantenimiento del grado de fragilidad visual media, condicionado por las tendencias actuales de crecimiento urbano e intervención humana en la región.



VIII.2. Descripción y análisis del escenario con proyecto

La información que se presenta en este apartado describe los factores bióticos y abióticos del SA y el área del Proyecto visualizado a partir de las condiciones actuales y considerando las obras y actividades en las diferentes etapas del proyecto, en el cual se analiza las condiciones bióticas y abióticas que pudieran verse afectadas por el establecimiento del Proyecto, mismas que se describen por componente ambiental.

Tabla 3. Escenario con proyecto y sin medidas de mitigación.

COMPONENTE AMBIENTAL	SITUACIÓN ESPERADA (CON PROYECTO Y SIN LA APLICACIÓN DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN)
Clima	Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, la remoción de vegetación y la modificación de la cobertura superficial generarían cambios microclimáticos locales asociados al incremento de superficies expuestas, aumento de radiación solar directa y reducción de humedad edáfica. Estas modificaciones podrían favorecer incrementos localizados de temperatura superficial y disminución de la capacidad natural de regulación térmica proporcionada por la cobertura vegetal existente. Asimismo, la compactación e impermeabilización progresiva del suelo reducirían parcialmente la infiltración natural y modificarían el comportamiento de escurrimientos superficiales durante eventos de precipitación intensa, incrementando potencialmente procesos de encharcamiento y acumulación de agua en zonas bajas si no se implementaran medidas de control hidráulico adecuadas. La ausencia de medidas de mitigación también incrementaría la susceptibilidad del sitio frente a fenómenos hidrometeorológicos extremos, particularmente inundaciones urbanas, erosión superficial y arrastre de sedimentos durante temporadas de lluvia.
Aire	Con base en la evaluación de los impactos ambientales de las obras y actividades del proyecto para el componente aire se valoraron como **moderadamente significativas** e incide en todas las etapas del proyecto con esa valoración. Con la ejecución del proyecto en las etapas preparación del sitio, se realizará el desmonte, despalme, relleno, nivelación, carga y acarreo de materiales de la superficie a acondicionar para construir los patios de maniobras. Esta actividad conlleva el uso de maquinaria y vehículos pesados por las actividades antes citadas, provoca la **suspensión de partículas de polvo** valoradas como impactos **moderadamente significativos**, el impacto es puntual y poco significativo. Las principales **emisiones de gases de combustión** sucederán durante la etapa de construcción y, operación y mantenimiento afectando la calidad del



	aire por los movimientos mismos de maquinaria y vehículos por la obra y traslado de materiales. A nivel de SA, este impacto se considera **moderadamente significativo** ya que se adiciona a la emisión de gases que genera la ciudad de Salina Cruz y la zona industrial. Sin la implementación de medidas de mitigación, las emisiones de PM10 y PM2.5 podrían incrementar localmente la concentración de partículas en suspensión, afectando temporalmente la calidad del aire en áreas cercanas al frente de obra y vialidades de acceso. Asimismo, la operación continua de maquinaria diésel incrementaría emisiones de óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono e hidrocarburos.
Ruido	En la etapa de preparación del sitio y construcción se hará uso de maquinaria pesada y vehículos de alta capacidad. Este tipo de equipos y sobre todo la maquinaria pesada emite ruido y vibraciones de importancia hacia el entorno. La concentración y la circulación de vehículos generan altos índices de ruido durante las actividades constructivas debido al funcionamiento del motor, así como al rozamiento de las llantas con la superficie de rodamiento. El ruido ocasionado por el tráfico disminuye la calidad del hábitat para especies sensibles debido a las elevadas intensidades sonoras, lo que ocasiona que éstas se dispersen hacia zonas que pueden ser, en muchas ocasiones, menos benevolentes. La intensidad del ruido apreciable a distancia propicia que la zona sea absolutamente evitada por algunas especies, por lo menos durante algunas temporadas de importancia biológicas (reproducción, alimentación). Ello disminuye inevitablemente el hábitat disponible, y altera el comportamiento de las especies, especialmente la comunicación vocal en anfibios y aves Estos altos niveles de ruido pueden causar trastornos en la salud de las personas, como el enmascaramiento de los sonidos, la fatiga auditiva, la pérdida de la audición y la aparición de sonidos internos o acufenos por alteración del nervio auditivo. Dichos trastornos son observados tanto en los trabajadores sin protección expuestos a estos efectos durante la construcción de carreteras o pobladores cercanos o al pie de las mismas, con las consiguientes pérdidas de productividad y rendimiento. Todos los animales reaccionan ante los ruidos desconocidos huyendo, escondiéndose o enfrentándose agresivamente a su causa, movidos por el miedo o la amenaza. Este impacto se ocasionará en todas las etapas del proyecto y se considera como Moderadamente significativo. Sin medidas de control acústico, los niveles de ruido podrían superar temporalmente las condiciones actuales del entorno, particularmente durante horarios de máxima actividad constructiva. Estas emisiones sonoras podrían ocasionar perturbaciones sobre fauna silvestre oportunista presente

	en el área y generar molestias temporales al personal operativo y a zonas urbanas cercanas.
Suelo	De acuerdo a la evaluación de los impactos ambientales de las obras y actividades del proyecto para el componente suelo se tiene que en los factores tipo de uso y calidad del suelo, los mayores impactos se concretan en el **cambio de uso** por la eliminación de la vegetación en la superficie total, el impacto se valora **muy significativo**; ya que será permanente y se modificaran las condiciones del paisaje, suelo e impacto a las aves, que es el grupo con mayor representatividad. Sin embargo, este espacio no puede contemplarse como un ecosistema de humedal costero, ya que no presenta una zona de transición entre aguas marinas y continentales naturales, sino que se cataloga como un canal artificial de aguas residuales provenientes de la zona urbana de Salina Cruz y donde no se observan procesos geomicrobianos, o biológicos para la anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje, o en su caso condiciones que puedan contribuir de manera favorable a ecosistemas costeros como pastos marinos o formaciones coralinas. La **erosión del suelo** se genera por la eliminación de cobertura vegetal, es decir, el desmonte y despalme por el movimiento de materiales, podrían ocasionar un incremento en la taza de erosión local; especialmente en la franja de terrenos inmediatos al área de ocupación del proyecto. Los principales factores de erosión en la zona corresponden al viento, escurrimientos, la ligera pendiente y arrastres, los cuales son uno de los principales regidores de la dinámica de pérdida de suelos. Durante las actividades de preparación del sitio se eliminará la cobertura vegetal y suelo por el despalme en el área de ocupación del proyecto, de tal forma que se estima un **impacto Muy significativo** en este par de actividades que son el desmonte y despalme principalmente, de tal forma que dichos impactos podrán ser prevenidos, mitigados y compensados. El impacto por la **modificación de la morfología del suelo** acontece en la etapa de preparación del sitio por las actividades de desmonte, despalme, relleno y nivelación del sitio. Los **impactos** se valoran como **muy significativos**, dado que modificaran la condición actual del terreno en donde se llevará el proyecto, se realizarán movimiento de suelo que tendrá un impacto negativo en la morfología, el cual será de forma permanente durante el tiempo de vida útil del proyecto Otro impacto generado sobre la calidad del suelo es la **contaminación por residuos sólidos urbano, peligrosos y de manejo especial.** Se evalúa como un **impacto moderadamente significativo** en todas las etapas y actividades del proyecto, dado que para realizar dichas actividades se requiere de

personal, maquinaria y equipo y, dada la magnitud del proyecto se estima que se generarán importantes cantidades de residuos de distinta naturaleza (residuos sólidos urbanos, de manejo especial, peligrosos).

Entre los residuos principales destacan:

PELIGROSOS Aceites lubricantes usados, filtros de aceite, filtros de combustible, líquido de frenos, fluido refrigerante, líquido anticongelante, restos de pinturas; materiales impregnados en sustancias peligrosas (trapos, guantes, monos, papel, adsorbente), bidones o envases que han contenido sustancias o residuos peligrosos.

SÓLIDOS URBANOS NO PELIGROSOS Plásticos, gomas, vidrio, , papel y cartón, fejes, pet, entre otros.

DE MANEJO ESPECIAL., Residuos de la construcción.

A nivel de Sistema Ambiental, la generación de residuos tendrá significancia dado que el mal manejo de residuos resulta visible y alguno de ellos dado su composición son trasladados fácilmente de un lado a otro incluso fuera del sitio del proyecto, impactando el sistema ambiental.

Los valores de erosión muestran que el suelo está en proceso continuo de pérdida de capa superficial, presenta características físicas que impiden el establecimiento de vegetación nativa de etapas maduras, favorece la presencia de especies oportunistas, exóticas o invasoras y no desarrolla bancos de semillas funcionales ni estructuras radiculares estables.

Por la eliminación de la vegetación secundaria de manglar las tasas y volumen de erosión, presentarían los siguientes valores:

Valores de erosión en el área sujeta a CUSTF, Escenario 2.

Datos	Escenario 2
Erosión Hídrica	
Tasa de erosión (ton/ha/año)	21.55
Volumen de erosión hídrica en el área de CUS (ton/año)	84.48
Erosión eólica	
Tasa de erosión (ton/ha/año)	160.56
Volumen de erosión eólica en el área de CUS (ton/año)	629.41
Erosión total	
Volumen de erosión total (hídrica + eólica) en el área de CUS (ton/año)	**713.89**

De forma tal, que el incremento en la erosión del suelo atribuible al desmonte y despalme se estima en 675.23 ton/año (Escenario 2 – Escenario 1).

Derivado de los análisis de erosión hídrica y eólica para el escenario de ejecución del proyecto sin aplicación de medidas de mitigación, se proyecta

<table>
<tr><td></td><td>que tras la eliminación de la vegetación la tasa de erosión hídrica sea de 21.55 ton/ha/año y la eólica se ubique en 160.56 ton/ha/año. De tal manera que, potencialmente el total de suelo erosionable alcanzaría las 713.90 ton/año.
El cálculo anterior es el proyectado si se realizara el CUSTF en una sola etapa, sin embargo, debido a las proyecciones constructivas, la preparación del sitio se realizará en cuatro etapas, con lo cual los volúmenes de erosión se distribuirían en dicho período.</td></tr>
<tr><td>Agua</td><td>El impacto al recurso hídrico incidirá en los factores Infiltración y Escurrimiento. Los dos factores están estrechamente ligados a la ecuación del balance hídrico el cual nos indica que las entradas son igual a las salidas, para que se cumpla el principio de conservación de la masa, por lo tanto:
$$Entradas = Salidas$$
$$Precipitación = Escorrentia + evapotranspiración + Infiltración$$
Es decir que cuando uno de estos parámetros se ve afectado la ecuación entra en desbalance y ocurren los impactos a estos factores, en este caso la precipitación es un valor constante dado que no hay afectación por la construcción del proyecto, sin embargo al construirse una plataforma de concreto sobre la superficie del proyecto , dicha superficie se volverá impermeable, es decir que en este polígono no habrá infiltración, por lo cual se considera un impacto Muy Significativo y que permanecerá en la etapa de operación.
Al existir un desbalance en la infiltración esta agua que ya no se infiltra se escurre, por lo que la escorrentía superficial aumenta y tendrá su impacto en las áreas aledañas al proyecto, por lo que se valora como moderadamente significativo.
<table>
<tr><th>Escenarios</th><th>Uso del suelo</th><th>Superficie ha</th><th>K</th><th>Ce</th><th>Ve: Vol. de escurrimiento m^3</th><th>Infiltración m^3</th></tr>
<tr><td>Escenario 2</td><td>Asentamientos humanos</td><td></td><td>0.29</td><td>0.185</td><td>6,375.73</td><td>-50.98</td></tr>
</table>
Considerando el suelo desnudo a consecuencia de la ejecución del cambio de uso de suelo solicitado, se emplea un valor de k= 0.29 correspondiente a “Asentamientos humanos”. En este escenario, el volumen de agua precipitada es del orden de 34,511.69 m3; se estima valor de 0.185 del Ce, por consecuencia el volumen de escurrimiento hídrico se ubica en 6,375.73 m3 y bajo estas condiciones, se estima una infiltración negativa en el área propuesta para cambio de uso de suelo.
De tal forma que comparado con el escenario 1 (sin CUSTF), el escurrimiento superficial se incrementa en la misma cantidad.</td></tr>
</table>

Vegetación	Con la actividad de desmonte, la vegetación será eliminada totalmente determinando impacto en los factores de cobertura y abundancia. Como se ha mencionado, existe una superficie de 3.92 ha con vegetación secundaria de mangle, conformada por conformada por elementos arbóreos y arbustivos propios de una vegetación secundaria de manglar, el cual, como se ha mencionado no posee un atributo ecosistémico, sin embargo para la ejecución del proyecto se tiene considera la **remoción de este remanente de vegetación** el cual en base al muestreo realizado, así como, por las especies que la componen y la fisonomía, es decir, la forma o fenotipo de la vegetación, se removerán 296 individuos, incluidas las especies *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo) y *Avicennia germinans* (mangle negro), ambas listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la categoría de "Amenazada (A)". Se constató que el tipo de vegetación presentan un estado **alto grado de degradación y fragmentación**. Sin embargo, al remover a la vegetación se considera un impacto **Muy Significativo** dado que este permanecerá durante la vida útil del proyecto. Los resultados estructurales muestran que, si bien el área CUSTF conserva elementos característicos de vegetación de manglar —principalmente *Conocarpus erectus* y remanentes aislados de *Avicennia germinans*, la comunidad vegetal está dominada por **especies secundarias, oportunistas y exóticas-invasoras**, tales como *Azadirachta indica*, *Cryptostegia grandiflora*, *Urochloa mollis* y *Pithecellobium dulce*. La proliferación de estos taxones confirma un proceso de **sucesión secundaria inducida por disturbio**, típico de ambientes alterados por actividades antrópicas, pérdida de conectividad y degradación del hábitat. Por lo anterior el área sujeta a cambio de uso de suelo sustenta vegetación secundaria de mangle. Referente a **Variación en la abundancia por la afectación de individuos**, la continuidad de la vegetación en el sitio del proyecto será impactada por la remoción de vegetación secundaria de mangle y demás especies exóticas así como por no permitir el crecimiento de la misma por el relleno, compactación y construcción de plataforma de concreto; sin embargo, la flora terrestre que será afectada es secundaria, a pesar de ello suma a la fragmentación de la vegetación, y repercute directamente sobre el óptimo funcionamiento del ecosistema a nivel de SA, ya que como consecuencia inmediata la reducción del hábitat para las especies silvestres de flora y por consiguiente de fauna por lo que se valora como un impacto **Muy significativo.**
Fauna	En el área de cambio de uso de suelo al ser ejecutadas las actividades de desmonte y despalme, principalmente, generarán impactos sobre la fauna existente. Los impactos generados se encuadran en los factores de distribución, abundancia y perturbación del hábitat.

	En cuanto a la **distribución**, se generará el desplazamiento de individuos, este Impacto está relacionado con la generación de ruido debido a que todos los animales reaccionan ante los ruidos desconocidos huyendo, escondiéndose o enfrentándose agresivamente a su causa, movidos por el miedo o la amenaza. Por lo que se interrumpe la comunicación acústica y con ella se generan cambios en el apareamiento, en la búsqueda de alimento, en sus señales de advertencia y cuidado de las crías, con cambios en las poblaciones faunísticas próximas a la fuente de emisión, por lo que las actividades del proyecto ocasionaran dichos desplazamientos hacia zonas con un mejor estado de conservación, dichas zonas se ubican dentro de la poligonal del SA y en particular con el grupo de las aves que son la que tiene mayor movilidad y registro para el sitio del proyecto. El impacto que se valora es de **Muy Significativo** dado que se impactara las especies en norma y endémicas registradas en CUSTF, como la iguana mexicana de cola espinosa (*Ctenosaura pectinata*), la mazacuata (*Boa imperator*), el sapo jaspeado (*Incilius marmoreus*) y la matraca nuca canela (*Campylorhynchus humilis*). Es importante mencionar que el área de estudio estuvo considerada como zona de reserva, en ella se realizó la reubicación de especies de fauna rescatadas en otras zonas de la ASIPONA, por lo que la presencia de especies de importancia ecológica dependió de dicha actividad. El impacto en la variación en la abundancia obedece al riesgo de afectación a individuos de fauna. Por lo tanto, la fauna silvestre se verá afectada por la pérdida de vegetación, lo que conlleva a la disminución de la calidad del hábitat, de sus recursos y por lo tanto a la mortalidad de los individuos. La disposición espacial de los fragmentos de hábitat influye sobre la movilidad de las especies silvestres entre los mismos y, por ende, sobre la dinámica de poblaciones. En términos funcionales se traducen en pérdidas de conectividad ecológica, entendida como la capacidad con la que cuenta el paisaje para permitir los desplazamientos de determinadas especies o poblaciones (Taylor, 1993). El área en la que se pretende realizar el cambio de uso de suelo presenta un alto grado de perturbación por actividades antrópicas y depredación por la presencia de perros ferales; son parches de vegetación aislados sin continuidad ni conectividad ecosistémica. Estas áreas mantienen poca diversidad ya que fungen como islas de alimentación y resguardo para las distintas especies de fauna silvestre. Es importante mencionar que la presencia de especies se debe en gran medida a que, al ser considerada el área sujeta a cambio de uso de suelo como área de monitoreo y conservación, fungió como sitio de reubicación de fauna silvestre; es decir, en dicho sitio se depositaba fauna silvestre que se encontraba en sitios aledaños, lo cual

	corrobora la presencia de taxones con valor de conservación y endemismo de ahí que el impacto valorado resultó como **Muy Significativo.** El cambio de uso del suelo provocara **perturbación de Hábitat**. La fragmentación de los hábitats, en especial por infraestructuras, se define en general como la división de aquellos en porciones más pequeñas Si un paisaje compuesto por un mosaico de ecosistemas se divide, las porciones contienen una menor superficie que la original y experimentan una menor capacidad para albergar individuos, especies y procesos ecológicos. De la reducción del área, en cada fragmento, tendrá lugar una disminución de las poblaciones de muchas especies, lo que aumentará su riesgo de extinción local, lo que a mediano o largo plazo se ajustará a la baja de la riqueza de especies en cada fragmento en la función del tamaño de éstos. En el de menor tamaño disminuirá la probabilidad de recolonización del exterior y por tanto, de persistencia de dichas especies, en efecto el área de afectación tendrá un impacto directo en la perturbación del hábitat, dicha perturbación se suma a las actividades antropogénicas que se observan en el SA. Las especies registradas en el predio de CUSTF se encuentran ampliamente representadas a lo largo y ancho del SA. Al comparar la riqueza especifica de los distintos grupos faunísticos, se observa que en el caso de las aves la riqueza se conserva: S=23 en el SA y S=14 en el predio de CUSTF, esto se debe, al amplio rango de movilidad de las aves y la tolerancia de las especies descritas a la perturbación del hábitat. Sin embargo, el efecto sobre la composición y estructura de las comunidades de anfibios, reptiles y mamíferos pequeños ha sufrido serios daños a través del tiempo, al ser especies de poca movilidad o movilidad restringida, se ve mermada la riqueza y abundancia de las especies.
Paisaje	Los impactos generados por cambio de uso del suelo, sobre el paisaje afectaran la calidad y visibilidad. **Mala calidad visual del entorno inmediato por generación de contaminantes y/o partículas** Las actividades que significan movimiento de suelos y tierras que generan grandes cantidades de polvos, generan de inmediato una afectación a la calidad del paisaje, y dado que el paisaje por su naturaleza no puede ser catalogado como puntual, el impacto se vislumbra a nivel del SA como **moderadamente significativo** dado que es poco tiempo de permanencia el impacto. **Perturbación de la Visibilidad.** En las actividades constructivas se ocasionarán movimiento de personal, maquinaria y equipo que en conjunto ocasionan la perturbación de la visibilidad del paisaje calificado como



	modernamente significativo dado la localización del proyecto en una zona industrial.
Socioeconómico	El desarrollo del proyecto favorecería el fortalecimiento de la infraestructura logística y operativa del Puerto de Salina Cruz, incrementando la capacidad de almacenamiento y maniobras vinculadas al Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec. Esto generaría beneficios económicos regionales relacionados con empleo temporal, contratación de servicios, dinamización comercial y fortalecimiento de actividades portuarias y de transporte. No obstante, en ausencia de medidas de mitigación y manejo ambiental, podrían presentarse impactos sociales asociados al incremento de tránsito pesado, generación de polvo, ruido, presión sobre infraestructura urbana y posibles conflictos derivados de la percepción social respecto a la pérdida de cobertura vegetal y modificación del entorno ambiental. Asimismo, sin medidas adecuadas de manejo de residuos, aguas residuales y control ambiental, podrían incrementarse riesgos de afectación a la salud pública y deterioro de la calidad ambiental local, particularmente en zonas urbanas colindantes al recinto portuario. En todas las etapas del proyecto, se privilegiará la contratación de mano de obra local, con lo cual se propicia un impacto positivo en el nivel de vida de los habitantes al ser un potencial en la generación de empleos directos.

