MEDIO AMBIENTE

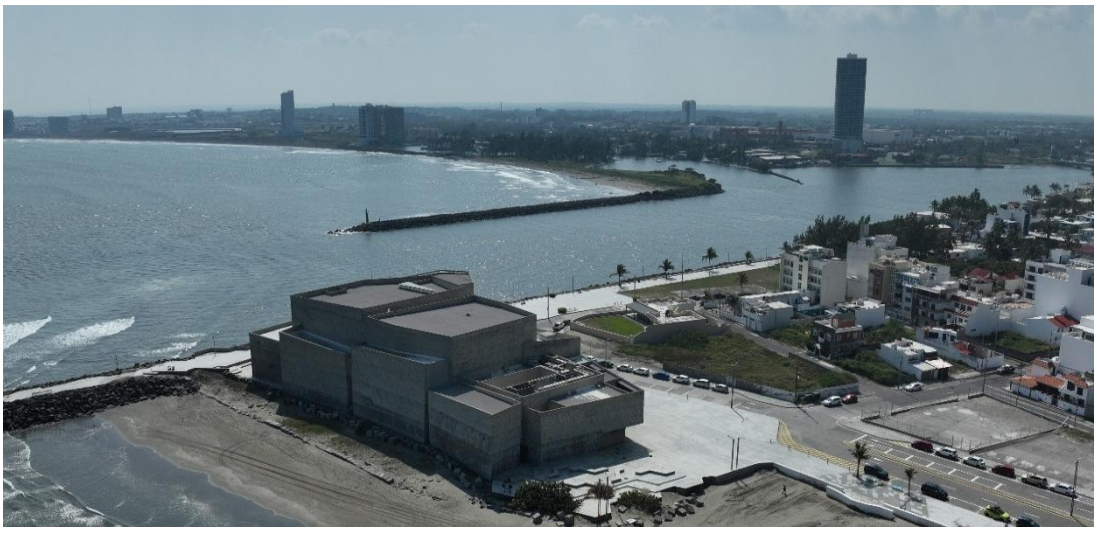
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

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

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL,

MODALIDAD REGIONAL



Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz

GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ 2024 - 2030

SIOP SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA Y OBRA PÚBLICA

Secretaría de Infraestructura y Obras Públicas del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave (SIOP).

Capítulo I

Mayo, 2026.

Contenido

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL. 2

I.1. Nombre del proyecto. 2

I.2. Ubicación del proyecto. 2

I.3. Duración del proyecto. 4

I.2. Datos generales del promovente 4

I.2.1. Nombre o razón social 4

1.2.2. Registro Federal de Contribuyentes del promovente 4

1.2.3. Nombre y cargo del representante legal 4

I.2.4. Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones 4

I.2.5. Nombre del responsable técnico del estudio 5

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL PUENTE EN BOCA DEL RÍO-ALVARADO, VERACRUZ

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

I.1. Nombre del proyecto.

"Construcción y Operación del Puente en Boca del Río – Alvarado. Veracruz"

I.2. Ubicación del proyecto.

Municipios Boca del Rio y Alvarado, Veracruz.

Este proyecto se compone de dos tramos, el primero siendo el Tramo C y que será un puente que permitirá cruzar sobre la desembocadura del Río Jamapa, para posteriormente dar continuidad con el Tramo D que será una vialidad o corredor a lo largo de la zona costera conocida como la Riviera Veracruzana.

Las obras se localizan regionalmente en la zona costera central del estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, dentro de los municipios de Boca del Río y Alvarado. Particularmente, el proyecto del puente inicia en el boulevard Vicente Fox ubicado en Boca del Río, cruzando el Río Jamapa y continuando con la vialidad que se situará sobre la franja litoral que bordea la Riviera Veracruzana del municipio de Alvarado. Las coordenadas extremas del eje del proyecto son al Noroeste (Inicio del tramo C) Latitud 19° 6'18.42"N y Longitud 96° 5'58.65"O y el Sureste (Fin del tramo D) Latitud 19° 5'16.28"N y Longitud 96° 5'42.85"O. En las siguientes figuras se muestra la ubicación regional y particular del proyecto.

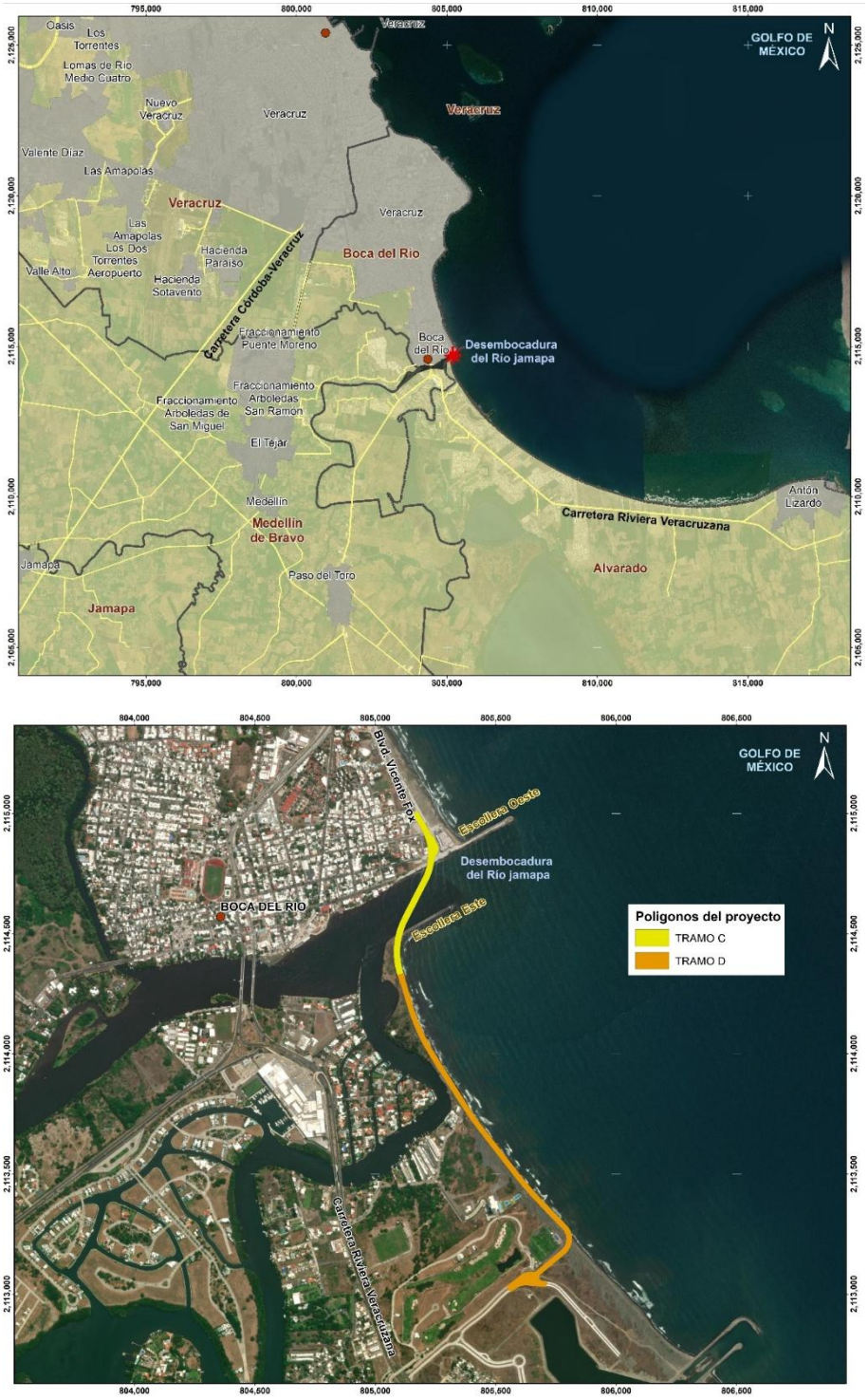


Figura 1. Ubicación del Proyecto.

I.3. Duración del proyecto.

La etapa de construcción de las obras del proyecto se llevará a cabo en 36 meses, la etapa de operación se contempla tenga una vida útil de 50 años.

I.2. Datos generales del promovente

I.2.1. Nombre o razón social

Secretaría de Infraestructura y Obras Públicas del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave).