VIII.3. Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de mitigación

Las actividades por ejecutar durante las diferentes etapas del desarrollo del proyecto presentarán efectos adversos al ambiente en diferentes dimensiones, siendo posible que sean relevantes en cuanto a su magnitud; sin embargo, para amortiguar estas afectaciones se han considerado un conjunto de acciones de prevención y mitigación durante las diversas etapas del proyecto, que van a permitir prevenir y minimizar los impactos que origine la ejecución del proyecto.

En la presente descripción se expondrán los componentes ambientales que tienen relación únicamente con el área del Proyecto:

Tabla 4. Componentes ambientales relevantes dentro del SA y en el área del proyecto, con el desarrollo del proyecto y aplicando medidas de prevención y mitigación propuestas.

COMPONENTE AMBIENTAL	SITUACIÓN ESPERADA (CON PROYECTO Y CON LA APLICACIÓN DE MEDIDAS DE COMPENSACIÓN)
Aire	En la ejecución del proyecto en las etapas preparación del sitio y construcción, la calidad del aire puede ser afectada, ya que se posibilita la generación y emisión de partículas suspendidas y gases contaminantes por movimiento de maquinaria y vehículos para movimiento de materiales. En la etapa de construcción para movimiento y retiro de los materiales generados se aplicarán riegos previos al movimiento de



COMPONENTE AMBIENTAL	SITUACIÓN ESPERADA (CON PROYECTO Y CON LA APLICACIÓN DE MEDIDAS DE COMPENSACIÓN)
	maquinaria y vehículos que permitirá limitar la emisión de partículas suspendidas. Asimismo, estos equipos a utilizar se deberán encontrar en buenas condiciones mecánicas y con las verificaciones vehiculares, en su caso de camiones. Asimismo, se comprobará que los vehículos pesados cuenten con el adecuado mantenimiento y presentar la verificación vehicular actualizada para que los gases contaminantes emitidos se encuentren dentro de los parámetros máximos aceptables. En la etapa de Operación y mantenimiento, los vehículos y maquinaria a operar, contarán con mantenimiento preventivo y verificaciones vehicular. De realizarse la etapa de abandono, implicaría el desmantelamiento de infraestructura, movimiento y retiro de los materiales, por lo que se aplicarán las mismas medidas. Con las medidas preventivas de riego en el área del proyecto y mantenimiento de maquinaria y vehículos, se limita la emisión de partículas y de gases contaminantes. La generación de contaminación auditiva por la operación de maquinaria y vehículos posibilitan la afectación a la calidad de la audición humana. Para minimizar este impacto, en la etapa de preparación del sitio mediante las actividades de desmonte, despalme, nivelación, movimiento y retiro de materiales, la maquinaria y vehículos automotores contarán con el servicio de mantenimiento oportuno para no generar ruidos excesivos por arriba de los permitidos; se considera una operación intermitente por cortos periodos de tiempo, el uso de protección auditiva y horarios diurnos de trabajo para mitigar el efecto del ruido. En la etapa de construcción se realizarán las mismas medidas preventivas. En la etapa de operación y mantenimiento el movimiento de vehículos pesados se realizará de manera continua, por lo tanto, se establecerá límites de velocidad (10km/h). Los vehículos permanecerán solo el tiempo necesario para movimiento de la carga. En caso de abandono del sitio se establecerán las medidas descritas.
Suelo	Para prevenir la contaminación al suelo y al medio ambiente en el área del proyecto (patio de maniobras), durante la etapa de preparación del sitio y construcción, se colocarán en sitios estratégicos, contenedores por tipo de residuos (orgánicos e inorgánicos); los Residuos Sólidos Urbanos serán entregados al camión de recolección municipal para la disposición final de los mismos; se complementará con pláticas de educación ambiental dirigida al personal de servicio y atención a los usuarios.

COMPONENTE AMBIENTAL	SITUACIÓN ESPERADA (CON PROYECTO Y CON LA APLICACIÓN DE MEDIDAS DE COMPENSACIÓN)
	En la etapa de operación y mantenimiento, se considera que, debido al movimiento continuo y permanente de vehículos y maquinaria, los RSU que se generen serán de baja magnitud. No obstante, se colocarán en sitios estratégicos, contenedores por tipo de residuos (orgánicos e inorgánicos); los RSU serán entregados al camión de recolección municipal para la disposición final de los mismos; se complementará con la colocación de señalética sobre disposición adecuada de los RSU. En la etapa de abandono, de realizarse, se aplicarán las medidas ya mencionadas y se complementara con pláticas de educación ambiental dirigida al personal de servicio. En relación con los residuos de manejo especial residuos de manejo especial (RME) como son materiales ferrosos, residuos de concreto, entre otros, éstos se generarán en las etapas de preparación del sitio, construcción y operación y mantenimiento; los RME que se generen serán colocados en almacén temporal dentro del área de trabajo o lugar asignado por la ASIPONA. Este tipo de residuos serán retirados por un prestador de servicios para traslado a centro de acopio y/o sitio de destino final. Para la etapa de abandono del sitio, si se llega a realizar, se mantendrá especial atención, en la disposición de estos residuos, producto de los materiales de construcción (varilla, cartón, madera, alambre, etc.), mismos que serán clasificados y confinados dentro del predio para posteriormente ser entregados a un prestador de servicios autorizado para traslado a algún Centro de Acopio de RME que posibilite la valorización de los residuos y/o su disposición según lo establecido en la Normatividad vigente. Se generarán Residuos Peligrosos, como material impregnando con combustible, aceite o grasas. Para evitar la contaminación del suelo en el área de CUST, en la etapa de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, se establece la medida preventiva de no realizar actividades de mantenimiento dentro del área de trabajo para evitar la generación de este tipo de residuos. La maquinaria y vehículos deberán contar con el servicio de mantenimiento que minimice el riesgo de derrames. En caso de algún derrame de combustible, aceite u otro tipo de material peligroso dentro de las áreas de trabajo, el suelo o material impregnado se colectará y depositará en contendores instalados en un Almacén Temporal de Residuos Peligrosos. Los contenedores con este tipo de

COMPONENTE AMBIENTAL	SITUACIÓN ESPERADA (CON PROYECTO Y CON LA APLICACIÓN DE MEDIDAS DE COMPENSACIÓN)
	residuos serán retirados y enviados por una empresa especializada en manejo y transporte de RP. De ejecutarse la etapa de abandono, se aplicarán las medidas preventivas ya mencionadas. Las acciones antes señaladas se complementarán con pláticas de educación ambiental. Como se describió en el Escenario 2, la ejecución del cambio de uso de suelo solicitado conlleva un incremento de pérdida de suelo estimada de 1,125 toneladas en un periodo de 4 años, considerando tanto la erosión hídrica como eólica; dicha cantidad deberá ser compensada para cumplir con el supuesto de excepción previsto en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, que a la letra dice: *La Secretaría solo podrá autorizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos cuyo contenido se establecerá en el Reglamento, los cuales demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, y* ***que la erosión de los suelos****, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación* ***se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal*** (Artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, LGDFS). Por lo tanto, a continuación, se estima la erosión que se tiene actualmente en el área propuesta para reforestación, considerada ésta como la principal medida para mitigar la pérdida de suelo ocasionada por la ejecución del cambio de uso de suelo solicitado. Posteriormente, en el escenario 4 se estima la erosión que se tendría una vez efectuada la reforestación, para demostrar que se cumple con el supuesto de excepción marcado por la LGDFS. El proyecto considera la reforestación de 3.92 ha con especies de mangle. Con esta acción de compensación, las tasas de erosión en los componentes hídrico y eólico, se proyecta, estarían en menores índices que en las condiciones actuales, toda vez que el área propuesta a reforestar presenta características de humedal y que es prioritaria su restauración por lo que se considera que presenta mejores condiciones de suelo que al área de CUSTF para el establecimiento de mangle; además de disponer de un mejor y mayor aporte de agua, tanto de mar como del humedal existente en el entorno.

COMPONENTE AMBIENTAL	SITUACIÓN ESPERADA (CON PROYECTO Y CON LA APLICACIÓN DE MEDIDAS DE COMPENSACIÓN)
Agua	Si bien es cierto que el agua superficial del sitio del proyecto son aguas residuales de la zona urbana y presenta contaminación por alta carga orgánica (materia fecal), a fin de evitar una mayor contaminación al recurso hídrico, se establecen medidas de prevención. En la etapa de preparación y construcción del proyecto, la medida de prevención considera que se instalarán sanitarios portátiles en una proporción de un sanitario por cada 10 trabajadores. La limpieza y manejo de las aguas residuales serán ejecutas por una empresa especializada en este rubro, misma que será responsable de traslado de las aguas residuales a la planta de tratamiento más cercana al sitio del proyecto. En la etapa de operación y mantenimiento, el sitio contara con sanitarios en el área de oficinas, que están fuera del sitio del proyecto de patios de maniobras. Las aguas residuales que se generen serán enviadas a la planta de tratamiento con que cuenta el Recinto Portuario. De llevarse a cabo la etapa de abandono del sitio, se instalarán sanitarios portátiles en la misma cantidad (1 por cada 10 trabajadores), la limpieza, manejo, retiro y traslado de aguas residuales a palta de tratamiento será realizado por una empresa autorizada en esta materia. En cuanto al proceso hidrológico de escurrimiento e infiltración, para los escenarios: **Escenario 3. Área de reforestación bajo condiciones actuales de cobertura vegetal (cubierto menos del 25%).** Considerando la superficie propuesta para realizar la reforestación, con las condiciones descritas en el apartado de erosión, se considera un K= 0.28, correspondiente a un área vegetal cubierta menos del 25%, por lo que el Ce estimado es de 0.175, el volumen precipitado en esta superficie corresponde a 34,511.68 m^3, y un volumen de escurrimiento de 6,036.87 m^3. Por lo tanto, el volumen de infiltración anual es de 126.22m^3. **Escenario 4. Área de reforestación, una vez efectuada.** Por último, considerando la reforestación en el área seleccionada, se elige un valor de k= 0.22 correspondiente a bosque cubierto del 50 al 75%, con un coeficiente de escurrimiento de 0.116 y por lo tanto, un volumen de escurrimiento de 4,003.72 y una infiltración estimada de 2,159.38 m^3 anuales.



<table>
<tr><th>COMPONENTE AMBIENTAL</th><th>SITUACIÓN ESPERADA (CON PROYECTO Y CON LA APLICACIÓN DE MEDIDAS DE COMPENSACIÓN)</th></tr>
<tr><td></td><td>
<table>
<tr><th>ESCENARIOS</th><th>USO DEL SUELO</th><th>SUPERFICIE HA</th><th>K</th><th>CE</th><th>VE: VOL. DE ESCURRIMIENTO M^3</th><th>INFILTRACIÓN M^3</th></tr>
<tr><td>Escenario 3</td><td>Bosque cubierto menos del 25%</td><td>3.92</td><td>0.28</td><td>0.175</td><td>6,036.875</td><td>287.872</td></tr>
<tr><td>Escenario 4</td><td>Bosque cubierto del 50 al 75%</td><td>3.92</td><td>0.22</td><td>0.116</td><td>4,003.723</td><td>2,321.024</td></tr>
</table>

Del análisis efectuado se concluye lo siguiente:
El volumen de agua a compensar por la ejecución del cambio de uso de suelo corresponde a 4,405.16m^3.
Con la reforestación se estima un incremento de la infiltración de 1,905.93 m^3 anuales.
Por lo tanto, se concluye que la medida propuesta, compensa en gran medida la cantidad de agua que dejaría de infiltrarse por la ejecución del cambio de uso de suelo solicitado.
Ahora bien, cabe señalar, relacionado a la calidad del agua infiltrada en el área solicitada para cambio de uso de suelo, que el mayor aporte de agua a la vegetación secundaria de manglar está determinado en gran medida por las aguas residuales que llegan a esta área por medio de un canal que proviene de la zona urbana, además existe un aporte limitado de agua pluvial durante la temporada de lluvias. Esta situación genera acumulación de basura y un aporte de agua con calidad deficiente. Por lo tanto, el agua que está entrando al manglar no es de buena calidad ya que las aguas residuales descargan directamente en dicha zona sin un tratamiento previo.
Al respecto las evidencias obtenidas, muestran que el área de CUSTF, no tienen una conectividad ecológica y funcional, ni afecta procesos de flujos hidrológicos que no están presentes en este sitio por su aislamiento. En este sentido, el balance hídrico muestra que la dinámica del agua no depende del fragmento o área (CUSTF) sujeto al proyecto.
La introducción de altos contenidos de materia orgánica y residuos sólidos explica en parte, la presencia de vegetación secundaria de manglar dependiente de humedad no natural y de baja calidad ecológica. Por tanto, el predio ya no mantiene procesos Hidrológicos funcionales, lo que influye en su capacidad para sostener biodiversidad.
</td></tr>
</table>

COMPONENTE AMBIENTAL	SITUACIÓN ESPERADA (CON PROYECTO Y CON LA APLICACIÓN DE MEDIDAS DE COMPENSACIÓN)
Vegetación	El área sujeta a CUSTF, por su aislamiento ecosistémico, posee una biodiversidad moderada y con una composición florística de especies pioneras, ruderales y generalistas, que poseen una amplia capacidad de adaptación a disturbios. En este sentido, no cumple con las funciones ecológicas de un manglar como lo son la regulación y control de inundaciones, tormentas y erosión, prevención de la intrusión de agua salada; al no tener interacción con agua dulce de calidad aceptable ni agua de mar, genera alteraciones en la supervivencia del manglar y especies secundarias presentes en el sitio. Asimismo, no es un hábitat para la biodiversidad y reproducción de especies acuáticas, aspecto característico de un manglar. La extracción de leña por los pobladores cercanos incide en su degradación. Por otra parte, ante el cambio de uso del suelo en el área de vegetación secundaria de mangle, se realizará lo siguiente: Un Programa de Rescate y reubicación de especies de flora en estatus de riesgo (amenazadas de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010), mangle (*Conocarpus erectus* y *Avicenia germinans*); estas especies serán rescatadas, propagadas y reintroducidas en áreas ecológicas viable, permitiendo preservar el valor ecológico y genético. Un Programa de Reforestación de mangle como medida de compensación (Ver Anexo Digital). Acción que contribuye y garantiza que la biodiversidad existente en el área de CUSTF, se mantenga y a la vez aporte valor al paisaje local y regional dentro del SA. Fortalecer el área a reforestar, es una estrategia que permite la utilización de la biodiversidad existente y fortalecer los servicios del ecosistema de manglar que contribuya a en un incremento a la aportación de servicios ambientales y a la amenaza del cambio climático.
Fauna	El área de cambio de uso de suelo presenta un alto grado de perturbación por actividades antrópicas, es un de vegetación aislados sin continuidad ni conectividad ecosistémica. Mantiene poca diversidad ya que fungen como islas de alimentación y resguardo para las distintas especies de fauna silvestre. Es importante mencionar que la presencia de especies se debe en gran medida a que, al ser considerada el área de monitoreo y conservación, fungió como sitio de reubicación de fauna silvestre; es decir, en dicho sitio se depositaba fauna silvestre que se encontraba en sitios aledaños, lo cual corrobora la presencia de taxones con valor de conservación y endemismo.

COMPONENTE AMBIENTAL	SITUACIÓN ESPERADA (CON PROYECTO Y CON LA APLICACIÓN DE MEDIDAS DE COMPENSACIÓN)
	Así, en esta área, la fauna existente y registrada pertenece a grupos de amplia movilidad y plasticidad ecológica, cuya permanencia no depende estrictamente del fragmento de mangle secundario existente. Dado que el área CUSTF no constituye un hábitat especializado ni un sitio de anidación o reproducción exclusivo, el impacto sobre la biodiversidad faunística es considerado bajo. Es importante señalar que la presencia de fauna feral, afecta la supervivencia de las especies de fauna presentes. En la etapa de preparación del sitio y de construcción, se establecerán las siguientes **medidas preventivas:** Prohibición de extracción de cualquier tipo fauna; Prohibición de caza de fauna; Platicas de educación ambiental dirigidas a personal operario de maquinaria y vehículos e; Instalación de señalética de las medidas de prohibición antes citadas. Ante el cambio de uso del suelo, y la presencia de fauna, en la etapa de preparación del sitio y la etapa de construcción, se establece la **medida de mitigación** consisten un ***Programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna que pudieran resultar afectadas y su adaptación al nuevo hábitat, en caso de autorizarse el cambio de uso de suelo*** de los diferentes grupos de fauna, asegurando la permanencia y biodiversidad en el SA. Este Programa se ejecutará de manera anticipada al inicio de la eliminación de la vegetación de mangle y vegetación secundaria, así como en la actividad de despalme. Con esta se garantiza: • Captura y liberación en zonas seguras, previamente caracterizadas. • Nulas afectaciones a integridad física. • Conservación de patrones de movilidad fuera del área de obra. Estas medidas son suficientes para asegurar la permanencia y continuidad funcional de la fauna. Ante la situación de aislamiento del área, con conectividad ecológica y funcional prácticamente nula, la valoración mediante el estudio y registro de la fauna presente en el sitio, se establece que: La fauna no es dependiente del área intervenida ya que son especies de tipo generalista y utilizan una matriz urbana-perturbada extensa, lo que les permite recolonizar y mantener sus funciones ecológicas sin afectación significativa. Por consecuencia, el área del CUSTF no rompe corredores biológicos. La combinación de rescate, reubicación, monitoreo,



COMPONENTE AMBIENTAL	SITUACIÓN ESPERADA (CON PROYECTO Y CON LA APLICACIÓN DE MEDIDAS DE COMPENSACIÓN)
	acondicionamiento de sitios y manejo preventivo asegura que las poblaciones faunísticas se mantengan en términos de abundancia, diversidad genética y viabilidad ecológica.
Paisaje	El paisaje en el contexto local donde incide el desarrollo del proyecto no sufrirá cambio por el desarrollo del proyecto ya que la zona donde se implementa el proyecto cuenta en la actualidad con obras de servicios del recinto portuario y obras urbanas cercanas a este entorno que restan calidad visual y paisajística. A pesar de la cercanía al mar, el entorno prevaleciente de construcciones, la ejecución del proyecto no tiene un impacto importante en el paisaje. En el escenario del proyecto con medidas de mitigación, se prevé la continuidad del estado actual del paisaje, caracterizado por: • Una calidad visual media, con alteraciones adicionales por nuevas edificaciones o actividades asociadas al proyecto. • La persistencia de factores limitantes de su atractivo escénico, como la baja diversidad vegetal, la homogeneidad topográfica y la presencia de infraestructura urbana y de servicios. • El mantenimiento del grado de fragilidad visual media, condicionado por las tendencias actuales de crecimiento urbano e intervención humana en la región.
Socioeconómico	En todas las etapas del proyecto, se privilegia la contratación de mano de obra local, con lo cual se propicia un impacto positivo en el nivel de vida de los habitantes al ser un potencial en la generación de empleos directos.

VIII.4 Pronóstico ambiental

Con base en el análisis de los apartados anteriores, se puede pronosticar el siguiente escenario modificado por la introducción del Proyecto, tomando en cuenta la aplicación de todas las medidas de prevención y mitigación que fueron propuestas.

En el componente hidrológico, las aguas residuales serán canalizadas fuera del predio del proyecto con destino a una planta de tratamiento. En la plancha de concreto se construirán sistemas de conducción de agua pluvial a través de canaletas y/o tubería con destino a suelo natural a fin de que se infiltre al suelo, estas medidas de control pluvial y manejo de escurrimientos contribuirán a reducir procesos erosivos, encharcamientos y arrastre de sedimentos hacia áreas adyacentes.

Respecto al componente suelo, la aplicación de medidas de delimitación de áreas de trabajo, control de erosión, estabilización superficial y manejo adecuado de residuos permitirá disminuir la pérdida adicional de suelo y evitar afectaciones fuera de las áreas autorizadas. Aunque persistirán condiciones de alteración derivadas del contexto urbano-portuario, las acciones de control ambiental contribuirán a mantener la estabilidad física del terreno durante las distintas etapas del proyecto.



En el componente atmosférico, las emisiones de polvo, partículas suspendidas y gases de combustión generadas por maquinaria y vehículos serán mitigadas mediante riego periódico de superficies, mantenimiento preventivo de equipos, control de velocidades de circulación y supervisión ambiental continua, por lo que se prevé que los efectos sobre la calidad del aire sean temporales, localizados y reversibles.

En cuanto al ruido ambiental, la implementación de horarios controlados de trabajo, mantenimiento de maquinaria y monitoreo acústico permitirá reducir las perturbaciones sonoras generadas durante las etapas de preparación y construcción, evitando incrementos permanentes en los niveles de presión sonora del entorno.

En el componente biológico, si bien la remoción de vegetación secundaria de manglar representa el impacto ambiental más relevante del proyecto, la aplicación de medidas de rescate y reubicación de flora y fauna, supervisión ambiental, delimitación de áreas de intervención, programas de compensación forestal y reforestación con especies nativas permitirá reducir parcialmente la pérdida de cobertura vegetal y contribuir a procesos de recuperación ecológica en áreas destinadas para compensación ambiental.

Asimismo, el establecimiento de medidas de manejo ambiental permitirá disminuir afectaciones sobre fauna silvestre, particularmente sobre especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, favoreciendo la conservación de ejemplares susceptibles de rescate y reubicación durante las etapas de obra.

Desde el punto de vista paisajístico, el proyecto generará modificaciones visuales derivadas del cambio de cobertura vegetal hacia infraestructura portuaria; sin embargo, considerando que el área se encuentra inmersa en un entorno predominantemente urbano-industrial y portuario, el cambio paisajístico será congruente con la dinámica territorial existente. Además, la evaluación de fragilidad visual determinó una capacidad media de absorción del impacto visual, por lo que no se prevé una alteración significativa del paisaje regional.

En el componente socioeconómico, el proyecto mantendrá impactos positivos moderados asociados a la generación de empleos directos e indirectos, contratación de servicios y fortalecimiento de la infraestructura logística del Puerto de Salina Cruz, contribuyendo al desarrollo económico regional vinculado al Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec.

En términos de dinámica ambiental regional, el pronóstico considera que el Sistema Ambiental continuará sujeto a presiones derivadas del crecimiento urbano, actividades portuarias e infraestructura regional; sin embargo, la aplicación de las medidas de prevención, mitigación, compensación y supervisión ambiental propuestas permitirá disminuir la magnitud de los impactos atribuibles al proyecto y mantener la funcionalidad general de los componentes ambientales dentro de condiciones compatibles con el contexto urbano-portuario donde se desarrollará la obra.

VIII.5. Programa de manejo ambiental

Se presenta el Programa de Vigilancia Ambiental, el cual contiene las medidas de prevención y/o mitigación a cumplir durante las diferentes etapas que contempla el Proyecto. Se realizó una agrupación de las medidas con base en líneas estratégicas, así como el impacto al que va dirigido; es



importante mencionar que, la mayoría de las medidas contribuyen a disminuir los impactos en varios componentes ambientales, es decir; son aplicables en varias líneas estratégicas. La función básica del Programa de Vigilancia Ambiental es garantizar el cumplimiento de las medidas preventivas y de mitigación propuestas en este estudio. El programa contempla lo siguiente:

Objetivo. Vigilar el cumplimiento de las medidas de mitigación derivadas de las obras y actividades del proyecto, garantizando el uso racional de los componentes ambientales y la mejora constante del sitio del proyecto y sus alrededores.

Acciones.

- La promovente designará responsables técnicos y operativos para el cumplimiento del objetivo del programa.
- Los responsables técnicos y operativos supervisarán el cumplimiento de las fases y etapas del proyecto.
- La promovente deberá vigilar y supervisar, que se lleven a cabo acciones orientadas a la mejora del sitio del proyecto y su alrededor.
- Informar oportunamente a las Autoridades Ambientales, los requerimientos y solicitudes que se deriven de la operación del proyecto en cuestión.
- Vigilar el sitio para prevenir o evitar riesgos por contingencias de incendios o afectaciones por actividades humanas.

Responsable de Programa

La promovente será la responsable directa de esta actividad, contratando personal especializado en el ramo para llevar a cabo cada una de las actividades propuestas.



Línea Estratégica 1.- Protección del recurso hídrico y calidad del suelo. Esta línea estratégica integra las acciones destinadas a prevenir la contaminación del suelo y cuerpos de agua, así como promover el uso eficiente del recurso hídrico y mantener la capacidad de infiltración y recarga natural.

Tabla 5. Línea Estratégica 1. Protección del recurso hídrico y calidad del suelo.

Impacto ambiental	Medida ambiental	Etapa del proyecto	Componente ambiental	Temporalidad	Responsable	Obras o equipo	Cumplimiento
Contaminación del suelo y agua	Instalación y operación de sanitarios portátiles	Preparación del sitio, Construcción y abandono	Suelo y Agua	Durante toda la etapa constructiva	Empresa contratada por la promovente	Sanitarios portátiles y señalización	100%
Contaminación del suelo y agua	Encausamiento de aguas residuales hacia sistema de tratamiento fuera del área del proyecto	Preparación del sitio y Construcción	Suelo y Agua	Durante actividades constructivas	Personal contratado por la promovente	Tuberías y conducción sanitaria	100%
Uso irracional del agua	Instalación de sistemas ahorradores de agua	Operación y mantenimiento	Agua	Durante acabados y operación	Personal de plomería	Sistemas ahorradores	100%
Uso irracional del agua	Mantenimiento preventivo y correctivo de red hidráulica	Operación y mantenimiento	Agua	Monitoreo semestral	Personal de mantenimiento	Herramientas de plomería	100%
Disminución de infiltración y recarga hídrica	Captación y canalización de agua pluvial hacia áreas permeables	Operación y mantenimiento	Suelo y Agua	Durante temporada de lluvias	Personal de mantenimiento	Canaletas y tuberías	100%
Contaminación por residuos peligrosos	Manejo integral de residuos peligrosos	Todas las etapas	Suelo y Agua	Permanente	Personal contratado por la promovente	Almacén temporal y disposición autorizada	100%





Línea Estratégica 2. **Prevención de contaminación atmosférica y control de ruido.** Esta línea estratégica contempla las acciones enfocadas en minimizar emisiones de partículas, gases contaminantes y niveles de ruido generados por maquinaria, equipos y actividades constructivas.

Tabla 6. Línea Estratégica 2. Prevención de contaminación atmosférica y control de ruido.

Impacto ambiental	Medida ambiental	Etapa del proyecto	Componente ambiental	Temporalidad	Responsable	Obras o equipo	Cumplimiento
Emisiones de partículas suspendidas	Riego periódico de terracerías y áreas de trabajo	Preparación del sitio, Construcción y abandono	Aire, Suelo y Fauna	Durante actividades constructivas	Personal de construcción	Pipa con agua tratada	100%
Emisiones a la atmósfera	Mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria y equipos	Todas las etapas	Aire	Semestral o cuando se requiera	Personal de mantenimiento	Herramienta especializada	100%
Emisiones a la atmósfera	Prohibición de quema de material vegetal	Preparación del sitio	Aire	Durante preparación del sitio	Personal contratado por la promovente	Señalización informativa	100%
Generación de ruido	Establecimiento de horarios diurnos de trabajo	Preparación del sitio, Construcción y abandono	Fauna y Socioeconómico	Durante actividades de obra	Responsable de obra	Bitácora de obra	80%
Generación de ruido	Cumplimiento de la NOM-081-SEMARNAT-1994	Todas las etapas	Fauna y Socioeconómico	Durante operación de maquinaria	Responsable de obra	Supervisión y mantenimiento	100%





Línea Estratégica 3. Conservación de flora, fauna y biodiversidad. Esta línea estratégica tiene como objetivo reducir la afectación a los ecosistemas presentes en el área del proyecto, mediante acciones de protección, rescate, restauración y conservación de especies de flora y fauna silvestre.

Tabla 7. Línea Estratégica 3. Conservación de flora, fauna y biodiversidad.

Impacto ambiental	Medida ambiental	Etapa del proyecto	Componente ambiental	Temporalidad	Responsable	Obras o equipo	Cumplimiento
Daño a fauna silvestre	Rescate, reubicación y ahuyentamiento de fauna silvestre	Todas las etapas	Fauna	Permanente durante actividades	Especialista en fauna	Herramientas de rescate	100%
Daño a fauna silvestre	Prohibición de extracción y cacería de fauna silvestre	Todas las etapas	Fauna	Permanente	Personal designado por la promovente	Señalización restrictiva	100%
Daño a fauna silvestre	Control e impedimento de ingreso de fauna doméstica	Todas las etapas	Fauna	Permanente	Personal designado por la promovente	Señalización y supervisión	100%
Afectación de vegetación	Rescate y reubicación de especies vegetales	Preparación del sitio	Flora	Previo al desmonte	Personal especializado	Herramientas manuales	100%
Disminución de cobertura vegetal	Prohibición de extracción de especies vegetales	Preparación del sitio	Flora	Durante preparación del sitio	Personal especializado	Capacitación y señalización	100%
Disminución de cobertura vegetal	Exclusión del uso de herbicidas	Preparación del sitio	Flora	Durante preparación del sitio	Personal contratado por la promovente	Supervisión ambiental	100%





Disminución de cobertura vegetal	Reforestación y restauración ambiental	Construcción, Operación y mantenimiento	Flora, Suelo, Fauna, Agua y Paisaje	Periodo de 5 años	Promovente	Plantas y herramientas	100%

Línea Estratégica 4. Manejo integral de residuos. Esta línea estratégica considera las acciones orientadas a prevenir la contaminación derivada del manejo inadecuado de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos.

Tabla 8. Línea Estratégica 4. Manejo integral de residuos.

Impacto ambiental	Medida ambiental	Etapa del proyecto	Componente ambiental	Temporalidad	Responsable	Obras o equipo	Cumplimiento
Contaminación por residuos sólidos urbanos	Prohibición de quema de residuos sólidos urbanos	Todas las etapas	Aire	Permanente	Personal de limpieza	Señalización informativa	100%
Contaminación por residuos sólidos urbanos	Manejo integral de residuos sólidos urbanos	Todas las etapas	Suelo, Agua y Aire	Permanente	Personal de limpieza	Contenedores diferenciados	100%
Contaminación del suelo por residuos de manejo especial	Manejo adecuado de residuos de manejo especial	Todas las etapas	Suelo	Permanente	Personal contratado por la promovente	Área temporal y bitácoras	100%

Línea Estratégica 5. Seguridad laboral y gestión socioeconómica. Esta línea estratégica contempla acciones destinadas a garantizar condiciones adecuadas de seguridad, higiene y bienestar social durante el desarrollo del proyecto.





Tabla 9. Línea Estratégica 5. Seguridad laboral y gestión socioeconómica.

Impacto ambiental	Medida ambiental	Etapa del proyecto	Componente ambiental	Temporalidad	Responsable	Obras o equipo	Cumplimiento
Generación de empleos y derrama económica	Contratación de personal local	Todas las etapas	Socioeconómico	Conforme a requerimientos del proyecto	Contratista y promovente	Recursos administrativos	90%
Seguridad e higiene	Uso obligatorio de equipo de protección personal	Preparación del sitio, Construcción y abandono	Socioeconómico	Durante actividades de riesgo	Contratista y promovente	Equipo de protección personal	100%
Seguridad e higiene	Capacitación ambiental y de seguridad	Todas las etapas	Socioeconómico	Al inicio de cada etapa	Contratista y promovente	Material didáctico	80%
Seguridad e higiene	Aplicación de programas de Protección Civil	Todas las etapas	Socioeconómico	Permanente	Contratista y promovente	Programas y protocolos	100%

Con la finalidad de establecer un mecanismo objetivo de control, se definieron indicadores ambientales cuantificables y verificables para cada línea estratégica de manejo ambiental, considerando parámetros de cumplimiento, frecuencia de monitoreo, medios de verificación y criterios de aceptación.





Tabla 10. indicadores ambientales para cada línea estratégica de manejo ambiental.

Línea estratégica	Indicador ambiental	Criterio objetivo de evaluación	Frecuencia de verificación	Medio de verificación	Meta de cumplimiento
Protección del suelo y agua	Número de sanitarios funcionales instalados	1 sanitario portátil por cada 20 trabajadores	Semanal	Registro fotográfico y bitácora	100%
Protección del suelo y agua	Correcto funcionamiento de conducción de aguas residuales	Ausencia de descargas directas al suelo	Quincenal	Inspección visual y bitácora	100%
Uso eficiente del agua	Funcionamiento de dispositivos ahorradores	Totalidad de dispositivos operando adecuadamente	Semestral	Reporte de mantenimiento	≥95%
Captación pluvial	Limpieza y operación de canaletas y tuberías	Sistema libre de obstrucciones	Previo y durante temporada de lluvias	Bitácoras y evidencia fotográfica	100%
Calidad del aire	Frecuencia de riego de terracerías	Ausencia de dispersión visible de polvo	Diario durante obra	Supervisión en sitio	≥90%
Emisiones atmosféricas	Mantenimiento de maquinaria	Equipos sin emisiones visibles excesivas	Semestral	Bitácoras de mantenimiento	100%
Control de ruido	Cumplimiento de horarios diurnos	Actividades realizadas en horario autorizado	Diario	Bitácora de obra	≥80%





Línea estratégica	Indicador ambiental	Criterio objetivo de evaluación	Frecuencia de verificación	Medio de verificación	Meta de cumplimiento
Protección de fauna	Número de ejemplares rescatados y reubicados	Rescate previo a desmonte y ausencia de afectaciones directas	Durante desmonte	Reportes técnicos y evidencia fotográfica	100%
Protección de fauna	Incidentes de cacería o extracción de fauna	Cero incidentes registrados	Permanente	Reportes de supervisión	100%
Protección de flora	Número de ejemplares rescatados	Rescate previo al retiro de vegetación	Previo al desmonte	Reporte técnico	100%
Restauración vegetal	Superficie reforestada y supervivencia vegetal	Supervivencia mínima del 80% de individuos plantados	Semestral durante 5 años	Monitoreo y registros fotográficos	≥80%
Manejo de residuos sólidos urbanos	Correcta separación y disposición de residuos	Ausencia de residuos dispersos en el sitio	Semanal	Supervisión y bitácoras	100%
Manejo de residuos peligrosos	Almacenamiento temporal adecuado	Contenedores etiquetados y sin derrames	Mensual	Inspección y manifiestos	100%
Seguridad e higiene	Uso de equipo de protección personal	Personal utilizando EPP en áreas de riesgo	Diario	Supervisión de seguridad	≥95%
Capacitación ambiental	Número de capacitaciones impartidas	Al menos una capacitación por etapa del proyecto	Por etapa	Listas de asistencia y fotografías	100%





Línea estratégica	Indicador ambiental	Criterio objetivo de evaluación	Frecuencia de verificación	Medio de verificación	Meta de cumplimiento
Protección Civil	Implementación de protocolos de emergencia	Disponibilidad y aplicación de protocolos	Permanente	Programas y simulacros	100%



VIII.6 Seguimiento y control

La responsabilidad directa del cumplimiento del Programa de Vigilancia Ambiental será a través del promovente del proyecto, el cual coordinará y supervisará a los proveedores y contratistas quienes deberán asignar a un responsable ambiental para cada etapa del proyecto, los cuales serán coordinados por el mismo. Esta será la responsable de que se cuente con todos los registros que demuestren el cumplimiento de las actividades propuestas en el presente programa.

Para garantizar la correcta instrumentación del programa de seguimiento ambiental, se aplicarán los siguientes mecanismos de control:

- Supervisiones ambientales periódicas en campo.
- Bitácoras ambientales y registros de incidencias.
- Reportes fotográficos de cumplimiento.
- Registros de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Informes técnicos de rescate de flora y fauna.
- Control documental de disposición de residuos mediante manifiestos y comprobantes.
- Evaluaciones periódicas de las áreas sujetas a restauración ambiental.
- Verificación del cumplimiento de Normas Oficiales Mexicanas aplicables.

En caso de detectarse incumplimientos, impactos no previstos o deficiencias en las medidas implementadas, se procederá a:

- Identificar la causa del incumplimiento o impacto detectado.
- Establecer medidas correctivas inmediatas.
- Reforzar o modificar las medidas ambientales originalmente propuestas.
- Incrementar la frecuencia de supervisión y monitoreo cuando sea necesario.
- Actualizar la matriz de seguimiento ambiental y las acciones de control correspondientes.

En la siguiente Tabla se presenta el cronograma de actividades que tiene una temporalidad semestral y que se ejecutará durante la vida útil del proyecto. La autoridad ambiental definirá los tiempos en los cuales se presentarán los informes y las condicionantes si así fuese el caso, sin embargo, se proponen las siguientes actividades que darán cumplimiento con lo estipulado en el Programa de Vigilancia Ambiental.



Tabla 11. Cronograma de actividades del Programa de Vigilancia Ambiental.

No	ETAPAS/ACTIVIDADES	AÑO 1 MES 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	AÑO 2 MES 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	AÑO 3 MES 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	AÑO 4 MES 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	AÑO 5 MES 1	AÑO 30
1	**Etapa de preparación del sitio**																																																	
1.1	Instalación de obras provisionales																																																	
1.2	Desmonte																																																	
1.3	Despalme																																																	
1.4	Relleno																																																	
1.5	Nivelación																																																	
	Supervisión Ambiental																																																	
2	**Etapa de construcción**																																																	
2.1	Construcción de obra hidraulica para descargar de aguas residuales y pluviales.																																																	
2.2	Cimentación para la construcción de la plataforma de concreto hidráulico.																																																	
2.3	Contrucción de instalaciones de servicios																																																	
2.4	Construccion de instalaciones de servicios de enrgia elecrtica (aquí va el super poste), comuinicaciones de voz y datos, construccion de un silo.																																																	
	Supervisión Ambiental																																																	
3	**Etapa de Operación y Mantenimiento**																																																	
3.1	Almacenamiento y distribución de materiales													Inicia operación y mantenimiento de superficie liberada en Etapa 1													Inicia operación y mantenimiento de superficie liberada en Etapa 2													Inicia Operación y mantenimiento de superficie liberada en Etapa 3												Inicia operación y mantenimiento de superficie liberada en Etapa 3	
3.2	Manejo y Disposición final de residuos																																																	
	Elaboración y entrega a la autoridad del informe los términos, condicionantes y medidas de prevención, mitigación y compensación																																																	
4	**Etapa de Abandono**																																																	
4.1	**Renovación de permisos para seguir operando**																																																	

	Peridos de ejecución para la Etapa de preparación del sitio y Etapa de Construcción
	Operación y mantenimiento de superficie liberada en Etapa 1
	Operación y mantenimiento de superficie liberada en Etapa 2
	Operación y mantenimiento de superficie liberada en Etapa 3
	Operación y mantenimiento de superficie liberada en Etapa 4
	Renovación de opermiso despues de 30 años de operación



Como parte integral del Programa de Vigilancia Ambiental, se llevará a cabo la documentación sistemática de todos los hechos, incidencias, observaciones y acciones relacionadas con la ejecución del proyecto y la aplicación de las medidas de prevención, mitigación y control ambiental. Esta actividad tendrá como finalidad generar evidencia técnica verificable sobre el cumplimiento de las disposiciones ambientales establecidas durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.