1.2.2. Registro Federal de Contribuyentes del promovente

SCE000520HU0

1.2.3. Nombre y cargo del representante legal

Héctor Gustavo Ruiz Monjaraz
Subsecretario de Obras Públicas y Comunicaciones de la Secretaría de Infraestructura y Obras Públicas del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave

I.2.4. Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones

[redacted]

I.2.5. Nombre del responsable técnico del estudio

ARGO CONSULTORES AMBIENTALES S.A DE C. |

[redacted]4

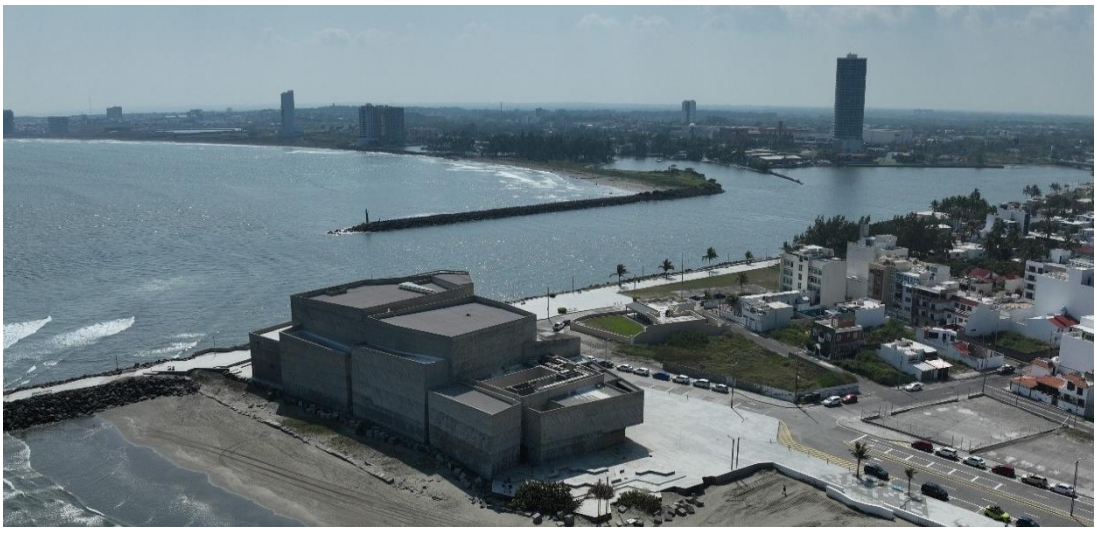
RESPONSABLE TÉCNICO:

José Isaac Ramírez Macías

Ced. Profesional: 4488261

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL,

MODALIDAD REGIONAL



Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz

GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ 2024 - 2030

SIOP SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA Y OBRA PÚBLICA

Secretaría de Infraestructura y Obras Públicas del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave (SIOP).

CAPÍTULO II

Mayo, 2026.

Contenido

II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y, EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO. 2

II.1. Información general del proyecto, plan o programa. 2

II.1.1. Naturaleza del proyecto, plan o programa. 2

II.1.2. Justificación. 2

II.1.3. Ubicación física y dimensiones del proyecto. 11

II.1.4. Inversión requerida 16

II.2. Características particulares del proyecto, plan o programa. 17

II.2.1. Programa de trabajo 24

II.2.2. Preparación del sitio y construcción. 25

II.2.3. Operación y mantenimiento. 43

II.2.4. Desmantelamiento y abandono de las instalaciones. 43

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL PUENTE EN BOCA DEL RÍO-ALVARADO, VERACRUZ

II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y, EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO.

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

II.1.1. Naturaleza del proyecto, plan o programa.

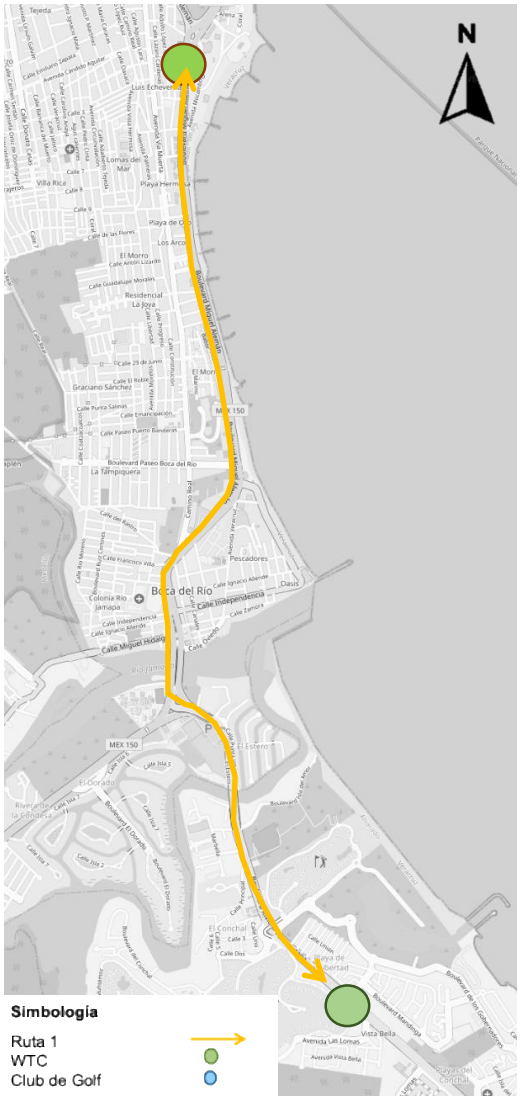
El proyecto consiste en la construcción y operación de infraestructura vial primaria integrada por un puente vehicular sobre la desembocadura del río Jamapa y una vialidad costera de conexión hacia el municipio de Alvarado. Su finalidad es generar una alternativa de movilidad entre Boca del Río y la Riviera Veracruzana, mejorar la conectividad intermunicipal, redistribuir el tránsito regional y fortalecer la articulación funcional de la zona conurbada Veracruz–Boca del Río–Alvarado.

El proyecto comprende dos componentes principales: el Tramo C, correspondiente al puente vehicular sobre el río Jamapa, y el Tramo D, correspondiente a la vialidad costera que dará continuidad al trazo hacia el Blvd. Riviera Veracruzana. Las obras se desarrollarán dentro de los polígonos autorizados para el proyecto y su ejecución quedará sujeta a las medidas de prevención, mitigación, control y vigilancia ambiental propuestas en la presente Manifestación.

II.1.2. Justificación.

En septiembre de 2025 se llevó a cabo un estudio de aforo vehicular en la ruta que corre sobre el Blvd. Miguel Alemán en dirección Norte - Sur y Sur - Norte con una longitud

promedio de 6.5 km, pasando el entronque del World Trade Center (WTC) ubicado al Norte y hasta el Club de Golf ubicado en el Sur.



El tiempo de recorrido que se midió de Norte a Sur fue de 22 min 30 seg, mientras que de Sur a -Norte fue de 20 min 20 seg. Los tiempos expuestos para la condición actual se establecieron a partir de la toma de información de campo, durante un periodo de 1 semana en septiembre del 2025.

No obstante, al ser una sola vía de conexión entre Boca del Río y la Riviera Veracruzana, al presentarse eventos atípicos como mantenimientos a la vía, accidentes o cierres de carril por operativos de policía de tránsito, los tiempos de recorrido en el tramo aumentan de manera exponencial, rebasando los 45 min.

De acuerdo con una simulación de movilidad para el año 2035, el tramo estudiado dentro de la vialidad Blvd. Miguel Alemán, continua con la problemática antes ya mencionada, lo cual genera que en algunos puntos su recorrido se vea afectado para poder llegar al destino que se tenga, ya sea al Norte el WTC (World Trade Center) o bien al Sur el Club de Golf. Esto se ve reflejado en los tiempos de recorrido Norte – Sur de 24 min 20 seg y de Sur – Norte de 23 min 30 seg.

Con base en la simulación realizada para el horizonte 2035, se identifica un incremento aproximado del 15% en los tiempos de recorrido respecto de la condición actual. Esta condición refleja una tendencia de mayor presión sobre la vialidad existente,

particularmente por tratarse de una ruta que actualmente concentra la conectividad entre Boca del Río y la Riviera Veracruzana. En caso de mantenimiento, accidentes, cierres parciales u otras eventualidades, la ausencia de una alternativa vial puede incrementar de manera significativa los tiempos de traslado y reducir la capacidad de respuesta del sistema de movilidad regional.

Bajo este contexto, el proyecto se justifica como una alternativa de conectividad complementaria a la ruta actual, orientada a redistribuir flujos vehiculares, mejorar la continuidad operativa del corredor Boca del Río–Alvarado y reducir la vulnerabilidad funcional del sistema vial ante interrupciones temporales o condiciones de saturación.

La Ruta 2, correspondiente al proyecto sujeto a la presente evaluación, permitirá contar con un recorrido alternativo y paralelo a la Ruta 1, que actualmente constituye la conexión principal entre Boca del Río y la Riviera Veracruzana. Esta condición favorecerá la redistribución del tránsito, la reducción de dependencia de una sola vía y la articulación de la movilidad regional con vialidades existentes como el Blvd. Miguel Alemán, el Blvd. Vicente Fox Quesada y el Blvd. Riviera Veracruzana.



Figura 1 Ruta de conexión actual entre Veracruz y Boca del Río (izq.) y la ruta de conexión proyectada (der.). Fuente: Elaboración propia.

Esta ruta se incorporará al Blvd. Miguel Alemán por la vialidad Vicente Fox para realizar la conexión de Veracruz y Boca del Rio, a la par de poder conectar con dos puntos importantes para la región: el World Trade Center (WTC) ubicado al Norte de esta vialidad y el Club de Golf que se encuentra ubicado en el Sur. Con la implementación de este corredor, la población podrá realizar el recorrido por el malecón y conectar con colonias y

vialidades dentro de la zona sin saturar el Blvd. Miguel Alemán. El tiempo de recorrido de Norte a Sur se estima en 8 min 20 seg y el recorrido de Sur a Norte se estima en 9 min.

II.1.3.1 Beneficios del proyecto

El estudio de capacidad vial se refiere al número máximo de vehículos que pueden pasar por un tramo de vía, intersección o carril en determinadas condiciones durante un período de tiempo específico. El estudio de nivel de servicio (LOS) efectuado para un horizonte de 10 años evaluó variables como la velocidad promedio, densidad vehicular y tiempo de viaje. Se representa generalmente con letras que van desde A hasta F, siendo:

A: Fluidez total, sin demoras.

B: Buen flujo.

C: Buen flujo, algunas restricciones mínimas.

D: Condiciones aceptables, pero ya se perciben demoras.

E: Cercano a la capacidad máxima, flujo muy lento.

F: Condiciones de saturación, congestión y demoras críticas.