La documentación incluirá registros de inspecciones de campo, supervisiones ambientales, condiciones observadas en los diferentes frentes de trabajo, identificación de desviaciones ambientales, aplicación de medidas correctivas, manejo de residuos, control de emisiones, protección del suelo y recursos hídricos, así como cualquier evento extraordinario que pudiera representar un riesgo ambiental.

La información recopilada será respaldada mediante formatos de inspección, reportes técnicos, evidencia fotográfica georreferenciada, listas de verificación, registros de capacitación y actas de atención de contingencias, permitiendo mantener trazabilidad y control de las acciones implementadas durante toda la vida útil del proyecto.

Actividad: Integración de la bitácora ambiental

Se integrará y mantendrá actualizada una bitácora ambiental como instrumento técnico-administrativo de seguimiento y control ambiental del proyecto. La bitácora constituirá el registro oficial de todas las actividades de supervisión, monitoreo y cumplimiento de las medidas ambientales establecidas y demás instrumentos regulatorios aplicables.

La bitácora contendrá, de manera cronológica y ordenada, información relativa a:

- Actividades ejecutadas en cada etapa del proyecto.
- Resultados de recorridos e inspecciones ambientales.
- Incidencias detectadas y nivel de riesgo asociado.
- Medidas preventivas y correctivas implementadas.
- Evidencia documental y fotográfica.
- Fechas de atención y responsables de ejecución.
- Seguimiento al cumplimiento de recomendaciones técnicas.
- Registro de capacitación y sensibilización ambiental del personal.

La actualización de la bitácora será permanente y estará a cargo del responsable ambiental del proyecto, garantizando la disponibilidad de información para auditorías internas, verificaciones por parte de la autoridad ambiental y procesos de evaluación del desempeño ambiental.

Actividad: Elaboración y envío del reporte interno con recomendaciones.

Con base en los resultados obtenidos durante las actividades de supervisión y monitoreo ambiental, se elaborarán reportes internos periódicos dirigidos a la administración y responsables operativos del proyecto. Estos reportes tendrán como objetivo informar de

manera oportuna el estado de cumplimiento ambiental, identificar desviaciones y establecer acciones de mejora continua.
Cada reporte incluirá:

- Descripción de las actividades supervisadas.
- Resultados del seguimiento ambiental realizado.
- Identificación de incumplimientos o riesgos potenciales.
- Evaluación de la efectividad de las medidas implementadas.
- Recomendaciones técnicas preventivas y correctivas.
- Prioridades de atención y tiempos de ejecución.
- Responsables designados para la atención de observaciones.

Los reportes serán emitidos conforme al cronograma establecido dentro del Programa de Vigilancia Ambiental y servirán como herramienta de toma de decisiones para asegurar el adecuado desempeño ambiental del proyecto.

Actividad: Instrumentación de las medidas preventivas o correctivas indicadas en el reporte.

Derivado de las observaciones y recomendaciones emitidas en los reportes internos, se procederá a la implementación inmediata de las medidas preventivas o correctivas necesarias para minimizar, controlar o corregir impactos ambientales identificados durante el desarrollo del proyecto.
Las acciones podrán incluir, entre otras:

- Control y confinamiento de residuos.
- Estabilización y protección de suelos expuestos.
- Corrección de escurrimientos y arrastre de sedimentos.
- Mantenimiento preventivo de maquinaria y equipos.
- Control de emisiones de polvo y ruido.
- Reposición de señalización ambiental y de seguridad.
- Capacitación adicional al personal operativo.

La instrumentación de dichas medidas será ejecutada por el personal operativo correspondiente bajo supervisión del responsable ambiental, verificando que las acciones aplicadas cumplan con la normatividad ambiental vigente y con los criterios técnicos establecidos en el Programa de Vigilancia Ambiental.

Actividad: Registro de las medidas preventivas o correctivas instrumentadas

Una vez implementadas las medidas preventivas o correctivas, se efectuará el registro detallado de las acciones ejecutadas con la finalidad de evaluar su efectividad y mantener evidencia documental del cumplimiento ambiental del proyecto.
El registro incluirá:

- Tipo de medida aplicada.
- Área o componente ambiental atendido.

- Fecha de ejecución.
- Personal responsable.
- Recursos utilizados.
- Evidencia fotográfica antes y después de la intervención.
- Resultados obtenidos.
- Seguimiento y verificación de efectividad.

Esta actividad permitirá generar indicadores de desempeño ambiental, facilitar la evaluación continua del Programa de Vigilancia Ambiental y fortalecer los mecanismos de mejora continua y prevención de impactos ambientales acumulativos o residuales.

La vigilancia ambiental, la aplicación de las acciones y medidas estarán a cargo de un grupo de profesionistas especializado con apoyo de personal de campo que atenderá los diferentes aspectos ambientales del proyecto. Este equipo deberá contar con la infraestructura necesaria para el desarrollo de sus actividades.

- Oficina para el desarrollo de los trabajos con computadora y recursos electrónicos necesarios.
- Equipo de trabajo de campo como: cámara digital, GPS, entre otros.
- Transporte para recorridos.

Las actividades base que se describen en este apartado son preliminares y se complementaran con las obras o actividades que establezca la autoridad ambiental en su resolución. Así mismo, integrara un directorio de todas las autoridades ambientales municipales, estatales y federales que tengan relación con el desarrollo de los trabajos. Por otra parte, se procederá a integrar una base de datos que tenga relación con los estudios previos desarrollados antes de la obra, la documentación legal del proyecto, así como la que reúna el grupo de protección ambiental antes y durante el desarrollo de la supervisión ambiental. Los lineamientos generales sobre los que trabajaran el equipo de protección ambiental son los siguiente:

Se establecerá un amplio contacto con los responsables del área, estableciendo reuniones de trabajo periódicas en las cuales se considerará como punto de partida, el avance de las actividades con respecto a un Programa de Manejo Ambiental.

Se realizarán pláticas de capacitación en donde los contenidos tengan relación con las actividades que se deben desarrollar para reducir los impactos ambientales inherentes al proyecto.

Se generará un procedimiento ambiental para la vigilancia que incluya la elaboración de memorandos, circulares y oficios que permitan dar a conocer los resultados de la supervisión efectuada.

Se presentarán informes a las autoridades ambientales, cuyo contenido será el siguiente.

- Introducción
- Objetivos
- Cumplimiento con los términos y condicionantes
- Cumplimiento de las medidas propuestas
- Evaluación de indicadores de desempeño



- Propuestas de mejora

La evaluación de indicadores de desempeño será con una temporalidad semestral el cual deberá de incluirse como parte de los informes de cumplimiento ingresados ante la PROFEPA y DGGFSOE. A continuación, se señalan los indicadores de desempeño para las medidas de los diferentes factores que integran las medidas de mitigación.

Para la evaluación del desempeño de las medidas de mitigación propuestas en el presente estudio, se proponen los siguientes indicadores de desempeño ambiental, que son enunciativos más no limitativos y estarán sujetos a las propuestas y en caso, cambios que podrá hacer el Supervisor ambiental con el fin de que sean más eficientes.

Tabla 12. Indicadores de éxito de las medidas para el Factor Suelo.

Indicador	Cumplimiento	Desempeño
Instalación y funcionamiento de sanitarios portátiles	Instalación de 1 sanitario portátil por cada 20 trabajadores durante las etapas constructivas	Prevención efectiva de descargas directas al suelo y ausencia de contaminación sanitaria
Manejo adecuado de aguas residuales	Canalización del 100% de las aguas residuales hacia sistema autorizado	Ausencia de escurrimientos, infiltraciones o descargas de aguas residuales directas al terreno natural
Manejo integral de residuos sólidos urbanos	Colocación de contenedores y recolección periódica de residuos	Ausencia de acumulación o dispersión de residuos en el área del proyecto
Manejo de residuos de manejo especial	Disposición temporal adecuada y entrega a centros autorizados	Prevención de contaminación del suelo por residuos de construcción y mantenimiento
Manejo de residuos peligrosos	Almacenamiento temporal conforme a normatividad y disposición mediante empresa autorizada	Ausencia de derrames, fugas o contaminación por aceites, combustibles o sustancias peligrosas





Captación y conducción de aguas pluviales	Funcionamiento permanente de canaletas y sistemas de conducción	Conservación de la infiltración natural y reducción de procesos erosivos
Exclusión del uso de herbicidas	Prohibición total del uso de herbicidas químicos en el sitio	Conservación de las propiedades físicas y biológicas del suelo
Rescate y reubicación de vegetación	Ejecución previa al desmonte y despalme	Conservación parcial de cobertura vegetal y disminución de erosión
Reforestación y restauración de áreas intervenidas	Cumplimiento de la superficie programada de reforestación	Recuperación gradual de estabilidad del suelo y disminución de erosión hídrica y eólica
Riego de terracerías y áreas expuestas	Aplicación periódica durante actividades constructivas	Reducción de dispersión de partículas y pérdida de suelo superficial
Delimitación de áreas de trabajo	Restricción de maquinaria y personal a áreas autorizadas	Minimización de compactación y alteración innecesaria del suelo
Mantenimiento preventivo de maquinaria y equipos	Ejecución de mantenimiento conforme a programa establecido	Prevención de fugas de combustibles, lubricantes y sustancias contaminantes
Supervisión ambiental del sitio	Realización de inspecciones periódicas y registros en bitácora	Identificación oportuna de afectaciones al suelo y aplicación inmediata de medidas correctivas





Ausencia de contaminación visible del suelo	Supervisión continua durante todas las etapas	Conservación de las condiciones físicas y funcionales del suelo dentro del área del proyecto

Indicadores de desempeño de medidas aplicadas al factor Suelo

Los indicadores de desempeño permiten evaluar la eficacia y funcionalidad de las medidas de prevención, mitigación, restauración y control implementadas sobre el factor suelo, verificando su capacidad para minimizar alteraciones físicas, químicas y biológicas derivadas de las actividades del proyecto.

Tabla 13. Indicadores de desempeño de las medidas para el Factor Suelo.

Medida aplicada	Indicador de desempeño	Método de evaluación	Criterio de desempeño esperado
Instalación y operación de sanitarios portátiles	Ausencia de descargas sanitarias directas al suelo	Inspección visual y supervisión en campo	Cero evidencias de contaminación sanitaria
Canalización de aguas residuales	Funcionamiento adecuado del sistema de canalización	Verificación física de tuberías y descargas	100% de aguas residuales conducidas adecuadamente
Manejo integral de residuos sólidos urbanos	Ausencia de residuos dispersos sobre el terreno	Supervisión ambiental y registros fotográficos	Área del proyecto libre de residuos
Manejo de residuos de manejo especial	Correcta segregación y almacenamiento temporal	Inspección de áreas de acopio y bitácoras	Residuos almacenados conforme a normatividad
Manejo de residuos peligrosos	Ausencia de derrames y contaminación del suelo	Inspección de almacenes y áreas operativas	Cero derrames o infiltraciones detectadas
Riego de terracerías y áreas expuestas	Disminución de erosión y pérdida de suelo superficial	Observación directa y supervisión ambiental	Reducción visible de dispersión de partículas
Captación y conducción de agua pluvial	Conservación de infiltración natural del agua	Inspección en temporada de lluvias	Ausencia de escurrimientos erosivos



Delimitación de áreas de trabajo	Reducción de compactación fuera de áreas autorizadas	Supervisión en sitio	No afectación de áreas no intervenidas
Exclusión del uso de herbicidas	Conservación de propiedades naturales del suelo	Supervisión ambiental periódica	Ausencia de aplicación de sustancias químicas
Rescate y reubicación de vegetación	Disminución de exposición directa del suelo	Verificación previa al desmonte	Conservación parcial de cobertura vegetal
Reforestación	Recuperación gradual de estabilidad edáfica	Monitoreo de supervivencia vegetal	Supervivencia ≥80% de especies reforestadas
Mantenimiento preventivo de maquinaria	Prevención de contaminación por hidrocarburos	Revisión de bitácoras y áreas de mantenimiento	Equipos sin fugas visibles
Supervisión ambiental continua	Atención inmediata de incidencias ambientales	Bitácoras e informes de supervisión	Corrección inmediata de anomalías detectadas
Control de escurrimientos superficiales	Disminución de erosión hídrica	Inspección posterior a lluvias	Ausencia de cárcavas o arrastre significativo

Indicadores de desempeño de medidas aplicadas al factor Hidrología

Para la evaluación del desempeño de las medidas de mitigación propuestas en el presente estudio, se proponen los siguientes indicadores de desempeño ambiental, que son enunciativos más no limitativos y estarán sujetos a las propuestas y en caso, cambios que podrá hacer el Supervisor ambiental con el fin de que sean más eficientes.

Tabla 14. Indicadores de éxito de las medidas para el Factor Hidrología.

Indicador	Cumplimiento	Desempeño
Construcción de sistema de desviación de agua pluvial	Construcción durante la etapa de preparación del sitio y construcción	Excelente
Sustancias químicas almacenadas	0%	Excelente
Derrame de sustancias químicas no atendidas	0%	Excelente



Indicadores de desempeño de medidas aplicadas al factor Fauna

Los registros derivados de los monitoreos serán procesados a través de una base de datos la cual será entregada en formato digital (Excel) adjunto al informe de cumplimiento semestral. Así mismo, se identificará los sitios de observación, conducta/actividad) y el estatus de conservación de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 de cada una de las especies registradas.

Derivado de la base de datos, también se presentará gráficamente la abundancia, riqueza e índice de Shannon, por cada grupo faunístico registrado.

- Abundancia

La abundancia o tamaño poblacional es el número total de individuos que integran una población y se denota como N, es un atributo poblacional variable en tiempo y espacio, el cual indica el estado de una población en un momento dado (Mandujano, 2011). Los resultados de la abundancia permiten estimar la tendencia de variación por grupo faunístico.

- Abundancia relativa

Derivado de la abundancia, se estimará la abundancia relativa (AR= número de individuos o rastros detectados por unidad de esfuerzo). La unidad de esfuerzo para la estimación de la AR puede ser la cantidad de hora, kilómetros, punto de conteo o individuos de una especie por un tipo de hábitat determinado.

Este índice de AR no asume que todos los individuos sean detectados, pero requiere que cada individuo tenga la misma probabilidad de ser detectado (Wunderle, 1994; Ojasti y Dallmeier, 2000; Estades et al., 2006). El análisis de datos se realizó con los registros obtenidos a través de la siguiente formula:

$$\boldsymbol{AR = \frac{Número\ de\ individuos}{Número\ de\ rescates} * 100}$$

- Riqueza

La riqueza es el número de especies pertenecientes a un determinado grupo, que existen en un área determinada (Mostacedo y Fredericksen, 2000). La riqueza (número de especies) se determinó sumando el número de especies registradas durante los muestreos realizados.

- Índice de Shannon

El índice de Shannon-Wiener (H'), el cual considera la riqueza de especies y su abundancia, relacionando el número de especies con la proporción de individuos pertenecientes a cada una de ellas presentes en la muestra. La fórmula empleada se describe a continuación:

H'=∑Pi * (lnPi)

Donde:

H'= Índice de Shannon-Wiener

Pi= Proporción del número total de individuos de la especie i

ln= Logaritmo natural

Para el índice de Shannon-Wiener tiene como referencia valores <1.5 para baja diversidad, entre 1.6 y 3 para mediana diversidad y >3 para alta diversidad.

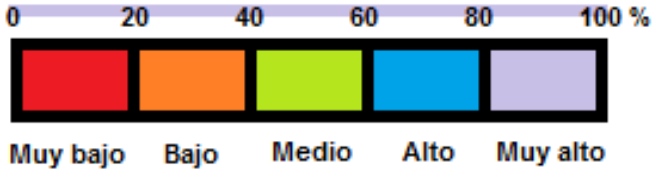
- Densidad poblacional



El registro en bitácora de cada ejemplar sujeto a rescate, traslado y liberación si permitirá establecer indicadores de densidad por área de acuerdo con los sitios muestreados. Por lo tanto, se puede calcular la densidad por grupo faunístico dividiendo el número de ejemplares rescatados por especie por la superficie monitoreada siguiendo la siguiente fórmula:
D = No. de individuos / superficie (hectárea)
Donde: D es la densidad de individuos y la superficie, en este caso, es definida por hectáreas. Este indicador también podrá ser implementado para individuos ahuyentados y nidos monitoreados con respecto a la superficie monitoreada. Es importante considerar que sea por grupo faunístico y por especie.

- Índice de supervivencia

Este indicador ayuda a evaluar el cumplimiento de los rescates y reubicaciones de supervivencia. Los individuos rescatados registrados en las bitácoras se dividirán entre el número de ejemplares liberados para estimar el porcentaje de especies que sobrevivieron. Esto indicará la efectividad sobre la ejecución de las acciones de rescate y reubicación de fauna silvestre.
El porcentaje de efectividad de supervivencia se determinará para las diferentes especies de vertebrados reubicadas. Hay que considerar que cuando se obtenga un porcentaje de éxito menor al 80%, será necesario la aplicación de medidas emergentes para corregir la sobrevivencia de la fauna proveniente de las acciones de rescate.



Este índice se estima a través de la siguiente fórmula:

Índice de supervivencia = Ml/Mr

$$\phi t = \frac{\text{Tamaño de la población liberada}}{\text{Tamaño de la población rescatada}}$$

Dónde: ϕt = Proporción de individuos que sobreviven del rescate a la reubicación
En estimación porcentual: $\phi t = (100)$.

- Equitatividad: Índice de Pielou (J')

Este índice mide la uniformidad de la distribución de los individuos entre las especies (J), es decir; la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes y el 0 señala la ausencia de uniformidad, es decir, existe dominancia total de una especie (Magurran, 1988; Valdez et al., 2018).

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Donde:
H'= Índice de Shannon
Hḿax= log2S

Indicadores de desempeño de medidas aplicadas al factor Paisaje

Para la evaluación del desempeño de las medidas de mitigación propuestas en el presente estudio, se proponen los siguientes indicadores de desempeño ambiental, que son enunciativos más no limitativos y estarán sujetos a las propuestas y en caso, cambios que podrá hacer el Supervisor ambiental con el fin de que sean más eficientes.

Tabla 15. Indicadores de éxito de las medidas para el Factor Paisaje.

Indicador	Cumplimiento	Desempeño
Permisos vigentes de autoridades Municipales y Estatales	100%	Excelente

Indicadores de desempeño de medidas aplicadas al factor flora

En el marco del Programa de Reforestación (Ver Anexo digital) y su vinculación con el **Programa Nacional de Restauración Ambiental 2025–2030 (PNRA)**, se establecen los siguientes indicadores de desempeño enfocados en la recuperación estructural, funcional y ecológica del ecosistema, así como en el rescate y manejo de vegetación.

1. Porcentaje de individuos rescatados con éxito

Indicador:

(Número de individuos sobrevivientes post-trasplante / Número total de individuos rescatados) $\times 100$

Meta referencial: ≥ 70% de supervivencia al primer año.

2. Superficie intervenida bajo esquema de restauración ecológica

Indicador:

Hectáreas efectivamente restauradas respecto a la superficie autorizada o asignada.

Meta referencial:

100% de la superficie determinada por la Dirección de Restauración Ambiental.

3. Tasa de supervivencia de plantación

Indicador:

$$(\text{Individuos vivos} / \text{Individuos plantados}) \times 100$$

Meta referencial:

- ≥ 80% al primer año
- ≥ 60% al quinto año

4. Integración del proyecto al esquema nacional de restauración

Indicador:

Registro formal del programa dentro de los reportes de cumplimiento vinculados al PNRA.