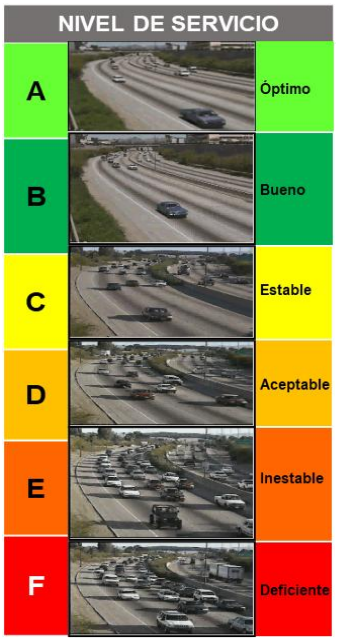


Figura 2 Rangos de nivel de servicio (LOS) calculados.

De acuerdo con los resultados del estudio de nivel de servicio, con la entrada en operación del proyecto, los niveles de servicio en un horizonte de 10 años, no muestra conflicto vehicular en las intersecciones analizada:

Nodo	Estación	SIT ACTUAL 2025	SIT FUTURA 2035	SIT FUTURA CON CRECIMIENTO, PROYECTO Y MITIGACION
AD-01	Blvd. Riviera Veracruzana – Puente Dos Riveras	A	B	A
AD-02	Blvd. Miguel Alemán - Córdoba libre	F	F	C
AD-03	Blvd. Miguel Alemán - Camino Real	F	F	D
AD-04	Blvd. Miguel Alemán - Blvd. Vicente Fox Quezada	E	E	B
AD-05	Blvd. Miguel Alemán - P. Boca del Río	D	D	C
AD-06	Federal – Ejercito Mexicano	F	F	D
AD-07	Blvd. Miguel Alemán – Miguel Hidalgo	C	C	C

Figura 3 Resultados del cálculo de servicio para los escenarios evaluados. Fuente: Elaboración propia.

En la figura siguiente se pueden visualizar los niveles de servicio calculados para la situación actual y futura del único recorrido que existe actualmente entre Veracruz y Boca del Río, así como para el proyecto "Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz". En la figura se aprecian los diferentes nodos o intersecciones analizadas, con el nivel de servicio calculado para cada una:

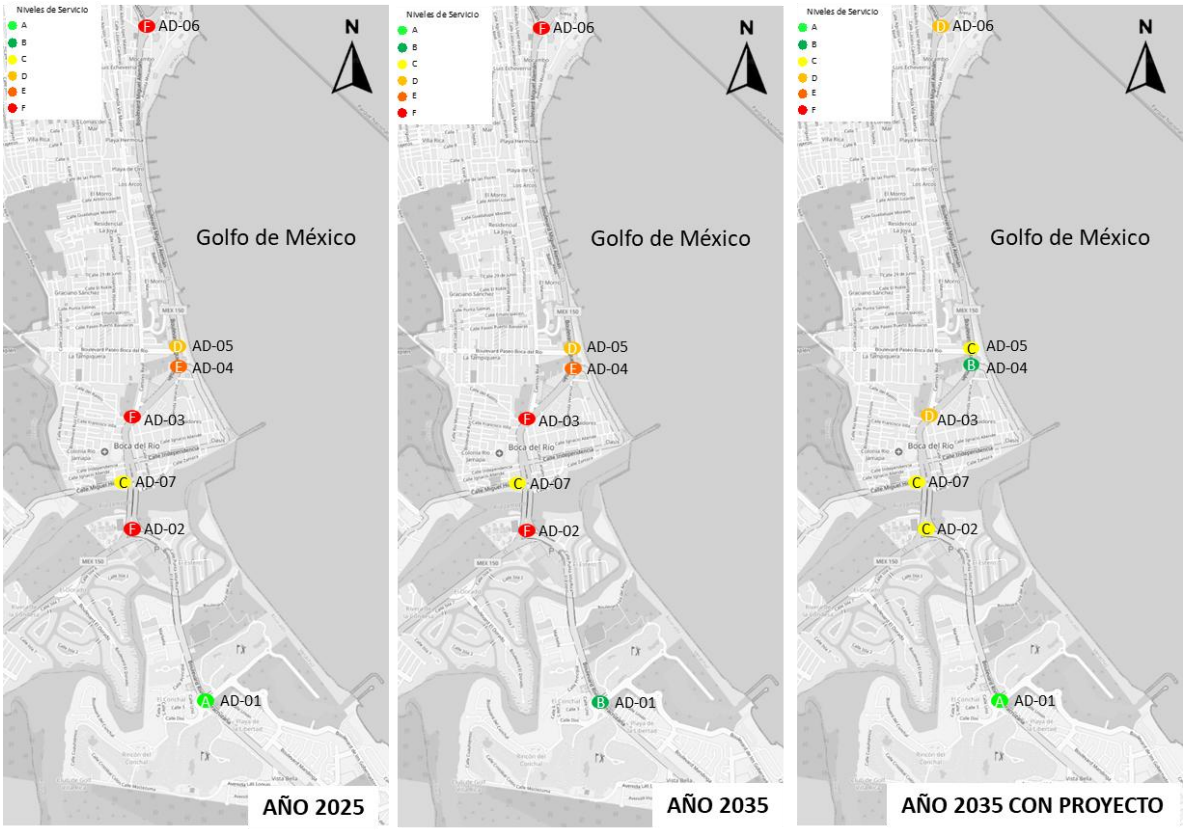


Figura 4 Niveles de servicio calculados para la situación actual, 2035 y 2035 con la puesta en operación del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, se identifican beneficios en diferentes puntos del proyecto. En la intersección denominada "El Dorado", el retorno que se realiza actualmente hacia Veracruz se reubicará, con lo cual se elimina cruces vehiculares inseguros, y permitiendo la ubicación de este retorno en 2 puntos.

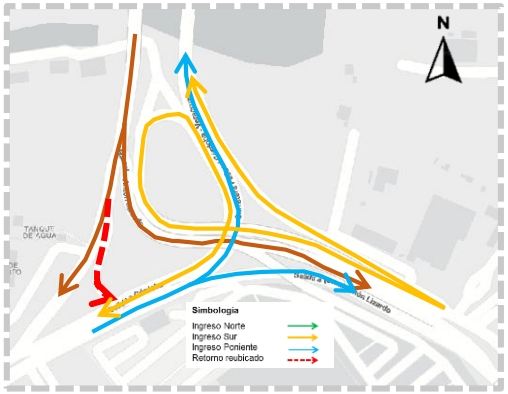


Figura 5 Solución para la intersección "El Dorado". Fuente:

El segundo punto para poder regresar hacia Veracruz se propone frente al Residencial "El Dorado" ya que se puede realizar mejoras geométricas para permitirlo, el sobre recorrido se da a una distancia de 800 m hasta el punto de retorno (1.6 km en total), realizando este recorrido en un tiempo de 3 min 40 segundos.

El punto 1 es bajo puente frente a la marina, el cual cuenta con la sección para alojar a los vehículos ligeros que deseen regresar hacia Veracruz, su sobre recorrido es de aproximadamente 750 m hasta el punto de retorno (1.5 km en total), realizando este recorrido en un tiempo de 2 min 50 seg.

Para el tramo A, se propone un puente para el giro izquierdo desde el Blvd Miguel Alemán hacia el Blvd Vicente Fox, generando un flujo continuo para este movimiento, generando un ahorro en tiempos por la no detención en las dos intersecciones semaforizadas existentes.

Adicionalmente, la solución geométrica propuesta aprovecha en este punto el espacio público existente, lo que permite reducir la necesidad de ocupación adicional de superficie. No obstante, los posibles impactos asociados con la adecuación geométrica, movilidad, tránsito temporal, paisaje, ruido y operación de la infraestructura se identifican y valoran en el Capítulo V, y serán atendidos mediante las medidas de prevención, mitigación, control y vigilancia ambiental propuestas en el Capítulo VI.



Figura 6 Puente propuesto para el giro izquierdo. Fuente: Elaboración propia.

El puente proyectado sobre el Río Jamapa ofrece una oferta (opción) adicional de conectividad entre Boca del Río y la Riviera Veracruzana, incrementando la movilidad y el turismo entre los municipios de Veracruz, Boca del Río y Alvarado. Este puente permitirá la navegación de las embarcaciones que actualmente operan en la zona.



Figura 7 Puente propuesto sobre el Río Jamapa frente al Foro boca. Fuente: Elaboración propia.

En síntesis, el proyecto "Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz" tendrá los siguientes beneficios:

Sociales	Esparcimiento urbano
• Fortalecimiento de la conectividad y accesibilidad urbana y turística • Generación de empleo directo e indirecto • Potencial de mejora de la movilidad peatonal y recreativa en el largo plazo • Fortalecimiento de la funcionalidad urbana y articulación territorial • Impulso a la economía formal y al turismo	• Mejora potencial de la accesibilidad a zonas turísticas y recreativas • Impulso potencial a actividades comerciales y de servicios • Mejora potencial de la movilidad peatonal, recreativa y de esparcimiento • Integración potencial de espacios públicos y elementos urbanos complementarios • Incorporación potencial de elementos de identidad urbana y paisajística

II.1.3. Ubicación física y dimensiones del proyecto.

El proyecto contempla la construcción y operación de infraestructura vial primaria integrada por un puente vehicular sobre la desembocadura del río Jamapa y una vialidad costera de continuidad hacia el municipio de Alvarado. El proyecto se compone de dos tramos principales: el Tramo C, correspondiente al puente que permitirá cruzar sobre la desembocadura del río Jamapa, y el Tramo D, correspondiente a la vialidad costera que dará continuidad al trazo hacia el Blvd. Riviera Veracruzana.

Las obras se localizan regionalmente en la zona costera central del estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, dentro de los municipios de Boca del Río y Alvarado. De manera particular, el proyecto inicia en el boulevard Vicente Fox Quesada, en Boca del Río, cruza la desembocadura del río Jamapa y continúa hacia el municipio de Alvarado mediante una vialidad situada sobre la franja litoral de la Riviera Veracruzana, hasta conectarse con la red vial existente.

Las coordenadas extremas del eje del proyecto son al Noroeste, en el inicio del Tramo C, Latitud 19° 6'18.42"N y Longitud 96° 5'58.65"O; y al Sureste, en el fin del Tramo D, Latitud 19° 5'16.28"N y Longitud 96° 5'42.85"O. En las siguientes figuras se muestra la ubicación regional y particular del proyecto.



Figura 8 Ubicación regional del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

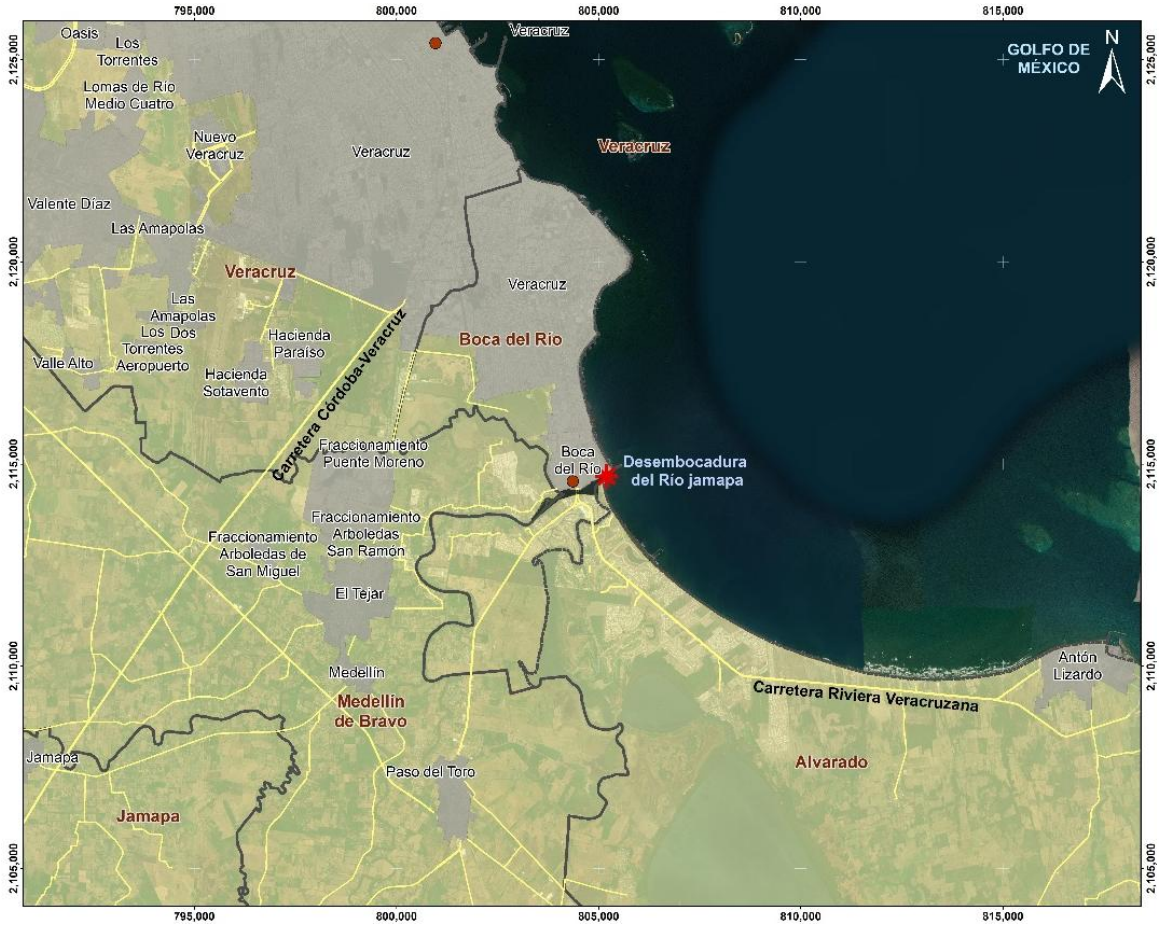


Figura 9 Ubicación particular del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

Ambos tramos se conectarán con vialidades existentes. El trazo inicia al Noroeste sobre el boulevard Vicente Fox Quesada, frente al Foro Boca, para cruzar la desembocadura del río Jamapa mediante un puente vehicular. Posteriormente, el puente se integra al sector de Isla del Amor, en la margen Este de las escolleras, y continúa mediante una vialidad costera hacia el Sureste, hasta conectarse con un circuito vial que posteriormente enlaza con el Blvd. Riviera Veracruzana.

La ejecución de las obras deberá mantenerse dentro de los polígonos autorizados del proyecto y considerar la presencia de componentes sensibles del entorno, tales como la desembocadura del río Jamapa, la franja litoral, la playa, esteros, vegetación costera, individuos de mangle, fauna silvestre, cangrejo azul, aves rapaces, paisaje y zonas de uso social, turístico y recreativo.



Figura 10 Polígonos envolventes del proyecto: Tramo C en color amarillo y Tramo D en color naranja. Fuente: Elaboración propia.

La superficie envolvente considerada para las obras del Tramo C es de 20,476.55 m², mientras que la superficie envolvente requerida para el Tramo D es de 43,050.94 m². Por lo tanto, la superficie total considerada para efectos de la evaluación de impacto ambiental del proyecto es de 63,527.49 m².

En las siguientes tablas se presentan los vértices y coordenadas de cada uno de los polígonos envolventes de los tramos que integran las obras del proyecto. Debido a la presencia de curvas en el trazo, en las tablas se indican los vértices principales, mientras que el archivo anexo correspondiente incluye la totalidad de vértices que conforman dichas curvas.

Tabla 1 Vértices y coordenadas de la poligonal envolvente de las obras del Tramo C

Vértice	Coordenadas UTM Zona 14N	
	X	Y
1	805,243.055	2,114,793.894
2	805,257.651	2,114,833.912
3	805,257.816	2,114,870.742
4	805,241.291	2,114,907.192
5	805,235.797	2,114,904.775
6	805,214.795	2,114,945.831
7	805,175.627	2,115,011.039
8	805,154.612	2,114,998.920
9	805,191.626	2,114,933.018
10	805,195.520	2,114,733.138
11	805,110.415	2,114,566.746
12	805,088.925	2,114,335.276
13	805,091.380	2,114,328.057
14	805,116.977	2,114,335.619
15	805,114.818	2,114,342.925
16	805,134.507	2,114,554.556
17	805,141.242	2,114,567.724
18	805,219.558	2,114,720.843

Tabla 2 Vértices y coordenadas de la poligonal envolvente de las obras del Tramo D

Vértice	Coordenadas UTM Zona 14N	
	X	Y
1	805,579.096	2,113,059.642
2	805,599.104	2,113,077.112
3	805,602.647	2,113,080.248
4	805,656.932	2,113,092.947
5	805,666.697	2,113,096.587
6	805,772.016	2,113,184.882
7	805,776.613	2,113,271.402
8	805,676.878	2,113,374.891
9	805,570.705	2,113,497.621
10	805,434.965	2,113,672.716
11	805,351.707	2,113,791.485
12	805,229.016	2,113,985.767
13	805,131.310	2,114,201.505
14	805,110.719	2,114,271.207

15	805,091.380	2,114,328.057
16	805,116.977	2,114,335.619
17	805,122.779	2,114,315.977
18	805,133.256	2,114,277.865
19	805,153.847	2,114,208.163
20	805,248.886	2,113,998.314
21	805,371.486	2,113,804.176
22	805,453.567	2,113,687.077
23	805,589.278	2,113,512.019
24	805,693.799	2,113,391.199
25	805,793.535	2,113,287.709
26	805,787.113	2,113,166.873
27	805,684.035	2,113,080.457
28	805,680.460	2,113,072.653
29	805,680.510	2,113,069.100
30	805,692.336	2,113,056.499
31	805,711.995	2,113,054.972
32	805,710.020	2,113,029.767
33	805,628.659	2,113,036.087
34	805,584.427	2,113,024.142
35	805,561.278	2,113,008.136
36	805,542.992	2,113,034.579

II.1.4. Inversión requerida

La inversión total estimada para el desarrollo del proyecto denominado "Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz." asciende a **$1,900,000,000.00 (mil novecientos millones de pesos 00/100 M.N.)**.

El monto destinado a acciones ambientales corresponde aproximadamente al 1% de la inversión total estimada del proyecto. Este recurso se orientará a la implementación, seguimiento y documentación de las medidas ambientales previstas, incluyendo supervisión ambiental, manejo de residuos, control de sedimentos, prevención de derrames, protección de cuerpos de agua, seguimiento de fauna, vigilancia de ejemplares de mangle, seguimiento preventivo del cangrejo azul, monitoreo de aves rapaces, integración paisajística y demás acciones asociadas al Programa de Vigilancia Ambiental.

No se considera una etapa de abandono en sentido estricto, debido a que el proyecto corresponde a infraestructura vial permanente. En consecuencia, las actividades posteriores a la construcción se relacionarán principalmente con operación, conservación, mantenimiento periódico y cumplimiento de las medidas ambientales aplicables durante la vida útil de la obra.

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

a) Categoría o clasificación del tipo de proyecto

a) Categoría o clasificación del tipo de proyecto

El proyecto consiste en la construcción y operación de infraestructura vial primaria integrada por un puente vehicular sobre la desembocadura del río Jamapa y una vialidad costera de conexión hacia el municipio de Alvarado, en el estado de Veracruz de Ignacio de la Llave.