CAPITULO IX

PROGRAMA DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE ESPECIES DE FLORA Y FAUNA





Contenido

IX. PROPUESTA DE PROGRAMA DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE ESPECIES DE FLORA Y FAUNA QUE PUDIERAN RESULTAR AFECTADAS Y SU ADAPTACIÓN AL NUEVO HÁBITAT, EN CASO DE AUTORIZARSE EL CAMBIO DE USO DE SUELO. 4
IX.1 Propuesta “Programa de Rescate de Flora” 4
IX.1.1 Antecedentes 5
IX.1.2 Objetivo del programa 7
IX.1.3 Fundamentación legal y normatividad aplicable 7
IX.1.4 Criterios y metodología para el rescate 8
IX.1.6 Personal responsable y equipo técnico 26
IX.1.7 Cronograma de actividades 26
IX.1.8 Conclusiones 28
IX.2 Propuesta “Programa de Rescate de Fauna” 28
IX.2.1 Antecedentes 28
IX.2.2 Objetivo General 30
IX.2.3 Marco normativo y técnico de referencia 30
IX.2.4 Metodología del Programa 31
IX.2.4.1 Caracterización y Diagnostico 31
IX.2.4.2 Estrategia de Rescate, Ahuyentamiento y Reubicación 32
IX.2.4.3 Cronograma de actividades de Rescate y Reubicación de Fauna 39
Bibliografía 41





Índice Tablas

Tabla 1. Especies identificadas por estratos en el sitio sujeto a CUSTF. 6
Tabla 2. Descripción de la especie *Avicenia germinans* (Mangle negro). 9
Tabla 3. Descripción de la especie *Conocarpus erectus L.* 14
Tabla 4. Protocolo de registro técnico por especia a reubicar. 20
Tabla 5. Especificaciones de colecta de las especies *A. germinans* y *C erectus.* 24
Tabla 6. Cronograma operativo. 27
Tabla 7. Ficha individual por ejemplar rescatado. 34
Tabla 8. Listado de la fauna de aves registradas en el predio sujeto a cambio de uso de suelo. 35
Tabla 9. Listado de la fauna reptiles y anfibios registrados en el área sujeto a cambio de uso de suelo. 36
Tabla 10. Listado de mamíferos menores registrados en el área sujeto a cambio de uso de suelo. 36
Tabla 11. Formato de registro de sitio de liberación de fauna silvestre. 38
Tabla 12. Cronograma de actividades de Rescate y Reubicación de Fauna. 40

Índice Figuras

Figura 1. *Avicennia germinans.* 18
Figura 2. *Conocarpus erectus.* 19
Figura 3. Ubicacion del Vivero temporal de aclimatation de especies vegetales. 20
Figura 4. Áreas propuestas de reubicación de *Conocarpus erectus.* 22
Figura 5. Área propuesta de reubicacion de *Avicennia germinans.* 23
Figura 6. Localización del sitio propuesto para liberación de fauna silvestre. 37
Figura 7. Propuesta de sitio para reubicación de especies de fauna silvestre. 39



IX. PROPUESTA DE PROGRAMA DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE ESPECIES DE FLORA Y FAUNA QUE PUDIERAN RESULTAR AFECTADAS Y SU ADAPTACIÓN AL NUEVO HÁBITAT, EN CASO DE AUTORIZARSE EL CAMBIO DE USO DE SUELO.

IX.1 Propuesta "Programa de Rescate de Flora"

El presente Programa de Rescate y Reubicación de Flora se formuló como una medida preventiva y de mitigación ante las actividades de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), con una superficie intervenida de 3.92 ha. Su propósito es garantizar la conservación del material biológico de especies de manglar listadas en la **NOM-059-SEMARNAT-2010**, particularmente ***Avicennia germinans*** *y* ***Conocarpus erectus***, asegurando su propagación y establecimiento en sitios ecológicamente viables; no obstante, también se rescatarán otras especies de importancia para la conservación.

El análisis técnico desarrollado en el Capítulo IV determinó que el área del proyecto, aunque clasificada por INEGI como zona de asentamientos humanos, aún conserva remanentes degradados de vegetación secundaria de manglar con escasa conectividad hidrológica y alta perturbación antrópica. No obstante, el inventario forestal evidenció la presencia de individuos de especies de importancia ecológica y regulatoria, por lo que resulta indispensable implementar medidas específicas de rescate y compensación ambiental.

Con base en la información contenida en la Tabla 7 perteneciente al Capítulo II "Volumen Total Árbol (V.T.A.) a remover en estrato arbóreo, por especie en vegetación de manglar presente en el predio sujeto a CUSTF", se identificó un total de 1,730 individuos arbóreos susceptibles de remoción, equivalentes a un volumen total estimado de 222.711 m³ VTA. Del total registrado, únicamente dos especies corresponden a vegetación asociada al ecosistema de manglar y cuentan con relevancia ecológica y normativa.

- *Avicennia germinans*: 20 individuos a remover.
- *Conocarpus erectus*: 550 individuos a remover.

Estas especies representan el componente estructural y funcional más importante de la vegetación secundaria de manglar presente en el sitio, además de encontrarse listadas en categoría de protección conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010. Por tal motivo, constituyen las únicas especies propuestas para las acciones de rescate, propagación y reforestación compensatoria.

La selección de *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus* para el programa de reforestación se justifica técnica y ecológicamente debido a que ambas son especies nativas adaptadas a condiciones de salinidad, inundación periódica y suelos hidromórficos característicos de ambientes costeros y de manglar. Su establecimiento favorece la recuperación de procesos





ecológicos esenciales, tales como la estabilización del sustrato, retención de sedimentos, captura de carbono, regulación hidrológica y provisión de hábitat para fauna asociada.

En contraste, el resto de las especies registradas en la Tabla 7 del Capítulo II, tales como *Azadirachta indica*, *Leucaena lanceolata*, *Neltuma juliflora*, *Parkinsonia aculeata* y *Pithecellobium dulce*, corresponden principalmente a vegetación secundaria perturbada, especies introducidas o asociadas a ambientes terrestres alterados, las cuales no forman parte de la composición natural del ecosistema de manglar ni contribuyen directamente a su restauración ecológica. Particularmente, *Azadirachta indica* constituye una especie exótica introducida, por lo que su utilización en programas de restauración ambiental no es procedente conforme a criterios de restauración ecológica y manejo de ecosistemas costeros.

IX.1.1 Antecedentes

La presente propuesta corresponde al Programa de **Rescate y Reubicación de especies de flora** a ejecutarse en el área de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) de 3.92 hectáreas, y tiene como finalidad colectar material biológico de algunas especies vegetales previo a las obras y actividades de cambio de uso de suelo como medida de prevención y mitigación de impactos por la ejecución del proyecto denominado **"Ampliación de patios de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca"**.

Este programa constituye una herramienta fundamental al integrar criterios técnicos y científicos garantiza una intervención sustentable, en apego a los principios establecidos en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS).

En la revisión realizada a la carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie VII del INEGI (2022), el área CUSTF está clasificado como Asentamientos Humanos; sin embargo, a decir del promovente "*el predio constituye un remanente con vegetación secundaria de manglar, sin conformar un macizo forestal, y se encuentra aislado dentro del polígono del recinto Portuario".*

Actualmente, no mantiene conectividad con cuerpos de agua naturales, por lo que su flujo hidrológico natural esta interrumpido y depende únicamente de una descarga de aguas residuales proveniente de actividades portuarias, industriales y urbanas de la ciudad de Salina Cruz.

De acuerdo a los resultados de la caracterización de la vegetación del área CUSTF, obtenida del muestreo (simple aleatorio), en donde se establecieron 10 puntos de muestreo (estrato arbóreo sitios de 400 m^2, arbustos sitios de 25 m^2 y las hierbas en cuadros de 1m^2), se identificó un total de **296 individuos** distribuidos de la siguiente manera:





Tabla 1. Especies identificadas por estratos en el sitio sujeto a CUSTF.

Estrato	Registro de individuos	Especies dominantes
Arbóreo	*176 (59.46 %)*	*Conocarpus erectus*, *Pithecellobium dulce*, *Parkinsonia aculeata*, *Leucaena lanceolata*, *Neltuma juliflora*
Arbustivo	*49 (16.55 %)*	*Azadirachta indica*, *Coccoloba liebmannii*, *Capparis incana*, *Conocarpus erectus, Cryptostegia grandiflora, Rauvolfia tetraphylla*
Herbáceo	*44 (14.86%)*	*Urochloa mollis*, *Commelina erecta*, *Tephrosia leiocarpa*
Palmas y suculentas	*27 (9.12%)*	*Sabal mexicana*, *Opuntia decumbens*

Según el análisis de diversidad florística el **estrato arbóreo** presenta un total de 176 individuos correspondientes a 8 especies, con un índice de Shannon-Weiner (H') de 1.60 y un índice de Simpson (D) de 0.76, lo que refleja una diversidad moderada y una equitatividad (E) de 0.77, indicando una distribución relativamente equilibrada de los individuos entre las especies presentes. El **estrato arbustivo**, con 49 individuos y 11 especies, muestra un valor de H'=2.07 y E=0.86, este grupo posee la mayor diversidad específica y una distribución equitativa entre sus especies, un estrato estructuralmente heterogéneo y ecológicamente relevante dentro de la vegetación secundaria de mangle. El componente **herbáceo**, con 44 individuos y 8 especies, presenta valores intermedios (H'=1.58; E=0.76), que indica una diversidad moderada, probablemente asociada a condiciones de mayor perturbación o competencia lumínica dentro del predio. Por su parte, el grupo de **palmas y suculentas**, con 27 individuos y únicamente 2 especies, presenta los valores más bajos de diversidad (H'=0.35; D=0.20; E=0.50), evidenciando una dominancia específica alta y una estructura simple, posiblemente resultado de su adaptación a microhábitats específicos o a un proceso de regeneración temprana.

Las especies dominantes corresponden a comunidades adaptadas a disturbios antrópicos, donde destacan individuos de *Conocarpus erectus, Pithecellobium dulce, Parkinsonia aculeata, Leucaena lanceolata y Neltuma juliflora.* Así también se identificó la presencia de especies listadas en la **NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la categoría de Amenazadas** (**A**): ***Avicennia***





germinans y Conocarpus erectus, según la Lista Roja de la IUCN se encuentran en categoría LC (Preocupación menor).

Sin embargo, la determinación de rescatar y considerar únicamente 20 individuos de *Avicennia germinans* y 550 individuos de *Conocarpus erectus* deriva directamente de la extrapolación técnica obtenida durante el inventario forestal realizado mediante el método de muestreo simple aleatorio aplicado en el área sujeta a CUSTF.

Es importante mencionar que, del total de individuos a rescatar, se colectarán plántulas (estadios juveniles), semillas y estacas ya que no todos los individuos son susceptibles de rescatar debido a que no garantizan su sobrevivencia; sobre todo individuos de porte alto o con indicios de deterioro. Por lo anterior, el Programa de Rescate y Reubicación de Flora considera específicamente estas cantidades debido a que representan la estimación poblacional técnicamente sustentada de las especies de manglar presentes en toda el área sujeta a cambio de uso de suelo y no únicamente los individuos observados dentro de las parcelas de muestreo. Asimismo, dichas especies constituyen el componente ecológico de mayor relevancia ambiental dentro del predio, al tratarse de especies nativas adaptadas a condiciones de salinidad e inundación, con funciones fundamentales en la estabilidad y dinámica ecológica del ecosistema de manglar.

IX.1.2 Objetivo del programa

Rescatar y/o colectar material biológico de las especies listadas en la **NOM-059-SEMARNAT-2010** presentes en el polígono sujeto a cambio de uso de suelo, en particular de ***Avicennia germinans*** y ***Conocarpus erectus*** mediante los siguientes tipos de material: propágulos/semillas (*Avicennia germinans*) y estacas o esquejes (*Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus)*. Lo anterior con el fin de garantizar la viabilidad genética y el establecimiento en el sitio de reubicación propuesto.

IX.1.3 Fundamentación legal y normatividad aplicable

El programa de rescate y reubicación de flora deberá ejecutarse conforme al marco jurídico vigente, garantizando que las acciones propuestas para rescate, traslado, reubicación, propagación y monitoreo de las especies vegetales se realicen bajo criterios de legalidad, conservación y sustentabilidad. Para ello, se considerarán los siguientes instrumentos normativos y regulatorios:

- **NOM-059-SEMARNAT-2010** determina la prioridad de protección y obliga a medidas de manejo/rehabilitación para especies en categorías de riesgo;





- **NOM-061-SEMARNAT-1994** regula especificaciones técnicas para manejo de flora silvestre durante aprovechamientos;
- **NOM-022-SEMARNAT-2003** que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar;
- **Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable** (LGDFS) y **Ley General de Vida Silvestre** (LGVS) establecen tramites y autorizaciones necesarias para su reubicación, colecta y aprovechamiento de material biológico.

Se aclara que, derivado de la remoción de la vegetación en el polígono para CUSTF; el Programa de Rescate se plantea como **medida preventiva y de mitigación** a ejecutarse, previo al desmonte y de las actividades de cambio de uso de suelo, con la finalidad de reducir la pérdida de individuos y material biológico.

IX.1.4 Criterios y metodología para el rescate

a) Planeación previa

Previo al inicio de las actividades de remoción de vegetación, se llevará a cabo la etapa de planeación previa que incluye permisos y logística para la colecta de propágulos/semillas, estacas o esquejes; con el propósito de garantizar una adecuada organización y ejecución de las acciones en campo. Durante esta fase, el personal técnico especializado efectuara reconocimientos y recorridos sistemáticos en el área de intervención, con el fin de identificar, registrar y evaluar las especies de *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus* con interés ecológico y bajo categoría de protección de Amenazadas (A) conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Asimismo, se procederá al marcaje y georreferencia de cada ejemplar a reubicar del cual se obtendrá propágulos/semillas y/o estacas o esquejes, mediante el uso de equipos de posicionamiento global (GPS) de alta precisión. Esta información permitiría establecer una base cartográfica y descriptiva que servirá como referencia para la programación de las actividades de rescate, traslado y seguimiento posterior.

b) Criterios de selección

La selección de individuos para rescate se fundamentará en criterios ecológicos, fisiológicos y de conservación, conforme a lo establecido en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

1.- Categoría de riesgo: Se priorizará el rescate de especies enlistadas como Amenazadas (A) *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus* debido a su función ecológica como formadoras de hábitats de manglar y reguladoras del microclima costero.





2.-Valor ecológico y adaptativo: Los individuos seleccionados deberán presentar un sistema radicular completo, vigor vegetativo (presencia de hojas y brotes nuevos) y ausencia de plagas o infecciones. Se excluirán aquellos con daños estructurales o necrosis avanzada.
3.-Estado fenológico: En caso de encontrarse ejemplares con frutos o propágulos maduros, se colectarán para su propagación en vivero y reintroducción. Este criterio permite mantener la diversidad genética local.
4.-Viabilidad genética y funcional: Se favorecerá la recolección de material genético (propágulos o semillas) de individuos sanos, con el objetivo de garantizar la variabilidad genética en el sitio receptor, elemento esencial para la resiliencia del ecosistema.

c) Descripción biológica de las especies a reubicar

El área sujeta a CUSTF presenta únicamente individuos aislados de mangle negro (*Avicennia germinans*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), los cuales no conforman un ecosistema de manglar funcional debido a la ausencia de hidrodinámica natural, la alteración edáfica y la afectación por descargas residuales. Ambos taxas forman parte de ambientes de transición asociados a humedales costeros y, aunque se encuentran en estado secundario y sin viabilidad ecológica *in situ*, su manejo requiere técnicas especializadas para garantizar la conservación genética del material vegetal.
A continuación, se presenta la descripción biológica, el estrato y categoría de riesgo de las especies a reubicar:

1. ***Avicennia germinans*** (Mangle negro) (
2. **Tabla** 2)
    - Estrato: Arbóreo
    - Categoría de riesgo NOM-059-SEMARNAT-2010: Amenazada (A)

Tabla 2. Descripción de la especie *Avicenia germinans* (Mangle negro).

Reino	**Plantae**
Familia	***Acanthaceae***
Genero	***Avicennia***
Especie	***Avicenia germinans***
Nombre común	**Mangle prieto o mangle negro**
Forma Biológica	Árbol con alturas de 15 a 30 m y diámetro normal de 20 a 60 cm. Cuenta con neumatóforos (raíces arqueadas que quedan



Reino		**Plantae**
Familia		***Acanthaceae***
Genero		***Avicennia***
Especie		***Avicenia germinans***
Nombre común		**Mangle prieto o mangle negro**
		expuestas durante la bajamar, algunas de ellas son aéreas y se prolongan por encima de las aguas). Tolerante a la sombra. Crece en rodales puros en la parte más alta del manglar.
Fenología		Árbol con alturas de 15 a 30 m y diámetro normal de 20 a 60 cm. Cuenta con neumatóforos (raíces arqueadas que quedan expuestas durante la bajamar, algunas de ellas son aéreas y se prolongan por encima de las aguas). Tolerante a la sombra. Crece en rodales puros en la parte más alta del manglar.
Hojas		Perennifolio
Flores		Todo el año; la polinización es principalmente por abejas.
Requerimientos Ambientales	Altitud (msnm)	Media: 5 msnm Mínima: 0 msnm Máxima: 15 msnm
	Suelos	Crece en aguas someras y fangosas o salobres, principalmente en costas y estuarios de aguas tranquilas, en suelos sedimentarios de arcilla y limo. Los manglares se presentan principalmente en llanuras litorales y formando deltas relativamente abrigados.
	Características físicas	Textura: franca, arenosa, arcillosa Drenaje: de mal drenados a permanentemente inundados.
	Características químicas	pH: alcalino Materia orgánica: de 2 a 25%





Reino		**Plantae**
Familia		***Acanthaceae***
Genero		***Avicennia***
Especie		***Avicenia germinans***
Nombre común		**Mangle prieto o mangle negro**
		Sales: altamente salinos; varia de 0 a 100 ppm, aunque prefiere 40 ppm. *A. germinans* es la especie de mangle que tiene la mayor tolerancia a condiciones de alta salinidad.
	Temperatura	22 a 28° C
	Precipitación	Media: 1,375 mm Mínima: 750 mm; 1,000 mm Máxima: 2,000 mm; 1,600 mm; 7,000 mm
Propagación	Propagación sexual	Las semillas tienen la particularidad de germinar mientras están todavía en el árbol, donde se forman plántulas de hasta 30cm de longitud, que son más pesadas en el extremo donde se encuentra la raíz, por lo que al caer quedan plantados en el fango.
		Obtención y manejo de la semilla: Tienen muy buena regeneración natural. Fuente de semilla: Se recolecta en toda su área de distribución. Recolección: Los frutos pueden recolectarse directamente de los individuos o del "suelo", cuando muestran una coloración castaño claro. Estos pueden ser sembrados directamente en la marisma, o bien transportarse al vivero. En este caso los frutos son trasladados en bolsas con agua para evitar la desecación. Métodos de beneficio de frutos y semillas: No hay beneficio de semillas, los frutos se siembran inmediatamente después de





Reino		**Plantae**
Familia		***Acanthaceae***
Genero		***Avicennia***
Especie		***Avicenia germinans***
Nombre común		**Mangle prieto o mangle negro**
		colectados. Es mucho más sencillo manejar la semilla utilizando el método de árboles padres o portadores de semilla. Los criterios para la selección de estos árboles padre son: Cuando menos utilizar 12 individuos/ha, mientras más hacia el interior se encuentre el sitio a replantear se precisa de mayor número de árboles; que sean individuos de tamaño medio a vigorosos; que produzcan propágulos viables y evitar árboles sobremaduros. Numero de semillas por kilogramo: el número de frutos/kg., varia de 900 a 1200. Características de las semillas: Las semillas son recalcitrantes, por ello no pueden ser deshidratadas ni almacenadas a bajas temperaturas, este tipo de semillas pierde la viabilidad rápidamente, razón por la cual deben ser sembradas inmediatamente. Tiempo de viabilidad estimado bajo condiciones de almacenamiento: Los propágulos son muy sensibles a la desecación, en condiciones naturales pierden la viabilidad en 10 ó 12 días.
		Producción de planta: No requiere tratamientos pregerminativos. Porcentaje de germinación obtenido: 90 a 95% en semillas recién colectadas. Tiempo necesario para la germinación de las semillas: La germinación inicia cuando el fruto



Reino		**Plantae**
Familia		***Acanthaceae***
Genero		***Avicennia***
Especie		***Avicenia germinans***
Nombre común		**Mangle prieto o mangle negro**
		aún está cerrado, pero sin emergencia de la radícula (viviparidad incompleta), el fruto con la semilla germinada permanece unido a la planta madre de 10 a 12 días. Método de siembra: si la siembra se realiza directamente en la marisma, se recomienda realizar esta actividad en las pleamares después de la luna llena. Características del sustrato: el sustrato de los envases debe presentar textura franco-limosa con buenas condiciones de humedad, a saturación.
Manejo de la planta	Tipo de envase	La siembra se realiza en vivero se utilizarán bolsas de polietileno negro (30 x 40 cm). Estos deben de ser de una longitud que permita su enterramiento, y que a la vez sobresalgan cuando menos 5 cm del nivel del agua; para permitir que la plántula se desarrolle libremente los tubos deberán contar con hendiduras longitudinales.
	Tiempo total para la producción de la especie	Cuando se producen en vivero se mantienen de 3 a 4 meses, para posteriormente trasladarlas a la marisma. Si la siembra se realizó en la marisma, las plántulas se mantienen en los tubos durante 2 años, después de este tiempo se retiran los tubos. A partir del tercer año aparecen las raíces aéreas, en el quinto se estabilizan las raíces aéreas y se regula el oleaje, de los 8 a los 10





Reino		**Plantae**
Familia		***Acanthaceae***
Genero		***Avicennia***
Especie		***Avicenia germinans***
Nombre común		**Mangle prieto o mangle negro**
		años las raíces y el follaje se desarrollan normalmente.
	Trazado	En los sitios seleccionados para la plantación se debe tomar en cuenta los movimientos mareales del agua, por ello el área de siembra tiene que estar libre de troncos y hierbas que puedan dañar la plantación y el crecimiento de las plantas. Cuando la siembra se realizó en la marisma, los tubos de PVC se disponen a distancia de 1.5 x 1.5 m

3. ***Conocarpus erectus*** (Mangle botoncillo) (**Tabla 3**)
    - Estrato: Arbustivo- Arbóreo
    - Categoría de riesgo NOM-059-SEMARNAT-2010: Amenazada (A)

Tabla 3. Descripción de la especie *Conocarpus erectus L.*

Reino	Plantae
Familia	*Combretaceae*
Genero	*Conocarpus*
Especie	***Conocarpus erectus L.***
Nombre común	***Mangle botoncillo***
Distribución en México	El área forestal de esta especie se localiza en ambos litorales del país, teniendo una mayor presencia en la costa del Golfo.
Restauración y Protección	Especie clave en algunas etapas del ciclo de vida de varios organismos, especialmente importante en la conservación del suelo y





Reino		Plantae
Familia		*Combretaceae*
Genero		*Conocarpus*
Especie		***Conocarpus erectus L.***
Nombre común		***Mangle botoncillo***
		control de la erosión, en algunos países es utilizada para la fijación de dunas costeras
Forma Biológica		Árbol o arbusto de 6.3 m de altura
Fenología		Florece durante todo el año. Sus frutos son nueces aladas de 4 mm, agregadas en cabezuelas globosas morenas de 1 a 1.3 cm de diámetro, con todas las partes florales persistentes.
Hojas		Perennifolio
Flores		Todo el año
Requerimientos Ambientales	Altitud (msnm)	Media: 1.7 msnm Mínima: 0 msnm Máxima: 5 msnm
	Suelos	Crece en aguas someras y fangosas o salobres, principalmente en costas y estuarios de aguas tranquilas, en suelos sedimentarios de arcilla y limo. Los manglares se presentan principalmente en llanuras litorales y formando deltas relativamente abrigados.
	Clasificación (FAO)	Gleysol
	Características físicas	Textura: arcillo-limosa Drenaje: De estacionalmente inundados a permanentemente inundados
	Características químicas	pH: alcalino Materia orgánica: muy ricos Sales: de fuerte a moderadamente salinos
	Temperatura	22 a 25° C
	Precipitación	Media: 1,237 mm Mínima: 750 mm





Reino		Plantae
Familia		*Combretaceae*
Genero		*Conocarpus*
Especie		***Conocarpus erectus L.***
Nombre común		***Mangle botoncillo***
		Máxima: 2,000 mm
Propagación	Propagación sexual	Se realiza a través de propágulos. Por las características del ecosistema, en el manejo de manglares es mucho más sencillo utilizar el método de regeneración natural.
		Fuente de semilla: Se recolecta en toda su área de distribución. Periodo de recolección: El fruto se recolecta en forma manual o con un garfio durante todo el año. Características de las semillas: Las semillas son recalcitrantes, por ello no pueden ser deshidratadas ni almacenadas a bajas temperaturas, este tipo de semillas pierde la viabilidad rápidamente, razón por la cual deben ser sembradas inmediatamente.
		Producción de planta: Si la siembra se realiza directamente en la marisma, se recomienda realizar esta actividad en las pleamares después de la luna llena. Tiempo necesario para la germinación de las semillas: La germinación inicia cuando el fruto aún está cerrado, son vivíparas, el fruto con la semilla germinada permanece unido a la planta madre de 15 a 20 días. Método de siembra: Siembra directa en la marisma o en envases individuales. Los frutos se siembran introduciendo suavemente la parte radical en el fango, a una profundidad de 5 a 7 cm.





Reino		Plantae
Familia		*Combretaceae*
Genero		*Conocarpus*
Especie		***Conocarpus erectus L.***
Nombre común		***Mangle botoncillo***
		Características del sustrato: el sustrato de los envases debe presentar textura arcillo-limosa con buenas condiciones de humedad, a saturación.
Manejo de la planta	Tipo de envase	Si la siembra se realiza en vivero se utilizan bolsas de polietileno negro (30 x 40 cm). Estos deben de ser de una longitud tal que permita su enterramiento, y que a la vez sobresalgan cuando menos 5 cm del nivel del agua; para permitir que la plántula se desarrolle libremente los tubos deberán contar con hendiduras longitudinales.
	Tiempo total para la producción de la especie	Si la siembra se realizó en la marisma, las plántulas se mantienen en los tubos durante 2 años, después de este tiempo se retiran los tubos. A partir del tercer año aparecen las raíces aéreas, en el quinto se estabilizan las raíces aéreas y se regula el oleaje, de los 8 a los 10 años las raíces y el follaje se desarrollan normalmente
	Trazado	En los sitios seleccionados para la plantación se debe tomar en cuenta los movimientos mareales del agua, por ello el área de siembra tiene que estar libre de troncos y hierbas que puedan dañar la plantación y el crecimiento de las plantas. Cuando la siembra se realizó en la marisma, los tubos de PVC se disponen a distancia de 1.5 x 1.5 m



d) Metodología de rescate

El proceso de rescate de flora se ejecutará asegurando la supervivencia de los individuos en riesgo mediante acciones de extracción, aclimatación, traslado y reubicación controlada. La metodología se estructura en cuatro fases técnicas:

1.-Identificacion y marcaje; previo al inicio de actividades o remoción de la vegetación, se realizará la localización y georreferencia de todos los ejemplares de *Avicennia germinans* (**Figura 1**.) y *Conocarpus erectus* (**Figura 2**.), en apego a la NOM-059-SEMARNAT-2010. Cada individuo será evaluado morfológica y fisiológicamente para determinar su viabilidad de traslado o propagación.



Figura 1. *Avicennia germinans.*



Figura 2. *Conocarpus erectus.*

2.-Extraccion controlada; la extracción se efectuará de forma manual con herramienta manual (pala plana, barreta, pico, machete, carretilla) asegurando el rescate del sistema radicular con un volumen de cepellón superior al diámetro de copa. En individuos jóvenes o plántulas se priorizará el rescate directo, mientras que en ejemplares adultos se optará por la propagación vegetativa (estacas o propágulos) para maximizar el éxito de supervivencia (Cintrón & Schaeffer-Novelli, 1984; FAO, 2007).

3.-Aclimatación en vivero temporal; el material colectado se trasladará a un vivero temporal de aclimatación que se instalará a un costado del sitio de reubicación (**Figura 3)**, acondicionado con sombreado del 50%, riego controlado (agua ligeramente salobre) y monitoreo fitosanitario diario. La permanencia mínima será de 30 a 45 días, periodo en el que se observaran signos de brotación, enraizamiento y vigor fisiológico.



Figura 3. Ubicación del **Vivero temporal** de aclimatación de especies vegetales.

4.-Transporte y reubicación; Una vez verificada la estabilidad fisiológica, las plantas serán trasladadas en contenedores húmedos y reubicadas en los sitios receptores previamente definidos. Las plantaciones se realizarán en horas de baja radiación y marea estable, procurando reducir el estrés hídrico y osmótico.

e) Registro y etiquetado

Cada ejemplar rescatado será sometido a un protocolo de registro técnico con el fin de mantener trazabilidad y control de supervivencia que incluirá:

Tabla 4. Protocolo de registro técnico por especia a reubicar.

No.	Parámetro	Características
1	Código único:	-Siglas del proyecto -Especie -Número consecutivo -Coordenadas UTM -Fecha de rescate
2	Ficha técnica (datos morfológicos):	-Altura -Diámetro



		-Estado fitosanitario -Método de rescate empleado
3	Bitácora fotográfica	-Registro antes, durante y después del traslado
4	Georreferenciación	-Mediante GPS registrar la reubicación
5	Base de datos digital	-Elaboración de formato Excel o SIG, el registro de las reubicaciones

Finalmente, el etiquetado se realizará con materiales resistentes a humedad y salinidad (plástico PVC o aluminio) grabado con el código indeleble. La información será cotejada periódicamente durante las visitas de monitoreo para verificar supervivencia y crecimiento.

f) Sitio de reubicación

La selección del sitio destinado a la reubicación de la flora se fundamentó en un **dictamen técnico del Nuevo Sitio de Reforestación** elaborado a partir de una evaluación integral de las condiciones ambientales y de la aplicación de criterios técnicos, ecológicos y jurídicos que aseguran la viabilidad del proceso de reubicación, ver Anexo 32 (digital).

Entre los criterios considerados destacan:

- *Certidumbre Jurídica y Ausencia de conflictos en la Tenencia de la Tierra*, que garantizan la disponibilidad y permanencia del sitio propuesto;
- *Evidencia de la capacidad potencial del sitio para sostener un ecosistema de manglar, mediante la caracterización de su línea base ecológica,* la cual incluye parámetros de salinidad, calidad de agua, topografía, análisis de litoral, cobertura vegetal y
- *Viabilidad biofísica para el establecimiento y desarrollo del manglar*, considerando factores como textura y drenaje del suelo, régimen hídrico y conectividad ecológica.

Con base a la evaluación anterior, se determinó dos sitios receptores:

Sitio 1 (Playas Escolleras) ver **Figura 4.,** este se localiza al Suroeste del municipio de Salina Cruz, ubicada en Playa Las Escolleras aproximadamente a 7 kilómetros de la ciudad de Salina Cruz, rumbo a Huatulco, con acceso a través de la localidad de Salinas del Marqués. Este sitio presenta condiciones edáficas, hidrológicas y ecológicas favorables para la supervivencia y adaptación de especies de manglar, particularmente ***Conocarpus erectus***, especie que demuestra una alta tolerancia a variaciones en salinidad y tipo de sustrato.





Figura 4. Áreas propuestas de reubicación de *Conocarpus erectus.*

En anexo impreso se ingresa el levantamiento topográfico del nuevo sitio de reforestación.

Sitio 2. En el caso de ***Avicennia germinans***, se propone su propagación vegetativa (estacas de 3mm de diámetro X 80cm de largo) o mediante colecta de propágulos/semillas, dependiendo de su estado fenológico al momento del rescate, con el fin de asegurar la viabilidad genética y ecológica del material trasladado. se ubica dentro del Sistema Ambiental del proyecto **(**ver **Figura 5.)**, y se localiza al Noreste del área del proyecto, a una distancia aproximada de 3.0 km., con acceso mediante la carretera "Bahía la Ventosa" y el entronque "Boca del Rio". El sitio se encuentra dentro de una zona registrada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en el Inventario Nacional de humedales. Con una extensión de 8.2 hectáreas este manglar cumple con los criterios técnicos y ambientales necesarios para asegurar la efectividad del proceso de rescate, traslado y establecimiento de la flora, contribuyendo a la conservación y recuperación del ecosistema de manglar en el área de influencia del proyecto.

Cabe señalar que la CONAGUA mantiene el Inventario de Humedales, que incluye humedales costeros, estuarinos, palustres y manglares, con delimitación hidrológica, cartografía y

registro de superficie. Por tanto, la inclusión del sitio en el Inventario Nacional de Humedales otorga un respaldo técnico-institucional que refuerza la certeza jurídica y ambiental del área receptora, elemento clave en la evaluación de viabilidad del componente de reubicación.



Figura 5. Área propuesta de reubicación de *Avicennia germinans.*

g) Periodo de Colecta y Reubicación

Avicennia germinans: Se realizará colecta de 15-8 (50-80% del recolectado) propágulos o semillas, esta especie produce propágulos criptovivíparos que pueden encontrarse estacionales y requieren colectarse en el momento de madurez.

Conocarpus erectus: No produce propágulos grandes como otros mangles (ejemplo *Rhizophora mangle o Avicenia*) sino frutos pequeños secos agrupados en una estructura redondeada llamada infrutescencia (parecida a un "boton" de ahí su nombre común). Cuando las infrutescencias maduran y comienzan a descomponerse o secarse, las pequeñas semillas dentro de ellas se liberan naturalmente, es ahí donde los técnicos la colectaran.



Tabla 5. Especificaciones de colecta de las especies *A. germinans* y *C erectus.*

Características	*Avicennia germinans*	*Conocarpus erectus*
Tipo de material de propagación	Propágulo/semilla	Semilla y estaca
Periodo de colecta	**Mayo-julio (fructificación y caída de propágulos)**	**Junio-Agosto (maduración y liberación de semillas)**
Propagación con estaca	No	Si
Dimensiones de estaca	----------	Largo 25-40cm; Diámetro 1.5-3cm
Periodo en vivero (días o semanas)	6-10 semanas (propágulos hasta 25-30cm de altura)	8-12 semanas (endurecimiento progresivo antes de reubicación)
Condiciones óptimas de vivero	Alta humedad (>70%), sombra parcial (40-50%) sustrato con mezcla de sedimento, arena y materia orgánica; mantener salinidad similar al sitio natural.	Sombra parcial (50%), sustrato con arena y materia orgánica; riego constante, mantener humedad y evitar saturación prolongada.
Época recomendada de reubicación	**Julio - Octubre (inicio y pico de lluvias, mareas altas)**	**Julio - Octubre (época de lluvias, humedad alta, mareas favorables)**
Propagación recomendada (número de plantas en vivero)	5-8 plántulas (50-80% del recolectado)	30-96 plántulas (50-80% del recolectado)

h) Monitoreo y seguimiento

El monitoreo post-reubicación permitirá evaluar la efectividad ecológica del programa mediante indicadores de supervivencia, adaptación y regeneración. El seguimiento de estructura se realizará en tres etapas:

Etapa 1: Evaluación inicial (30-60 días posterior a la reubicación), permiten detección temprana de fallos. Se observarán signos de estrés fisiológicos, perdida foliar y desarrollo de nuevos brotes. Las mediciones incluirán supervivencia (%), vigor foliar y humedad del





sustrato, salinidad del suelo o del agua de inundación, frecuencia de inundación, presencia/altura de neumatóforos (en especie de *A. germinans*).

En *Avicennia germinans* esta etapa es importante debido a que, si hay mortalidad acelerada, en este lapso se detectara.

Dado que *Conocarpus erectus* tolera mayores extremas (salinidad, anegamiento reducido, suelo más suelto) su establecimiento puede ser más rápido.

Etapa 2: Monitoreo semestral (6 y 12 meses) de supervivencia y crecimiento durante el primer año.

Se evaluará el porcentaje de supervivencia (>60-70%), crecimiento en altura y diámetro basal, diámetro a la altura del cuello, área de copa y presencia de propágulos o floración. Se aplicarán protocolos de muestreo tipo transecto y cuadrante (según aplique). Asimismo, se contará con un sitio de control o referencia (para comparar con sitio reubicado).

Se considera que propágulos o floración pueden tardar más de 12 meses, por lo que contabilizarlos al 12 mes puede estar bien como dato preliminar, pero no necesariamente se espera floración en las dos especies.

Etapa 3: Evaluación anual de integración ecológica y cobertura vegetal (2 años).

Se realizará un análisis de integración ecológica del sitio receptor, considerando cobertura vegetal, regeneración natural asociada y presencia de fauna vinculada al manglar. Se considerará exitoso el rescate cuando la cobertura y regeneración superen el 70% respecto al control inicial.

Indicadores de éxito:

- Para ***Avicennia germinans*** supervivencia >60-70% a 12 meses, para el incremento de altura (>10cm/año) como mínimo.
- Para ***Conocarpus erectus*** altura de >5-10cm/año
- Brotes y raíces adventicias activas.
- Los neumatóforos (raíces aéreas) son un indicador importante en *A. germinans*. El monitoreo de numero de neumatóforos puede dar información sobre adaptación del sistema radicular.
- Recolonización de organismos epifitos o fauna asociada.
- Ausencia de signos de clorosis o necrosis.

Para *A. germinans*, el estudio de Basáñez-Muñoz et al. (2021) en México aborda regeneración y crecimiento en bosques maduros y plantea proyecciones, lo cual sugiere que los tiempos de integración pueden ser mucho mayores a 2 años para alcanzar estructuras maduras. Por lo que el monitoreo anual puede extenderse más allá de 2 años (3-5 años).





IX.1.6 Personal responsable y equipo técnico

La ejecución del Programa de Rescate y Reubicación de Flora estará a cargo de un equipo multidisciplinario integrado por profesionales especializados en áreas biológicas, ambientales y técnicas, con experiencia comprobable en manejo y conservación de ecosistemas de manglar, así como en procesos de rescate y trasplante de flora nativa.

El personal responsable estará conformado por:

Coordinador técnico del programa: Biólogo o Ingeniero Ambiental con experiencia mínima de tres años en proyectos de manejo de flora y restauración ecológica, responsable de la supervisión general, planeación, seguimiento y validación de resultados.

Especialista en botánica o ecología vegetal: Encargado de la identificación taxonómica, selección de individuos y registro de información ecológica de las especies.

Técnicos de campo: Personal capacitado en técnicas de rescate, reubicación y monitoreo de ejemplares vegetales, así como en el uso de equipo de georreferenciación y herramientas de registro.

Apoyo logístico y de seguridad: Personal destinado al acondicionamiento del área de trabajo, transporte de material vegetal y cumplimiento de medidas de seguridad y protección ambiental.

El equipo técnico y de apoyo contará con herramientas y equipos adecuados para la ejecución de las actividades, incluyendo: GPS de precisión submétrica, cámaras fotográficas georreferenciadas, herramientas de excavación manual (palas, picos, azadones), materiales de embalaje y transporte (costales, contenedores húmedos, etiquetas), así como vehículos tipo pick-up para traslado de ejemplares y personal.

IX.1.7 Cronograma de actividades

Las actividades del programa se desarrollarán de acuerdo con el siguiente cronograma operativo, sujeto a las condiciones climáticas y a la programación de obras del proyecto:



Tabla 6. Cronograma operativo.