Por sus características, el proyecto se clasifica como una vía general de comunicación terrestre, conforme al artículo 28, fracción I, de la LGEEPA, e incluye una obra especial correspondiente al puente vehicular sobre el río Jamapa. Asimismo, corresponde a un proyecto de interconectividad regional orientado a mejorar la movilidad entre Boca del Río, la Riviera Veracruzana y Alvarado.

El proyecto se considera una obra estratégica de movilidad urbana, turística y regional, en la medida en que proporciona una alternativa de conectividad a la vialidad existente y favorece la redistribución del tránsito en la zona conurbada Veracruz–Boca del Río–Alvarado. Su ejecución deberá mantenerse dentro de los polígonos autorizados y sujetarse a las medidas de prevención, mitigación, control y vigilancia ambiental previstas en la presente Manifestación.

b) Dimensiones

TRAMO C- PUENTE

El puente se desarrollará sobre la desembocadura del río Jamapa y el sistema lagunar asociado, constituyendo el elemento estructural principal del proyecto.

- Longitud total: 700 m, iniciando en el cadenamiento 0+900 y terminando en el 1+600.
- Ancho de calzada: **27 m**
- Ancho total: incluye calzada para cuatro carriles, banquetas y elementos de seguridad
- Número de carriles: **2 carriles por sentido**
- Banquetas: 5 m a ambos lados
- Separador central: 1 m

TRAMO D- VIALIDAD

La vialidad se desarrollará a lo largo del corredor costero, conectando zonas urbanizadas con áreas en proceso de desarrollo.

- Longitud total: 1,720 m, iniciando el cadenamiento 1+600 y terminando en el 3+250.
- Ancho de calzada: 23.5 m
- Ancho total incluye: calzada para cuatro carriles, banquetas y elementos de seguridad
- Número de carriles: **2 carriles por sentido**
- Separador central: 1.5 m
- Ancho de corona: incluye acotamientos y elementos complementarios
- Ancho de línea de ceros: variable conforme a condiciones topográficas
- Banquetas: 3 m lado estero y 5 m lado playa

c) Recorrido, trazo y secciones

El proyecto inicia en la zona urbana de Boca del Río, particularmente en el Boulevard Miguel Alemán y su conexión con el Boulevard Vicente Fox Quesada (malecón costero), donde existe alta concentración de servicios turísticos y actividad urbana.

Posteriormente se desarrolla paralelo a la franja costera, en un entorno de alto valor paisajístico. Cruza el río Jamapa mediante el puente vehicular y continúa hacia el municipio

de Alvarado, donde se presentan condiciones de menor densidad urbana zona de playa incluyendo en el Boulevard Riviera Veracruzana, integrándose a la red vial existente.

Las secciones tipo consideran:

- Calzada vehicular
- Acotamientos
- Banquetas (en zonas urbanas y en el puente)
- Cunetas y obras de drenaje

d) Ubicación y distribución de la infraestructura carretera

El proyecto se ubica en la región costera central del estado de Veracruz, dentro de los municipios de Boca del Río y Alvarado, en una franja litoral colindante con el Golfo de México.

La distribución de la infraestructura incluye:

- Puente vehicular sobre el río Jamapa
- Ampliación y adecuación de vialidad costera
- Conexión con vialidades existentes
- Integración con zonas urbanas, turísticas y de expansión urbana

Se identifican tres contextos principales:

- Zona urbana consolidada (Boca del Río)
- Zona costera turística (malecón y playas)
- Zona de transición y expansión urbana (hacia Alvarado)

e) Dimensiones de derecho de vía

En zonas urbanas podrá ser más restringido, mientras que en zonas de expansión se prevé mayor disponibilidad de espacio

Incluye el espacio necesario para:

- Calzada
- Banquetas
- Obras de drenaje
- Taludes y elementos de contención

f) Características del camino

Sección transversal

- Calzada: Cuatro carriles de circulación (dos por cada sentido).
- Banquetas: en zonas urbanas y puente
- Acotamientos: en tramos abiertos
- Corona: variable según diseño

Drenaje

- Cunetas en tramos de vialidad
- Obras de drenaje transversal
- Integración con sistema hidráulico existente
- Cruce principal sobre el río Jamapa

Taludes

- Adaptados a condiciones de terreno costero
- Estabilización en zonas de relleno o corte

Tipo de pavimento

- Pavimento flexible (asfáltico)
- Estructura compuesta por subrasante, subbase, base y carpeta de rodadura

Parámetros geométricos

- Velocidad de diseño acorde a entorno urbano–turístico
- Pendientes controladas para garantizar seguridad
- Curvaturas adaptadas al trazo costero

Parámetros de operación

a) Capacidad operativa

El proyecto está diseñado para:

- Reducir la saturación de vialidades existentes

- Mejorar la movilidad intermunicipal
- Atender demanda creciente de tránsito

b) Flujos o tránsito promedio y máximo diarios

El proyecto responde a:

- Alta demanda vehicular en zonas urbanas
- Incremento de flujo por actividad turística
- Tránsito intermunicipal Boca del Río–Alvarado

c) Tipo de vehículos

Permitirá la circulación de:

- Vehículos particulares
- Transporte de pasajeros
- Vehículos de servicios y carga ligera

d) Velocidad máxima de circulación

- Ajustada a condiciones urbanas y de seguridad
- Menor en zonas turísticas y en el puente
- Mayor en tramos de conexión intermunicipal



Figura 11 Planta del Tramo C (Puente) del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

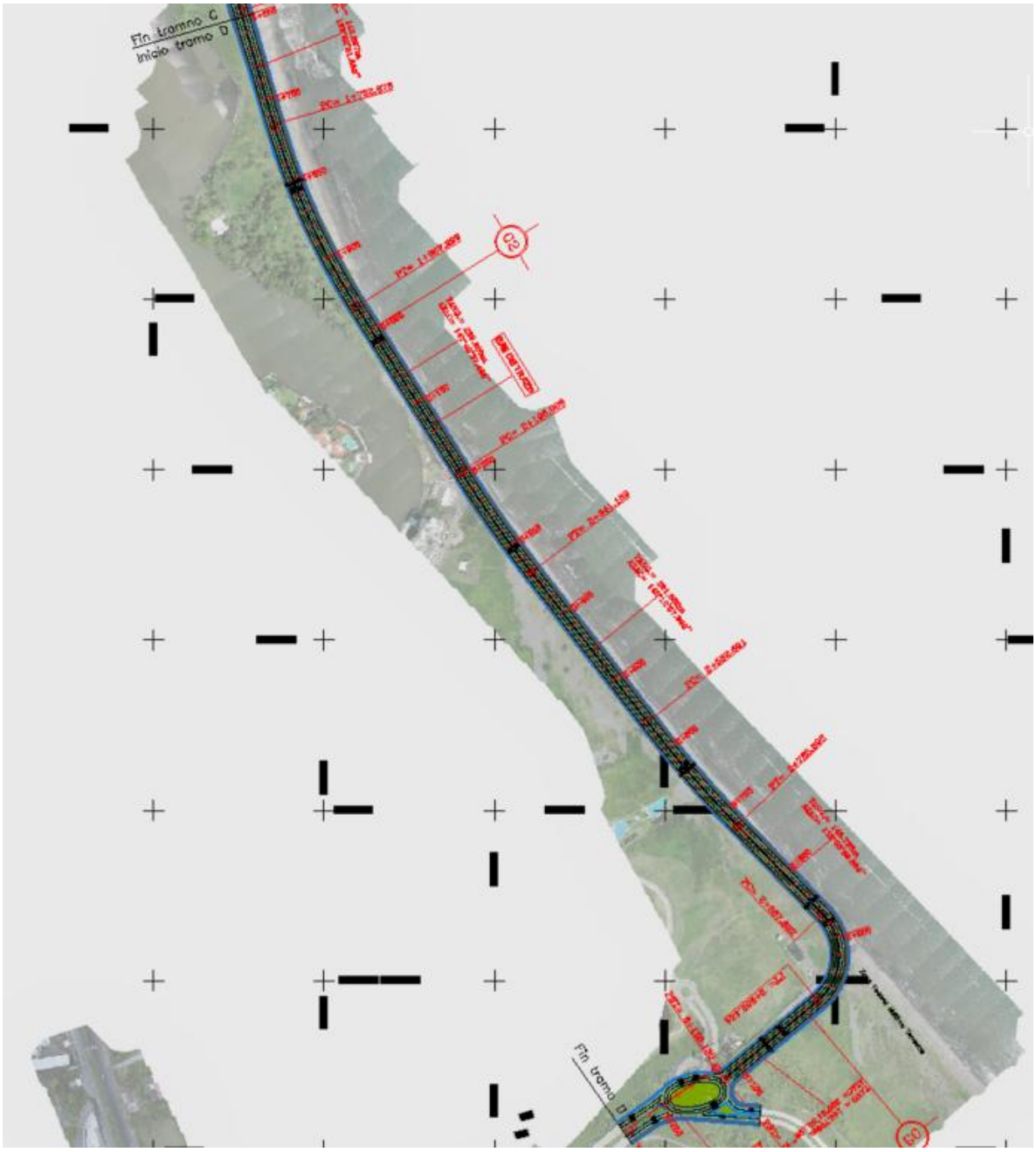


Figura 12 Planta del Tramo D (vialidad) del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

II.2.1. Programa de trabajo

La etapa de construcción de las obras del proyecto se llevará a cabo en 36 meses, de acuerdo con los siguientes programas de obra para cada uno de los tramos que abarca el proyecto.

Tabla 3 Programa de trabajo para la etapa de construcción del puente (Tramo C)

ACTIVIDAD/MESES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
PREELIMINARES																																				
Ingenierias preliminares																																				
Habilitación de campamentos, bodegas, patios																																				
Ubicación de bancos de nivel y puntos de referencia																																				
Delimitación de la obra (cerramientos)																																				
Implementación del Plan de manejo de tránsito (cierre de vías)																																				
Localizacion de los ejes del proyecto																																				
Ubicación de pilas, estribos y apoyos sobre el lado tierra																																				
Despalme y limpieza de terreno																																				
CIMENTACIONES																																				
Traslado de maquinaria y equipo																																				
Encofrados para cimentación en lado mar																																				
Vaciado de encofrado																																				
Perforaciones para cimentación																																				
Cimbrado para pilotaje																																				
Instalación de cabezales																																				
Desencofrado																																				
COLUMNAS																																				
Habilitado de acero de zapatas																																				
Colado de zapatas																																				
Construcción de columnas y apoyos																																				
Integración de cabezales para soporte																																				
SUPERESTRUCTURA																																				
Izado de las trabes																																				
Construcción de losa de concreto																																				
Instalación de elementos urbanisticos (pasamanos, banquetas, descansos)																																				
Inspección y pruebas de resistencia																																				
ACABADOS																																				
Pintura																																				
Señaletica																																				
Iluminación																																				
RETIRO DE OBRA																																				
Retiro de maquinaria y equipo																																				
Deshabilitado de campamentos, bodegas, patios																																				
Limpieza de áreas de trabajo																																				

Tabla 4 Programa de trabajo para la etapa de construcción de la vialidad (Tramo D)

ACTIVIDAD/MESES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
PREELIMINARES																																				
Habilitación de campamentos, bodegas, patios																																				
Ubicación de bancos de nivel y puntos de referencia																																				
Delimitación de la obra (cerramientos)																																				
Localizacion de los ejes del proyecto																																				
Despalme y limpieza de terreno																																				
TABLAESTACADO																																				
Preparación y replanteo																																				
Izado y colocación																																				
Anclajes y refuerzos																																				
TERRACERIAS Y RELLENOS																																				
Acarreos																																				
Tendido y conformación (capas menores a 30 cm)																																				
Compactación																																				
Tratamiento superficial por humedad																																				
Nivelación y alcance de subrasante																																				
PASOS DE FAUNA																																				
Localización de pasos de fauna																																				
Construcción de pasos de fauna Tipo box culvert en concreto																																				
CAPAS DE ESTRUCTURA																																				
Subrasante																																				
Subbase																																				
Base																																				
Carpeta de rodadura																																				
BANQUETAS																																				
Base																																				
Conformación de banquetas																																				
INSTALACIONES																																				
Eléctricas																																				
Red de drenaje pluvial																																				
ACABADOS																																				
Pintura																																				
Señaletica																																				
Iluminación																																				
RETIRO DE OBRA																																				
Retiro de maquinaria y equipo																																				
Deshabilitado de campamentos, bodegas, patios																																				
Limpieza de áreas de trabajo																																				

Por otra parte, la etapa de operación del proyecto abarca desde el mes 36 en adelante, teniendo una vida útil de 50 años.

II.2.2. Preparación del sitio y construcción.

II.2.2.1 ACTIVIDADES PREELIMINARES (Aplicable a Tramo C y D)

a) Ingenierías preliminares.

Previo al inicio de las actividades constructivas se realizarán los estudios y trabajos de ingeniería necesarios verificar las características técnicas del proyecto, así como para establecer los procedimientos constructivos, dimensiones, materiales y medidas de seguridad que deberán aplicarse durante su ejecución.

Esta actividad comprenderá trabajos de campo, gabinete y laboratorio. Los trabajos de gabinete, diseño, procesamiento de información y análisis de muestras se desarrollarán fuera del sitio de la obra, en oficinas, laboratorios y establecimientos especializados. Dentro del área del proyecto únicamente se efectuarán los levantamientos, inspecciones, sondeos, mediciones y toma de muestras estrictamente necesarios.

b) Habilitación de campamentos, bodegas y patios de maniobras

Consiste en la instalación de infraestructura temporal necesaria para la ejecución del proyecto, incluyendo áreas administrativas, almacenes de materiales, patios de maquinaria y zonas de resguardo. Estas áreas serán ubicadas en sitios previamente seleccionados para minimizar afectaciones ambientales, preferentemente en zonas ya impactadas o con baja cobertura vegetal. Incluye:

- Nivelación del terreno
- Instalación de estructuras provisionales (oficinas, sanitarios, almacenes)
- Ubicación de bancos de nivel y puntos de referencia

c) Ubicación de bancos de nivel y puntos de referencia

Se establecerán puntos geodésicos de control (bancos de nivel) que permitirán asegurar la correcta ejecución altimétrica y planimétrica del proyecto. Incluye:

- Levantamiento topográfico de precisión
- Referenciación en coordenadas UTM
- Marcaje físico permanente

d) Delimitación del área de obra (cerramientos)

Se realizará el señalamiento y confinamiento del polígono de obra mediante cercas, malla ciclónica, señalización preventiva y dispositivos de control de acceso. El objetivo de esta actividad es evitar el ingreso de personal no autorizado, prevenir accidentes y limitar la afectación ambiental al área autorizada.

e) Implementación del Plan de Manejo de Tránsito (PMT)

Esta actividad solo se hará en el tramo C (puente) ya que se aplica principalmente en zonas con vialidades existentes, e incluye:

- Señalización temporal (horizontal y vertical)
- Desvíos provisionales
- Control de flujo vehicular
- Coordinación con autoridades locales

f) Localización de ejes del proyecto

Consiste en el trazo en campo del eje geométrico de la vialidad y del puente, con base en planos ejecutivos. Incluye:

- Replanteo topográfico
- Colocación de estacas y referencias
- Verificación geométrica

g) Ubicación de elementos estructurales (Solo para el Tramo C – Puente)

Se realiza la localización precisa de pilas, estribos y apoyos solamente sobre la zona terrestre. Es particularmente importante para asegurar la correcta cimentación.

h) Despalme y limpieza del terreno

Consiste en la remoción de la capa superficial del suelo (materia orgánica, vegetación, residuos). Se estima un despalme aproximado de 15 a 30 cm de espesor en una superficie definida por el derecho de vía del proyecto. Incluye:

- Retiro de vegetación
- Acopio de material vegetal
- Disposición o reutilización conforme a programa ambiental

El material producto del despalme será acopiado temporalmente para su posible reutilización en actividades de restauración o conformación de taludes.

II.2.2.2 ETAPA DE CONSTRUCCIÓN – PUENTE (TRAMO C)

a) Cimentaciones del puente.

Se inicia con el traslado de maquinaria y equipo. Incluye la movilización de maquinaria pesada (perforadoras, grúas, equipo de pilotaje) hacia el sitio de obra.

Perforaciones para cimentación: Ejecución de perforaciones profundas para la colocación de los elementos de la cimentación. Incluye las siguientes características importantes:

- Uso de maquinaria especializada
- Control de verticalidad
- Extracción de material

Las perforaciones generarán material de recorte, el cual será manejado conforme a un programa de manejo de residuos. Durante esta actividad pueden generarse sólidos suspendidos, por lo que se implementarán medidas de control.

Cimbrado y encofrado para cimentación (actividad exclusiva en el mar): se hará la Instalación de moldes temporales (cimbra) en el mar para contener el concreto durante su colocación.

Vaciado de concreto en cimentación (actividad exclusiva en el mar): se hará el colado de concreto estructural en los elementos de cimentación. Incluye:

- Bombeo de concreto
- Vibrado
- Control de calidad

Instalación de cabezales: consiste en la colocación de elementos que distribuyen cargas entre la cimentación y la superestructura.

Desencofrado: Retiro de moldes una vez alcanzada la resistencia del concreto.

b) Subestructura (Columnas y apoyos)

La subestructura del puente está conformada por los elementos encargados de recibir y transmitir las cargas provenientes de la superestructura hacia la cimentación. Incluye zapatas, columnas y cabezales, cuya correcta ejecución es fundamental para garantizar la estabilidad y durabilidad de la obra.

Estas actividades se desarrollarán una vez concluidas las cimentaciones profundas, y requieren un control estricto en la calidad de los materiales y procedimientos constructivos.

Habilitado de acero de refuerzo. Incluye el corte, doblado y armado de acero estructural.

- **Habilitado de acero de refuerzo para zapatas**

El habilitado de acero consiste en el corte, doblado y armado del acero de refuerzo que será utilizado en la construcción de las zapatas y demás elementos estructurales de la subestructura. Esta actividad se realizará en sitio o en áreas previamente acondicionadas, utilizando equipo especializado como cortadoras, dobladoras y herramientas manuales. El procedimiento incluye:

- Recepción y almacenamiento de varilla de acero
- Corte conforme a longitudes especificadas en planos estructurales
- Doblado según geometría requerida
- Armado de parrillas o jaulas de refuerzo
- Colocación de separadores para garantizar recubrimientos adecuados

El acero habilitado será posteriormente colocado dentro de la cimbra de las zapatas, asegurando su correcta posición y alineación.

- **Colado de zapatas**

Las zapatas son elementos estructurales que distribuyen las cargas de las columnas hacia la cimentación, asegurando su adecuada transferencia al terreno. El proceso constructivo incluye:

- Excavación y conformación del área de desplante
- Colocación de plantilla de concreto (si aplica)
- Instalación de cimbra
- Colocación del acero de refuerzo previamente habilitado
- Verificación de niveles y alineación
- Colado de concreto hidráulico mediante bomba o canaletas
- Vibrado mecánico para eliminar vacíos
- Curado del concreto para asegurar el desarrollo de resistencia

El concreto será suministrado por planta dosificadora, cumpliendo con las especificaciones de resistencia establecidas en el diseño estructural. Las zapatas pueden ser aisladas o corridas, dependiendo del diseño del puente.