Etapa/Actividad	Descripción	Duración estimada	Periodo de ejecución
Planeación y logística	Delimitación del área, georreferenciación, y elaboración de fichas técnicas de individuos a rescatar.	3 días	Semana 1
Rescate y extracción de ejemplares	Ejecución de técnicas de rescate, extracción y embalaje de individuos seleccionados.	10 días	Semana 2
Transporte a vivero para manejo y propagación	El material colectado se trasladará al vivero para su manejo hasta que estén aptos para su reubicación	3 a 6 meses	Semana 2 y 3
Transporte y reubicación	Traslado y establecimiento de ejemplares en el sitio receptor.	4 días	Semana 3
Monitoreo inicial	Seguimiento a corto plazo para evaluar supervivencia y adaptación.	3 días	Semana 4
Monitoreo posterior	Evaluación del crecimiento, vigor y adaptación al nuevo hábitat.	24 meses	60 días 12 meses 24 meses

El cronograma podrá ajustarse conforme a las condiciones ambientales predominantes (precipitaciones, mareas, vientos) y a los requerimientos de la supervisión ambiental y de obra.





IX.1.8 Conclusiones

El Programa de Rescate y Reubicación de Flora constituye una herramienta técnica y operativa de gestión ambiental que actúa como **medida preventiva y de mitigación** frente a los impactos derivados del cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF). Su aplicación garantiza la preservación de los recursos vegetales presentes en el área de intervención, así como la continuidad ecológica y funcional del ecosistema de manglar, mediante acciones de rescate, propagación y reubicación de ejemplares y material biológico en sitios ambientalmente compatibles.

La metodología planteada, basada en criterios técnicos, biológicos y legales, asegura que las acciones de rescate, traslado y reubicación de especies se realicen de manera controlada, sustentable y conforme a la normatividad ambiental vigente, particularmente la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y la NOM-059-SEMARNAT-2010. Los sitios receptores propuestos cumplen con las condiciones biofísicas, hidrológicas y ecológicas adecuadas para favorecer la adaptación y el desarrollo de las especies *Conocarpus erectus* y *Avicennia germinans*, contribuyendo a la conservación, restauración y recuperación del ecosistema de manglar en la zona costera de Salina Cruz.

IX.2 Propuesta "Programa de Rescate de Fauna"

IX.2.1 Antecedentes

Con base en los resultados obtenidos durante los muestreos de campo y al análisis de la información faunística, se identificó un total de 24 especies de fauna silvestre registradas dentro del sitio sujeto a cambio de uso de suelo. De estas, tres corresponden a anfibios, cuatro a reptiles, catorce a aves y tres a mamíferos, lo que refleja una riqueza especifica baja en comparación con ecosistemas conservados de la región. El conjunto faunístico registrado se caracteriza por la dominancia de especies generalistas y de amplia distribución geográfica, adaptadas a condiciones de perturbación antrópica y fragmentación del hábitat. Dicho patrón es consistente con ambientes secundarios y semiurbanos, donde las comunidades naturales han sido desplazadas o modificadas por el impacto humano.

El análisis ecológico evidencia que la fauna presente en el área CUSTF se encuentra limitada por la pérdida de conectividad y la reducción de cobertura vegetal, factores que restringen la movilidad, el establecimiento y la disponibilidad de recursos. Estas condiciones se ven agravadas por la presencia de fauna domestica feral, principalmente perros, que incrementan la presión de depredación sobre los vertebrados silvestres. Como resultado, la diversidad y abundancia faunística son bajas, predominando individuos que utilizan el sitio como zona de alimentación temporal o refugio secundario, más que como hábitat permanente. Los índices aplicados durante la caracterización Shannon-Wiener (H' < 1.5) y





Margalef (D_{Mg} < 2.0) para anfibios, reptiles y mamíferos confirman la presencia de comunidades estructuralmente simplificadas, con baja diversidad y dominadas por un reducido número de especies tolerantes a la perturbación. En contraste, el grupo de las aves presentó valores medios de diversidad (H' = 1.96; D_{Mg} = 3.16), lo cual sugiere una mayor resiliencia ecológica, asociada a su capacidad de desplazamiento y a la plasticidad en el uso de hábitats modificados.

Cabe destacar que entre las especies identificadas se registró la presencia de *Ctenosaura pectinata* (iguana mexicana de cola espinosa), catalogada como Amenazada (A) conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como especies endémicas de la región como *Campylorhynchus humilis* (matraca nuca canela). La presencia de estos taxones refuerza la necesidad de implementar medidas técnicas de manejo y rescate especializado, que garanticen la protección de individuos y la reubicación en hábitats ecológicamente compatibles.

De acuerdo con los datos obtenidos durante el levantamiento de datos de fauna en el área CUSTF, y con base a información proporcionada por el promovente, se ha determinado que la zona ha funcionado previamente como sitio de reubicación de ejemplares provenientes de otras áreas. En consecuencia, la presencia de algunos organismos dentro del predio o refleja poblaciones residentes naturales, si no individuos reubicados con anterioridad. Por ello, las actividades de rescate y reubicación que se desarrollen en esta etapa deberán garantizar la recuperación, resguardo y traslado adecuado de los ejemplares observados, priorizando su liberación en sitios con condiciones ecológicas equivalentes, dentro de zonas legalmente protegidas o con cobertura vegetal funcional.

Antes de iniciar de iniciar con las actividades específicas de rescate y reubicación, es fundamental destacar la relevancia técnica y ecológica de implementar estas acciones. En primer término, el rescate de fauna silvestre es indispensable para prevenir la mortalidad de individuos ante las actividades asociadas al cambio de uso de suelo, las cuales implican remoción de cobertura vegetal, alteración del hábitat y desplazamiento de organismos. En segundo lugar, estas acciones son necesarias debido a que las especies presentes actualmente en el área CUSTF no habitan en condiciones ecológicamente optimas, dado el grado de perturbación, degradación y fragmentación, lo que limita la disponibilidad de refugio, alimento y espacios de reproducción.

La estrategia de rescate y reubicación contempla acciones orientadas a asegurar la adaptación de los organismos trasladados a sitios con condiciones ecológicas de mejor calidad, con características similares de vegetación (mangle), procurando su sobrevivencia y la conservación de la funcionalidad ecológica de los hábitats receptores. La ejecución del presente programa constituye una herramienta fundamental dentro del proceso de gestión





ambiental del proyecto, al integrar criterios técnicos y científicos que permitan una intervención sustentable en concordancia con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y la Ley General de Vida Silvestre (LGVS) y su Reglamento.
El área propuesta para la reubicación de fauna se localiza dentro de la Cuenta Hidrológica Forestal o Sistema Ambiental Regional asociada al proyecto, en la porción norte del polígono sujeta a CUSTF. El sitio cumple con los criterios técnicos de idoneidad para la reubicación de fauna, al ofrecer microhábitats diversos, cobertura vegetal densa, disponibilidad de alimento y baja perturbación humana, lo que lo convierte en un entorno ecológicamente estable y seguro para la liberación de ejemplares rescatados. Además, la vegetación circundante de tipo secundaria arbustiva y arbórea de selva baja caducifolia proporciona zona de transición que favorecen la adaptación progresiva de las especies reubicadas, especialmente aquellas con movilidad restringida o requerimientos específicos de refugió o sombra.
En este sentido, el presente programa se sustenta en principios ecológicos y técnicos basados en la evaluación del hábitat, la identificación de corredores biológicos, la selección de sitios de liberación y el monitoreo post-reubicación, garantizando que las acciones propuestas se desarrollen bajo criterios científicos, en estricto apego a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), su Reglamento en materia de Impacto Ambiental, la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, la Ley General de Vida Silvestre (LGVS) y su Reglamento.

IX.2.2 Objetivo General

Implementar un Programa de Rescate, Ahuyentamiento y Reubicación de Fauna Silvestre que permita proteger, conservar y garantizar la supervivencia de los organismos identificados en el área sujeta a Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), mediante la aplicación de acciones técnicas y operativas que aseguren su traslado y adaptación exitosa a sitios con condiciones ecológicas de mejor calidad, contribuyendo a la mitigación de impactos ambientales y a la preservación de la biodiversidad local.

IX.2.3 Marco normativo y técnico de referencia

Dado que el programa de rescate y reubicación de fauna, deberá garantizar las acciones propuestas para rescate, traslado, reubicación y monitoreo estén respaldadas legalmente, deberán apegarse a los siguientes instrumentos legales:

- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).
- Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.
- Ley General de Vida Silvestre y su Reglamento (LGVS).





- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, que regula el comercio internacional de especies vulnerables tanto de fauna como de flora (CITES).
- 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.*
- Lineamientos IUCN (2013) para Translocaciones y Reintroducciones de Fauna.

IX.2.4 Metodología del Programa

IX.2.4.1 Caracterización y Diagnóstico

La Caracterización de la fauna silvestre presente en el área sujeta a Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) se realizó a partir de los registros obtenidos durante el trabajo de campo y la aplicación de métodos estandarizados de observación directa, identificación visual y evidencia indirecta (huellas, excretas, madrigueras, vocalizaciones y rastros). Esta etapa permitió establecer un inventario representativo de las especies de aves, reptiles, anfibios y mamíferos presentes en el predio del proyecto, así como determinar los indicadores básicos de diversidad y estructura faunística.

Los resultados obtenidos indican una **riqueza específica total de 14 especies de aves**, entre las que destacan *Quiscalus mexicanus*, *Pitangus sulphuratus*, *Crotophaga sulcirostris* y *Tyrannus vociferans*, las cuales presentaron mayor abundancia relativa. En el grupo de reptiles y anfibios se registraron **cinco especies**, siendo las más representativas *Ctenosaura pectinata*, *Iguana iguana* y *Aspidoscelis deppii*, mientras que en mamíferos sólo se registró la presencia de *Bassariscus astutus*.

El análisis de los índices ecológicos calculados en la caracterización son: **Shannon-Wiener (H'=1.96 para aves y H'=1.12 para herpetofauna)**, **índice de Simpson (D=0.85 y D=0.75, respectivamente)**, y **equitatividad (J'=0.74 y J'=0.70)**, lo cual refleja una diversidad moderada, con distribución equitativa de individuos entre las especies y baja dominancia, lo que sugiere que el sitio mantiene aún condiciones ecológicas que favorecen la presencia de comunidades faunísticas adaptadas a ambientes semiurbanos y de vegetación secundaria.

Como parte del diagnóstico, se realizó la **revisión de las listas de especies en riesgo conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010**, determinándose la presencia de *Boa imperator* (Boa constrictor) e *Iguana iguana*, ambas incluidas en la categoría de **"Amenazada (A)"**, por lo que serán consideradas especies prioritarias dentro del **Programa de Rescate y Reubicación**.

La evaluación de la fauna incluyó la identificación de áreas de mayor uso del hábitat, corredor biológico local, sitios de refugio temporal y zonas con vegetación densa que ofrecen





condiciones adecuadas para la reubicación de organismos. Esta información servirá como base para definir **las estrategias de captura, manejo y liberación**, priorizando la integridad de los ejemplares y la conservación de los procesos ecológicos del área.

El diagnóstico general permite confirmar que la fauna presente en el predio corresponde principalmente a comunidades de tipo secundario, integradas por especies con amplia tolerancia ecológica y adaptadas a ambientes con distintos grados de perturbación antrópica. No obstante, la detección de ejemplares enlistados en alguna categoría de protección conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 justifica la implementación de un **Programa de Rescate de Fauna Silvestre especializado**, orientado a minimizar la mortalidad, garantizar la captura segura y promover la reubicación de los organismos en sitios con condiciones ecológicas equivalentes y adecuadas para su supervivencia.

Asimismo, es probable que la presencia de determinadas especies en el área de CUSTF, se relacione con el hecho de que esta zona fue empleada previamente como **área de reubicación de ejemplares de fauna silvestre** durante la ejecución de obras promovidas por la **Administración del Sistema Portuario Nacional (ASIPONA)**, ya que el sitio fungía como **zona de amortiguamiento** dentro del entorno portuario. En este contexto, y considerando las características del ecosistema dominante particularmente la vegetación de **manglar**, es factible que diversos organismos hayan encontrado en este hábitat un refugio temporal o permanente, favoreciendo su presencia y concentración en el sitio.

IX.2.4.2 Estrategia de Rescate, Ahuyentamiento y Reubicación

La estrategia de **rescate y reubicación de fauna silvestre** se estructura con base en los resultados obtenidos durante la caracterización biológica del área del CUSTF y se orienta a minimizar los impactos directos sobre las poblaciones presentes, mediante la aplicación de **procedimientos estandarizados de captura, manejo y liberación** de ejemplares, conforme a las disposiciones de la Ley General de Vida Silvestre (LGVS), su Reglamento y las directrices establecidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

a) Planeación y preparación del rescate

Previo al inicio de las actividades de desmonte, se deberá realizar una planeación operativa del rescate, la cual incluirá la delimitación de zonas de intervención y refugio, así como la programación de recorridos sistemáticos. El personal especializado evaluará las condiciones microambientales (cobertura, humedad, disponibilidad de refugio y alimento) para identificar los sitios potenciales de captura y liberación.

El rescate se ejecutará en dos etapas:

- **Rescate previo**, antes de iniciar los trabajos de remoción de vegetación y con el fin de capturar y reubicar ejemplares móviles y visibles. El personal técnico realizará





reconocimientos y recorridos de campo, efectuando ruidos con varas sobre la vegetación, para ahuyentar a los posibles organismos presentes en el predio, en caso de visualizar o identificar organismos de lento desplazamiento se realizará la captura, poniendo especial énfasis en los organismos juveniles, o de movilidad limitada, así mismo se ubicarán posibles madrigueras o echaderos de vertebrados para su monitoreo permanente.

- **Rescate concurrente**, durante las labores de desmonte y despalme, el personal técnico continuará con la captura de organismos que no pudieron ser detectados previamente, incluyendo aquellos que puedan encontrarse en el suelo, entre raíces o en troncos caídos. Se utilizarán técnicas de manejo seguro para minimizar el estrés y riesgo de lesiones a los ejemplares, asegurando su traslado inmediato a contenedores de manejo temporal. Esta etapa garantizará la reubicación efectiva de la fauna afectada, contribuyendo a la conservación de las especies presentes en el predio y a la mitigación del impacto ambiental derivado de las actividades de remoción de vegetación.

b) Técnicas de rescate y manejo

- El material y equipo a utilizar diario durante las actividades de desmonte y despalme, estará conformado por un especialista y ayudante en fauna, el cual contará con el equipo que se enlista:
- Gancho herpetológico.
- Tong herpetológico de trompa de pato
- Cubetas de plástico con ventilación.
- Guantes de carnaza.
- Recipientes de plástico pequeños.
- Bolsas de manta.
- Cámara fotográfica de alta resolución.
- GPS.
- Guías taxonómicas para identificación en campo.
- Trampas Sherman.
- Trasportadoras.
- Vehículo utilitario.

La siguiente ficha individual que se utilizara por ejemplar rescatado de fauna silvestre en el sitio sujeto a cambio de uso de suelo:





Tabla 7. Ficha individual por ejemplar rescatado.

Ficha individual de ejemplar rescatado	
- ID del ejemplar	
- Especie	
- Grupo taxonómico	
- Fecha y hora de captura	
- Coordenadas de captura (UTM)	
- Condición física	
- Medidas biométricas	
- Fecha y coordenadas de liberación	
- Nombre del responsable	

Las técnicas de captura se seleccionarán en función del grupo taxonómico y comportamiento de cada especie:

Aves:

Para el caso del grupo de aves, estas presentan formas de desplazamiento muy diversas, ya que, con el simple hecho de realizar ruido con las actividades de desmonte, las aves se ahuyentan de forma natural.

En caso de existir e identificar nidos de aves en el área de cambio de uso de suelo, a medida de lo posible, se realizará la revisión de los nidos antes del derribo de arbolado para verificar la existencia o no de polluelos. En caso de presentar polluelos en el nido, estos serán rescatados de forma manual para mantenerlos en cautiverio para su valoración y descripción.

Los polluelos de aves rescatados serán puestos a disposición de la Unidad de Manejo para la conservación de la Vida Silvestre (UMA's) más cercana al sitio de trabajo, para su mantenimiento y posterior liberación. A continuación, se presenta listado de las especies de aves registradas en el sitio sujeto a cambio de uso de suelo, resalta la importancia que no se identificó alguna especie sujeta a protección especial en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARANT-2010.

Se aplicará también el Ahuyentamiento, es una técnica que utiliza estímulos visuales y auditivos para disuadir a las aves de áreas donde no se desea su presencia, se puede utilizar



sonidos de depredadores (águilas, búhos, serpientes) o ruidos fuertes para ahuyentar a las aves. El proceso a menudo implica el rescate y la reubicación de los animales en hábitats adecuados para garantizar su supervivencia y mitigar el impacto en los ecosistemas.

Tabla 8. Listado de la fauna de aves registradas en el predio sujeto a cambio de uso de suelo.

ID	**Nombre científico**		**Nombre común**
1	*Coragyps*	*atratus*	*Zopilote común*
2	*Actitis*	*macularius*	*Playero alzacolita*
3	*Columbina*	*Inca*	*Tortolita cola larga*
4	*Streptopelia*	*decaocto*	*Paloma de collar turca*
5	*Zenaida*	*asiatica*	*Paloma de alas blancas*
6	*Crotophaga*	*sulcirostris*	*Garrapatero pijuy*
7	*Quiscalus*	*mexicanus*	*Zanate mayor*
8	*Polioptila*	*albiloris*	*Perlita pispirria*
9	*Campylorhynchus*	*humilis*	*Matraca nuca canela*
10	*Camptostoma*	*imberbe*	*Mosquerito chillón*
11	*Myiarchus*	*tuberculifer*	*Papamoscas triste*
12	*Pitangus*	*sulphuratus*	*Luis bienteveo*
13	*Tyrannus*	*vociferans*	*Tirano Chibiú*
14	*Melanerpes*	*aurifrons*	*Carpintero cheje*

Reptiles y anfibios:

Para estos grupos de vertebrados terrestres se realizarán recorridos aleatorios por el sitio del proyecto. Al momento de efectuar el derribo de arbolado y despalme del terreno se realizará una búsqueda exhaustiva sobre caminos, debajo de rocas, hojarasca, troncos, piedras y todos aquellos sitios que pudieran servirles de abrigo o refugio. De los métodos comúnmente utilizados para las actividades de rescate de anfibios y reptiles, es la técnica de búsqueda directa no restringida (Crump y Scott, 1994), que consiste en caminatas en las áreas de trabajo, sin que existan reglas para la búsqueda de organismos.

La colecta de los organismos colectados y rescatados se realizará de forma manual y con la ayuda de un gancho herpetológico, almacenándose en cubetas de plástico con ventilación, bolsas de manta o recipientes de plásticos adecuados.





Para el caso que nos ocupa, el predio presenta una riqueza específica de 5 especies, como se puede apreciar en la siguiente tabla; de las cuales ***Boa imperator***, ***Ctenosaura pectinata*** se encuentran en la categoría de riesgo "Amenazada" (A) e ***Iguana iguana*** se encuentra en la categoría sujeta a protección especial (Pr) con base a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 9. Listado de la fauna reptiles y anfibios registrados en el área sujeto a cambio de uso de suelo.

ID	**Nombre científico**		**Nombre común**	**NOM-059-SEMARNAT-2010**
1	*Incilius*	*marmoreus*	*Sapo jaspeado*	------
2	*Boa*	*imperator*	*Mazacuata*	*A*
3	*Ctenosaura*	*pectinata*	*Iguana Mexicana de cola espinosa*	*A*
4	*Iguana*	*iguana*	*Iguana verde*	*Pr*
5	*Aspidoscelis*	*deppii*	*Huico siete lienas*	---------

Mamíferos:
Se rescatarán las especies de pequeño porte que tengan su refugio o echaderos en la zona de trabajo, y serán movilizados de manera inmediata disminuyendo al máximo manipulación manual para disminuir el estrés o daños post-captura. En el caso de la mastofauna registrada en el estudio técnico justificativo sólo se registró una especie y no se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 10. Listado de mamíferos menores registrados en el área sujeto a cambio de uso de suelo.