Durante esta actividad pueden generarse:

- Residuos de cimbra (madera o metálica)
- Escurrimientos de concreto fresco o lechada
- Emisiones de polvo y ruido

- **Construcción de columnas y apoyos**

Las columnas y apoyos constituyen los elementos verticales que transmiten las cargas de la superestructura hacia las zapatas. El procedimiento constructivo incluye:

- Colocación de acero de refuerzo
- Instalación de cimbra vertical
- Alineación y nivelación
- Colado de concreto hidráulico
- Vibrado y curado

Las columnas serán ejecutadas en tramos, dependiendo de su altura, asegurando la continuidad estructural mediante juntas de construcción adecuadas.

Durante esta actividad se debe garantizar:

- Verticalidad de los elementos
- Recubrimiento adecuado del acero
- Control de calidad del concreto

- **Integración de cabezales para soporte de superestructura**

Los cabezales son elementos estructurales que conectan las columnas con la superestructura del puente, distribuyendo las cargas provenientes de las trabes hacia los apoyos. Previo a su ejecución, se verificará la correcta alineación de las columnas, asegurando que los cabezales queden en posición adecuada para el montaje de las trabes. Su construcción incluye:

- Colocación de cimbra sobre columnas
- Instalación de acero de refuerzo
- Colado de concreto hidráulico
- Vibrado y curado

Adicionalmente, en los cabezales se instalarán dispositivos de apoyo (neoprenos o similares) y placas de anclaje. Estos elementos permiten la correcta transmisión de cargas y absorción de movimientos estructurales.

c) Superestructura

La superestructura del puente corresponde al conjunto de elementos estructurales encargados de transmitir las cargas de operación hacia la subestructura, garantizando la estabilidad, seguridad y funcionalidad del cruce. Esta etapa se ejecutará una vez concluidas las cimentaciones y elementos de soporte, e incluye actividades de montaje, colado, acabados e integración de elementos complementarios.

- **Izado y montaje de trabes**

El izado de trabes consiste en la colocación de los elementos estructurales principales (prefabricados o colados en sitio), los cuales conforman el sistema portante del tablero del puente. Esta actividad se realizará mediante el uso de grúas telescópicas de alta capacidad (entre 50 y 200 toneladas), dependiendo del peso y longitud de las trabes. Previo al izado, se verificará la correcta alineación y nivelación de los apoyos (neoprenos o dispositivos de apoyo), asegurando condiciones adecuadas para la transferencia de cargas. El procedimiento incluye:

- Transporte de trabes desde el sitio de fabricación o almacenamiento
- Colocación de eslingas y dispositivos de izaje
- Elevación controlada de cada trabe
- Posicionamiento preciso sobre los apoyos estructurales
- Ajuste y alineación final

Durante esta actividad se deberá considerar:

- Control de maniobras para evitar movimientos bruscos
- Restricción de áreas de trabajo por seguridad
- Supervisión constante por personal especializado

- **Construcción de losa de concreto**

Una vez colocadas las trabes, se procederá a la construcción de la losa del puente, la cual constituye la superficie de rodamiento. Esta actividad comprende:

- Colocación de cimbra o formaleta sobre las trabes
- Instalación de acero de refuerzo conforme a diseño estructural
- Colado de concreto hidráulico
- Vibrado mecánico para eliminar vacíos
- Curado del concreto para garantizar resistencia adecuada

El concreto será suministrado mediante planta dosificadora y transportado en camiones revolvedores, siendo colocado mediante bombas de concreto. El espesor de la losa dependerá del diseño estructural, comúnmente en el orden de 20 cm a 30 cm para este tipo de infraestructura.

- **Instalación de elementos urbanísticos**

Una vez concluida la estructura principal, se procederá a la instalación de elementos complementarios que permiten la funcionalidad, seguridad y accesibilidad del puente. Estos elementos incluyen a los pasamanos y barreras de protección

Se instalarán estructuras metálicas o de concreto a lo largo del puente para garantizar la seguridad de los usuarios, evitando caídas o salidas del camino.

Se construirán banquetas y guarniciones en las áreas laterales destinadas al tránsito peatonal, en caso de que el diseño lo contemple, utilizando concreto hidráulico o materiales prefabricados.

En accesos o extremos del puente se habilitarán áreas de transición y descanso entre la vialidad existente y la estructura, garantizando continuidad funcional y seguridad vial.

La instalación de estos elementos implica:

- Colocación de anclajes
- Soldadura o fijación mecánica
- Colado de elementos menores de concreto
- Acabados superficiales

- **Inspección estructural y pruebas de resistencia**

Previo a la puesta en operación del puente, se llevará a cabo un proceso de inspección y verificación estructural, con el objetivo de garantizar que la obra cumple con los criterios de diseño y seguridad. Estas acciones incluyen la inspección visual y la revisión de:

- Alineación de trabes
- Integridad de elementos estructurales
- Calidad de acabados
- Pruebas de resistencia del concreto
- Ensayos de compresión en especímenes (cilindros)
- Verificación de resistencia a la edad de diseño
- Pruebas de carga (si aplica)

Evaluación del comportamiento estructural bajo cargas controladas, simulando condiciones reales de operación.

- Revisión de apoyos y juntas
- Verificación del correcto funcionamiento de dispositivos de apoyo y juntas de expansión.

Las actividades correspondientes a la construcción de la superestructura del puente, incluyendo la colocación de trabes, losa, carpeta de rodamiento, juntas de expansión, elementos urbanísticos, señalamiento y sistemas complementarios, se ejecutarán conforme a las especificaciones técnicas del proyecto, garantizando la estabilidad estructural, funcionalidad y seguridad de la infraestructura.

II.2.2.3 ETAPA DE CONSTRUCCIÓN – VIALIDAD (TRAMO D)

a) Tablaestacado

El tablaestacado consiste en la instalación de elementos estructurales longitudinales (generalmente de acero, concreto o materiales compuestos) que se hincan en el terreno con el propósito de contener suelos, estabilizar taludes o conformar estructuras de protección en zonas hidráulicas o de transición.

Esta actividad es particularmente relevante en áreas cercanas a cuerpos de agua, zonas inundables o donde se requiere garantizar la estabilidad lateral del terreno durante y después de la construcción de la vialidad.

- **Preparación y replanteo**

Previo a la instalación del sistema de tablaestacado, se realizará el replanteo en campo con base en los planos ejecutivos del proyecto, definiendo con precisión la alineación, profundidad y geometría del sistema de contención. El procedimiento incluye:

- Levantamiento topográfico de control
- Marcaje de ejes y alineamientos mediante estacas o referencias físicas
- Verificación de niveles y pendientes

- Identificación de interferencias (infraestructura existente, servicios, condiciones del suelo)
- Limpieza superficial del área de trabajo

- **Izado y colocación (hincado de tablestacas)**

La instalación de las tablestacas se realizará mediante su izado, posicionamiento e hincado en el terreno hasta alcanzar la profundidad de diseño, garantizando su estabilidad estructural. El procedimiento contempla:

- Transporte de las tablestacas al frente de trabajo
- Colocación mediante grúa telescópica o equipo especializado
- Alineación vertical inicial con guía o bastidor
- Hincado mediante vibrador hidráulico o martillo de impacto
- Verificación continua de verticalidad y alineación
- Ensamble entre elementos mediante sistemas de unión (tipo macho-hembra o interlock)

Dependiendo de las condiciones del terreno, el hincado podrá realizarse mediante Vibrohincado, utilizando vibradores hidráulicos que reducen la fricción del suelo

- **Anclajes y refuerzos**

Una vez instaladas las tablestacas, se procederá a la implementación de sistemas de anclaje y refuerzo que permitan garantizar la estabilidad estructural del sistema de contención frente a empujes de suelo o presión hidráulica. El procedimiento incluye:

- Perforación de puntos de anclaje en el terreno
- Colocación de anclajes (tirantes, cables o barras de acero)
- Inyección de lechada de cemento para fijación
- Instalación de placas de anclaje y sistemas de tensión
- Ajuste y verificación de tensión en los elementos

En algunos casos, se podrán integrar:

- Vigas de coronamiento
- Refuerzos horizontales (arriostramientos)
- Sistemas de drenaje para aliviar presión hidráulica

Estas actividades garantizan que el sistema de tablaestacado funcione adecuadamente durante la vida útil del proyecto.

b) Terracerías y rellenos

La vialidad será construida mediante actividades de terracerías, incluyendo corte, relleno y compactación en capas. El volumen estimado de movimiento de tierras será determinado en función del perfil longitudinal del proyecto. Incluye las siguientes actividades:

- Acarreos: Transporte de material de banco o de préstamo hacia el sitio.
- Tendido y conformación: Colocación de material en capas controladas (≤30 cm).
- Compactación: La compactación se realizará en capas no mayores a 30 cm, utilizando rodillos vibratorios hasta alcanzar la densidad especificada.
- Control de humedad: Ajuste del contenido de agua para lograr compactación óptima.
- Nivelación y formación de subrasante: conformación final del terreno que soportará la estructura del pavimento.

c) Pasos de fauna

Se integrarán obras de drenaje y pasos de fauna para mantener la conectividad ecológica. Incluye las siguientes actividades:

- Localización de pasos de fauna: Identificación de sitios estratégicos para conectividad ecológica.
- Construcción de pasos tipo box culvert: Estructuras de concreto que permiten el paso de fauna y flujo hidráulico.