ID	**Nombre científico**		**Nombre común**	**NOM-059-SEMARNAT-2010**
1	*Bassariscus*	*astutus*	*Cacomixtle norteño*	------

Durante el manejo, los ejemplares deberán ser identificados, medidos, fotografiados y liberados en el sitio seleccionado, evitando el marcaje invasivo y reduciendo el tiempo de confinamiento. Se emplearán contenedores ventilados y materiales no abrasivos para el transporte, conforme a lo estipulado en las directrices que detalla la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres **(CITES)** y la **NOM-059-SEMARNAT-2010.**



c) Selección del sitio de liberación

La selección del sitio de reubicación se basará en la evaluación de la similitud ecológica presente en CUSTF, considerando la estructura del hábitat, cobertura vegetal, disponibilidad de alimento y conectividad con corredores biológicos. Es importante mencionar que, aun cuando el INEGI clasifica como Asentamientos Humanos el predio sujeto a cambio de uso del suelo, mediante recorridos en el área se reconoció la existencia de áreas con vegetación de mangle, vegetación secundaria arbustiva y ruderal y algunos árboles de *Pithecellobium dulce*. El objetivo de esta etapa es garantizar que los organismos a reubicar encuentren condiciones ambientales equivalentes que favorezcan su adaptación y supervivencia, manteniendo la funcionalidad ecológica y la continuidad de los procesos biológicos.



Figura 6. Localización del sitio propuesto para liberación de fauna silvestre.

Con respecto al sitio propuesto para la liberación de fauna, este se localiza en la porción norte del área CUSTF, a una distancia de 2.91km. De acuerdo con el Inventario Nacional de Humedales de la CONAGUA, el área presenta una superficie de 8.0ha, conformada por vegetación de manglar, ubicada dentro de la superficie delimitada como Sistema Ambiental (SA) del proyecto.



Esta comunidad vegetal se encuentra asociada a lagunas y ríos costeros, desarrollándose en aguas poco profundas. Las especies dominantes que conforman el dosel son *Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus* y *Laguncularia racemosa*, las cuales alcanzan alturas de 6 a 10m y representan los elementos estructurales principales del ecosistema.

El estrato arbustivo es compuesto principalmente individuos juveniles de las mismas especies dominantes, reflejando procesos activos de regeneración natural. En el estrato herbáceo predominan *Batis marítima y Sesuvium portulacastrum*. Un elemento notorio en el mangle son las suculentas, principalmente *Acanthocereus tetragonus y Opuntia decumbens*, característicos de zonas de transición entre el manglar y el matorral costero, que incrementan la heterogeneidad estructural y aportan sitios de refugio y alimentación para la fauna silvestre.

Es importante destacar que, por encontrarse categorizada como zona de Manglar por la CONAGUA y considerando que la NOM-022-SEMARNAT-2003 establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de mangla, esta zona no será objeto de intervención antrópica alguna. En consecuencia, el área se conservará en su estado natural, garantizando la preservación de los hábitats y la permanencia de las comunidades faunísticas que dependen de ese ecosistema.

REGISTRO DE SITIO DE LIBERACIÓN

El registro de sitio de liberación constituye una herramienta técnica esencial para documentar y verificar las acciones de reubicación de fauna silvestre, asegurando la trazabilidad del proceso y la conformidad con los lineamientos establecidos en la Ley General de Vida Silvestre y su Reglamento. El cual incluirá como mínimo los siguientes datos técnicos obligatorios:

Tabla 11. Formato de registro de sitio de liberación de fauna silvestre.

No.	Registro de Sitio de liberación
1	Número de registro o código de identificación del ejemplar
2	Especie (nombre científico y común)
3	Grupo Taxonómico (anfibio, reptil, mamífero)
4	Condición física previa a la liberación
5	Fecha y hora de liberación
6	Coordenadas geográficas (UTM, datum WGS84) del punto exacto de liberación
7	Descripción del microhábitat donde se efectuó la liberación (tipo de vegetación, sustrato, cobertura y condiciones ambientales)



8	Registro fotográfico georreferenciado (que documento tanto al ejemplar como el entorno inmediato del sitio de liberación)
9	Nombre y firma del responsable técnico o personal autorizado

La información generada será integrada en una base de datos de seguimiento y respaldada en formato digital, incluyendo fotografías y coordenadas GPS, como evidencia verificable ante la autoridad ambiental.



Figura 7. Propuesta de sitio para reubicación de especies de fauna silvestre.

IX.2.4.3 Cronograma de actividades de Rescate y Reubicación de Fauna

El cronograma de actividades de Rescate y Reubicación de fauna se implementará en tres fases críticas que se ejecutaran de forma secuencial y paralela a las actividades de desmonte y despalme, ver **Tabla 12**.

1.-Fase previa a la intervención, se iniciará dos semanas antes del inicio de los trabajos de remoción de vegetación (desmonte). Consiste en recorridos intensivos de prospección y búsqueda activa en el sitio sujeto a CUSTF, para el rescate temprano de organismos con baja movilidad o aquellos que utilizan refugios subterráneos o arbóreos que serán afectados inmediatamente.

2.-Fase de ejecución de desmonte, se desarrollará simultáneamente con la tala (manual o con maquinaria) y el retiro de la vegetación. El equipo especializado se mantendrá en



vigilancia constante para la recuperación inmediata de la fauna desplazada o que intente huir del área de trabajo, minimizando riesgo de atropellamiento o lesiones.

3.-Fase de ejecución de despalme, se continuará durante la remoción de la capa superficial del suelo. Estará enfocado en el rescate final de especies asociadas al suelo (reptiles, anfibios, mamíferos menores) y en la verificación exhaustiva del área para asegurar que ningún ejemplar permanezca en la zona de intervención antes del inicio de la obra civil mayor.

Tabla 12. Cronograma de actividades de Rescate y Reubicación de Fauna.

No.	ACTIVIDADES	SEMANAS							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Rescate y reubicación previa a trabajos de desmonte								
2	Rescate y reubicación durante las actividades de desmonte								
3	Rescate y reubicación durante las actividades de despalme								

NOTA: El cronograma se modificará de acuerdo a la información de los periodos de trabajos de la obra proyectados.



Bibliografía

- Cintrón, G. & Schaeffer-Novelli, Y. (1984). Methods for studying mangrove structure. UNESCO.
- FAO (2007). Manual de restauración de manglares. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Basáñez-Muñoz, A. de J., Jordán-Garza, A. G., & Serrano, A. (2021). *Forest Structure and Projections of Avicennia germinans (L.) L. at Three Levels of Perturbation in a Southwestern Gulf of Mexico Mangrove.* **Forests**, 12(8), 989. https://doi.org/10.3390/f12080989
- Basáñez-Muñoz, A. de J., Jordán-Garza, A. G., Serrano, A., Capistrán Barradas, A., Naval Ávila, C., & Cuervo López, L. (2021). *Estructura poblacional del árbol Avicennia germinans (Acanthaceae) en un manglar alterado del Golfo de México.* **Revista de Biología Tropical**, 69(4), 1264-1275. https://doi.org/10.15517/rbt.v69i4.47353.



CAPITULO X

IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES

CONTENIDO

X.1 Presentación de la información 3
X.2 Cartografía 3
X.3 Fotografías 3
X.4 Videos 9
X.5 Otros anexos 9

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Polígono general del proyecto con una superficie de 9.08 ha, donde se delimita la superficie de 3.92ha sujeta a CUSTF. 3
Figura 2. Vegetación secundaria de Mangle presente en sitio sujeto a CUSTF. 4
Figura 3. Interior de la vegetación secundaria de Mangle presente en sitio sujeto a CUSTF. 4
Figura 4. Agua residual que proviene de la ciudad de Salina Cruz, e ingresa hacia el sitio sujeto a CUSTF. 5
Figura 5. Vista panorámica del Este al Oeste del polígono del proyecto. 6
Figura 6. Se observa acumulación de sedimentos por arrastre de aguas residuales dentro de sitio sujeto a CUSTF. 7
Figura 7. Ingeniero Forestal en supervisión del muestreo de flora en sitio sujeto a CUSTF. 7
Figura 8. Vista de la Vegetación secundaria de mangle, con orientación de Norte a Sur. (se puede observar el paso de las vías del ferrocarril. 8
Figura 9. Vista del canal que transporta aguas residuales, que pasa por el sitio sujeto a CUSTF 8
Figura 10. Vista de la finalización del canal de aguas residuales en polígono del proyecto. 9

X.1 Presentación de la información

El Documento Técnico Unificado Modalidad B Particular, se ingresa en formato impreso (original) y 3 USB en Formato digital (Estudio completo y anexos).

X.2 Cartografía

Se presenta Anexo impreso y digital que incluye cartografía presentada en los Capítulos del presente estudio.

X.3 Fotografías

A continuación, se presenta una memoria fotográfica de las condiciones actuales que prevalecen en el polígono de **9.08 ha** del proyecto sometido a evaluación mediante el Documento Técnico Unificado (DTU), Modalidad B–Particular, ubicado en el Recinto Portuario de Salina Cruz, Oaxaca.



Figura 1. Polígono general del proyecto, donde se hace referencia fotográfica de la situación actual del sitio.



FOTO 1. Vegetación secundaria de Mangle presente en sitio sujeto a CUSTF.



FOTO 2. Interior de la vegetación secundaria de Mangle presente en sitio sujeto a CUSTF.



FOTO 3. Agua residual que proviene de la ciudad de Salina Cruz, e ingresa hacia el sitio sujeto a CUSTF.



Figura 2. Polígono general del proyecto con referencia fotográfica de la situación actual del sitio.



FOTO 4. Vista panorámica del Este al Oeste del polígono del proyecto.



FOTO 5. Se observa acumulación de sedimentos por arrastre de aguas residuales dentro de sitio sujeto a CUSTF.



FOTO 6. Ingeniero Forestal en supervisión del muestreo de flora en sitio sujeto a CUSTF.



FOTO 7. Vista de la Vegetación secundaria de mangle, con orientación de Norte a Sur. (se puede observar el paso de las vías del ferrocarril.



FOTO 8. Vista del canal que transporta aguas residuales, que pasa por el sitio sujeto a CUSTF



Figura 3. Vista de la finalización del canal de aguas residuales en polígono del proyecto.

X.4 Videos

No aplica

X.5 Otros anexos

En Anexo Digital, se presenta información la siguiente información:

- Análisis de calidad de agua
- Análisis de calidad de suelo
- Bases de datos
- Planos
- Capas utilizadas en el estudio en carpeta denominada “SIG”.



Listado de Anexos



ANEXO	TEMA
Anexo 1	Copia Simple Acta Constitutiva
Anexo 2	RFC
Anexo 3	Acta de nombramiento de representante legal
Anexo 4	INE Vicente Barajas Boites
Anexo 5	INE responsable Forestal
Anexo 6	Registro Forestal Nacional
Anexo 7	Localización del Proyecto
Anexo 8	Polígono General Proyecto
Anexo 9	Cuadro Construcción del polígono general del proyecto **(digital).**
Anexo 10	Levantamiento Topográfico CUSTF
Anexo 11	Cuadros de construcción del área CUSTF **(digital).**
Anexo 12	Memoria de volumen forestal **(digital).**
Anexo 13a	Áreas de Importancia Ecológica y humedales.
Anexo 13	Delimitación del Sistema Ambiental
Anexo 14	Clima
Anexo 15	Geología
Anexo 16	Edafología
Anexo 17	Memoria Calculo de erosión (CUSTF-SA) **(digital).**
Anexo 18	Resultados de laboratorio SUELO **(digital).**
Anexo 19	Degradación de suelo
Anexo 20	Ubicación de la Región Hidrológica.
Anexo 21	Hidrología superficial
Anexo 22	Resultados de laboratorio AGUA_ NOM 001 **(digital).**
Anexo 23	Memoria de cálculo de Infiltración (CUSTF-SA) **(digital).**
Anexo 24	Hidrología Subterránea
Anexo 25	Uso de Suelo y Vegetación
Anexo 26	Sitios de muestreo de vegetación SA **(digital).**
Anexo 27	Índices de Diversidad de Vegetación **(digital).**
Anexo 28	Sitios de muestreo Fauna SA **(digital).**
Anexo 29	Índices de Diversidad Fauna **(digital).**
Anexo 30	Matriz de impacto **(digital).**
Anexo 31	Programa de reforestación **(digital).**
Anexo 32	Dictamén Técnico Nuevo Sitio de Reforestación **(digital).**

262,500 265,000 267,500 270,000

1,790,000

1,787,500

Lagunas [Colonia]

N W E S

Istmeña

Vicente Guerrero

San Pablo Norte Colonia Vista Hermosa

Lomas de Galindo Sur

Barrio Espinal

Salina Cruz

Barrio Juárez

La Soledad

Colonia La Soledad

5 de Febrero

Barrio San Francisco

Ensenada de la Ventosa

La Ventosa

El Mirador [Colonia]

200

San Pablo

Salina Cruz

San Martin

Santita Colonia Santita

Dársena Interior

Playa Abierta

La Ventosa

Dársena de Ciaboga

Salinas del Marqués

0

La Mancuerna

Punta del León



Escala número 1:25,000

0 625 1,250 2,500 m

Ampliación de patios de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca.

Localización Nacional



Proyecto

- Polígono general del proyecto
- Área sujeta a Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF)

Rasgos político administrativo

- Localidad

Infraestructura

- Camino
- Carretera
- Vía ferrea

Rasgos hídricos

- Cuerpo de agua
- Corriente de agua

Otros rasgos

- Zona arenosa

Datos cartográficos

Sistema de coordenadas: UTM Zona 15 N

Datum: WGS 84

Fuente: Mapa base: Esri, HERE, Garmin, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community.

Plano para ampliación de patios fecha junio 2016

Fecha de elaboración: 10 - octubre - 2025

Localización del proyecto


Poligono general del proyecto 9.08 Ha
Image © 2025 Airbus

265,000

267,500

270,000

1,792,500

1,790,000

1,787,500

N

W

E

S

Awo, Cálido subhúmedo

Sistema Ambiental (SA)



Escala númerica 1:25,000

0 625 1,250 2,500 m

Marina
Secretaría de Marina

Ampliación de patios de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca.

Localización Estatal



Simbología

- Área sujeta a Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF)
- Polígono general del proyecto
- Sistema Ambiental (SA)

CLIMA

- Awo, Cálido subhúmedo

Datos cartográficos

Sistema de coordenadas: UTM Zona 15 N
Datum: WGS 84
Fuente: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1998) 'Climas' (clasificación de Koppen, modificado por García), Escala 1:1,000,000 México.

[redacted]

Fecha de elaboración: 10- Octubre-2025

Clima

265,000 267,500 270,000

1,792,500 1,790,000 1,787,500

N W E S

Sistema Ambiental (SA)

Qhoal Aluvial

TmGd-Gr Granodiorita-Granito

Qholi Litoral

Qhoal Aluvial



GEOLOGÍA

Clave, litología

- Qhoal, Aluvial
- Qholi, Litoral
- TmGd-Gr, Granodiorita-Granito

Escala númerica 1:25,000

0 625 1,250 2,500 m

Marina
Secretaría de Marina

Ampliación de patios de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca.

Localización Estatal



Simbología

- Área sujeta a Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF)
- Polígono general del proyecto
- Sistema Ambiental (SA)

Datos cartográficos

Sistema de coordenadas: UTM Zona 15 N
Datum: WGS 84
Fuente: Carta Geológico - Minera "Juchitán E15-10 D 15-1", Esc. 1:250000, Año 2000, Servicio Geológico Mexicano (SGM).
[redacted]
Fecha de elaboración: 10- Octubre-2025

Geología

265,000 267,500 270,000

1,792,500 1,790,000 1,787,500

N W E S

LP Leptosol

TC Technosol

PH Phaeozem

LV Luvisol

Sistema Ambiental (SA)

LP Leptosol

PH Phaeozem

LP Leptosol



EDAFOLOGÍA
- AR, Arenosol
- LP, Leptosol
- LV, Luvisol
- PH, Phaeozem
- TC, Technosol

Escala númerica 1:25,000

0 625 1,250 2,500 m

Marina
Secretaría de Marina

Ampliación de patios de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca.

Localización Estatal



Simbología

- Área sujeta a Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF)
- Polígono general del proyecto
- Sistema Ambiental (SA)

Datos cartográficos

Sistema de coordenadas: UTM Zona 15 N

Datum: WGS 84

Fuente: Conjunto de datos vectorial edafológico. Escala 1:250 000 Serie III (INEGI), 2024.

Fecha de elaboración: 10- Octubre-2025

Edafología

265,000

267,500

270,000

1,792,500

1,790,000

1,787,500

N

W

E

S

Acuífero Tehuantepec

Sistema Ambiental (SA)

1.22 km



HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

Acuífero Tehuantepec

Aprovechamiento subterráneo de uso agrícola

Escala númerica 1:25,000

0 625 1,250 2,500 m

Marina
Secretaría de Marina

Ampliación de patios de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca.

Localización Estatal



Simbología

- Área sujeta a Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF)
- Polígono general del proyecto
- Sistema Ambiental (SA)
- Distancia al proyecto

Datos cartográficos

Sistema de coordenadas: UTM Zona 15 N
Datum: WGS 84
Fuente:Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) Localizador REPDA de Aguas Nacionales, Zonas Federales y Descargas de Aguas Residuales, 2019.
[redacted]
Fecha de elaboración: 10- Octubre-2025

Hidrología subterránea

265,000 267,500 270,000

1,792,500 1,790,000 1,787,500

N W E S

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN

- AH, Asentamientos
- H2O, Cuerpo de Agua
- VSA/SBC, Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Caducifolia
- VSa/SBC, Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia
- VSa/SBK, Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Espinosa Caducifolia

Sistema Ambiental (SA)

AH

VSa/SBK

H2O

VSA/SBC

AH

VSa/SBC

AH

Escala númerica 1:25,000

0 625 1,250 2,500 m

Marina
Secretaría de Marina

Ampliación de patios de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca.

Localización Estatal



Simbología

- Área sujeta a Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF)
- Polígono general del proyecto
- Sistema Ambiental (SA)

Datos cartográficos

Sistema de coordenadas: UTM Zona 15 N

Datum: WGS 84

Fuente: Uso de suelo y vegetación, escala 1:250000, serie VII (INEGI), Año 2021.

[redacted]

Fecha de elaboración: 10- Octubre-2025

Uso de suelo y vegetación

265,000

267,500

270,000

1,792,500

1,790,000

1,787,500

N

W

E

S

SAR 5

SAR 3

SAR 4

SAR 10

SAR 9

SAR 8

SAR 7

SAR 2

SAR 6

SAR 1

Sistema Ambiental (SA)

Escala numérica 1:25,000

0 625 1,250 2,500 m

Marina
Secretaría de Marina

Ampliación de patios de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca.

Localización Estatal



Simbología

- Área sujeta a Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF)
- Polígono general del proyecto
- Sistema Ambiental (SA)
- Sitio de muestreo de flora

Datos cartográficos

Sistema de coordenadas: UTM Zona 15 N

Datum: WGS 84

Fuente: Elaboración propia

[redacted]

Fecha de elaboración: 20- Octubre-2025

Sitios de muestreo de flora en el Sistema Ambiental (SA)

265,000

267,500

270,000

1,792,500

1,790,000

1,787,500

N

W

E

S

SAR_3 CAM

TRANS_3

P3_Obs

P2_Obs

TRANS_2

SAR_2 CAM

P4_Obs

TRANS_4

SAR_4 CAM

TRANS_1

SAR_1 CAM

P1_Obs

Sistema Ambiental (SA)

Escala númerica 1:25,000

0 625 1,250 2,500 m

Marina
Secretaría de Marina

Ampliación de patios de maniobras para el almacenamiento del puerto de Salina Cruz, Oaxaca.

Localización Estatal



Simbología

- Área sujeta a Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF)
- Polígono general del proyecto
- Sistema Ambiental (SA)

Muestreo de fauna

- Puntos de muestreo avifauna
- Cámara trampa
- Transecto

Datos cartográficos

Sistema de coordenadas: UTM Zona 15 N

Datum: WGS 84

Fuente: Elaboración propia

[redacted]

Fecha de elaboración: 20- Octubre-2025

Sitios de muestreo de fauna en el Sistema Ambiental (SA)