Es importante hacer mención que esta actividad de pasos de fauna se desarrollará a la par del tendido y conformación de las terracerías.

d) Estructura del pavimento

La estructura del pavimento está conformada por un conjunto de capas superpuestas diseñadas para distribuir las cargas vehiculares hacia el terreno natural, garantizando la estabilidad, durabilidad y funcionalidad de la vialidad.

Las capas que integran esta estructura son: subrasante, subbase, base y carpeta de rodadura, las cuales serán construidas de manera secuencial conforme a las especificaciones técnicas del proyecto.

- **Conformación de la subrasante**

La subrasante corresponde a la superficie superior del terreno natural o del material de terracería debidamente preparado, sobre la cual se apoyarán las capas estructurales del pavimento. El procedimiento constructivo incluye:

- Excavación o relleno para alcanzar el nivel de proyecto
- Escarificado del terreno natural (aproximadamente 20 cm a 30 cm)
- Homogeneización del material
- Ajuste de humedad (humectación o aireación)
- Compactación mediante rodillo vibratorio hasta alcanzar la densidad especificada (generalmente ≥ 90–95% Proctor estándar o modificado)
- Nivelación y conformación final

En caso de que el material natural no cumpla con las características requeridas, se podrá realizar sustitución o estabilización con materiales seleccionados.

- **Construcción de la subbase**

La subbase es una capa granular que se coloca sobre la subrasante, cuya función es mejorar la distribución de cargas y servir como transición entre el terreno natural y la base estructural. El procedimiento incluye:

- Acarreo de material granular (de banco autorizado)
- Extendido del material mediante motoconformadora

- Humectación para alcanzar contenido óptimo de compactación
- Compactación en capas no mayores a 20 cm – 30 cm
- Verificación de densidad y espesor conforme a especificaciones

El espesor de la subbase dependerá del diseño del pavimento y de las condiciones del terreno.

- **Construcción de la base**

La base es la capa estructural que soporta directamente la carpeta de rodadura, proporcionando resistencia y rigidez al sistema de pavimento. El procedimiento constructivo es similar al de la subbase, pero con mayores exigencias en cuanto a calidad del material y compactación:

- Acarreo de material seleccionado (material triturado o estabilizado)
- Extendido mediante motoconformadora
- Control de espesor por capas
- Humectación para alcanzar humedad óptima
- Compactación mediante rodillos vibratorios y neumáticos
- Control de calidad (densidad, granulometría, espesor)

La base debe cumplir con parámetros estrictos de resistencia y durabilidad, ya que es fundamental para el desempeño del pavimento.

- **Colocación de la carpeta de rodadura**

La carpeta de rodadura es la capa superior del pavimento, diseñada para proporcionar una superficie uniforme, resistente al desgaste y segura para el tránsito vehicular. El espesor de la carpeta dependerá del diseño estructural y del tránsito proyectado.

En caso de carpeta asfáltica el procedimiento incluye:

- Limpieza de la superficie de la base
- Aplicación de riego de liga
- Tendido de la mezcla asfáltica mediante pavimentadora
- Compactación con rodillos vibratorios y neumáticos

- Control de temperatura y densidad

En caso de concreto hidráulico:

- Colocación de formaleta
- Colado de concreto
- Vibrado
- Acabado superficial
- Curado

e) Banquetas y elementos peatonales

Las banquetas constituyen elementos complementarios de la infraestructura vial, diseñados para el tránsito peatonal seguro y ordenado, así como para delimitar la sección de la vialidad y el puente. Su construcción se realizará conforme al diseño geométrico del proyecto, considerando criterios de funcionalidad, accesibilidad y durabilidad.

- **Construcción de la base para banquetas**

La base de las banquetas corresponde a la capa de soporte sobre la cual se colocará el acabado superficial (generalmente concreto hidráulico), y tiene como función proporcionar estabilidad y evitar asentamientos diferenciales. El procedimiento constructivo incluye:

- Trazo y delimitación del área destinada a banquetas
- Excavación superficial para alojar la estructura (generalmente entre 10 y 20 cm de profundidad)
- Retiro de material inadecuado o suelto
- Colocación de material granular seleccionado (arena, grava o mezcla controlada)
- Extendido uniforme mediante herramientas manuales o equipo ligero
- Humectación para alcanzar condiciones óptimas de compactación
- Compactación mediante placa vibratoria o rodillo ligero
- Nivelación conforme a pendientes de diseño

El espesor de la base dependerá de las especificaciones del proyecto, pero comúnmente se encuentra entre 10 y 15 cm.

- **Conformación de banquetas**

Una vez preparada la base, se procederá a la conformación de las banquetas mediante la colocación del material superficial, generalmente concreto hidráulico. El procedimiento incluye:

- Colocación de formaleta lateral para definir geometría
- Instalación de acero de refuerzo (si el diseño lo requiere)
- Colado de concreto hidráulico
- Vibrado manual o mecánico
- Acabado superficial (escobillado o texturizado para evitar deslizamientos)
- Formación de pendientes para drenaje superficial
- Corte o formación de juntas de contracción
- Curado del concreto para garantizar resistencia

En algunos casos, podrán integrarse elementos adicionales como:

- Guarniciones
- Rampas para accesibilidad universal
- Elementos táctiles para personas con discapacidad visual

El espesor de las banquetas suele variar entre 8 y 12 cm, dependiendo del diseño.

f) Instalación de infraestructura complementaria

En caso de que el proyecto contemple la incorporación de infraestructura adicional asociada a la operación de la vialidad, se considerará la instalación de redes eléctricas y/o pluviales, las cuales permitirán el adecuado funcionamiento de servicios complementarios, tales como alumbrado público, manejo de aguas pluviales.

Estas instalaciones se desarrollarán de manera paralela o previa a la construcción de la estructura del pavimento, asegurando su correcta integración y evitando intervenciones posteriores.

- **Trazo, localización y replanteo de redes**

Previo a la instalación de cualquier sistema, se realizará el trazo y replanteo de las redes en campo, con base en los planos ejecutivos. El procedimiento incluye:

- Levantamiento topográfico de precisión
- Marcaje de ejes de tuberías o ductos
- Identificación de niveles y pendientes
- Verificación de interferencias con infraestructura existente
- Señalización del área de excavación

En esta etapa se definirá la profundidad de instalación, alineación y ubicación de registros, pozos de visita o bases de postes.

- **Instalación de redes eléctricas**

En caso de infraestructura eléctrica (principalmente alumbrado público), se realizará la instalación de ductos, cableado y estructuras de soporte. El procedimiento incluye:

- Colocación de ductos (tubería conduit o poliducto) dentro de la zanja
- Instalación de registros eléctricos
- Tendido de cableado eléctrico
- Colocación de bases de concreto para postes
- Montaje de postes y luminarias
- Conexión al sistema eléctrico

Las instalaciones se realizarán conforme a normatividad vigente en materia eléctrica, garantizando seguridad y funcionalidad.

II.2.2.4 ACABADOS (Aplicable a Tramo C y D)

a) Instalación de señalamiento horizontal

Con el objetivo de garantizar la seguridad vial y la correcta operación del puente, se instalarán dispositivos de señalamiento conforme a la normatividad aplicable.

El señalamiento horizontal incluye:

- Pintura de carriles
- Líneas de acotamiento
- Flechas direccionales
- Señales preventivas sobre la superficie

Se realizará mediante aplicación de pintura termoplástica o base solvente, utilizando equipos especializados.

b) Instalación de señalamiento vertical

El señalamiento vertical incluye:

- Señales preventivas
- Restrictivas
- Informativas

Las cuáles serán instaladas sobre postes metálicos anclados a la estructura o en zonas adyacentes.

c) Instalación de sistema de alumbrado

El diseño contempla alumbrado público, por lo que se instalará un sistema que permita garantizar visibilidad adecuada durante condiciones nocturnas, además de considerar criterios de eficiencia energética y direccionamiento de luz. El sistema incluye:

- Postes metálicos
- Luminarias (preferentemente tipo LED)
- Cableado eléctrico
- Bases de concreto

El procedimiento incluye:

- Excavación puntual para cimentación de postes
- Colado de bases
- Montaje de postes y luminarias
- Tendido de cableado y conexión eléctrica

II.2.2.5 RETIRO DE OBRA (Aplicable a Tramo C y D)

Finalmente, se hará el retiro de la maquinaria y equipo de manera progresiva y conforme se vayan dejando de utilizar. Posteriormente se deshabilitará la infraestructura temporal utilizada, siendo estas las áreas administrativas, almacenes de materiales, patios de maquinaria y zonas de resguardo. Se concluirá con la limpieza de todas las áreas de trabajo.

II.2.3. Operación y mantenimiento.

La etapa de operación y mantenimiento tanto del puente (Tramo C) como de la vialidad (Tramo D) consiste en las siguientes actividades generales:

- Tránsito vehicular. Una vez que se concluya la etapa de construcción se abrirá la vialidad para permitir el flujo de los vehículos.
- Mantenimiento rutinario de los acabados como pintura, señalética, luminarias, entre otros.
- Conservación estructural sobre todo de la carpeta de rodadura, banquetas, y revisión periódica de las columnas y trabes.
- Operación hidráulica y ambiental, enfocado principalmente a la inspección y limpieza de los pasos de fauna.

Estas actividades generarán impactos mínimos y serán atendidas mediante programas de mantenimiento preventivo.

II.2.4. Desmantelamiento y abandono de las instalaciones.

No se tiene contemplado la etapa de abandono y desmantelamiento de las obras tanto para el puente como la vialidad (tramos C y D), ya que, aunque se tiene contemplado

una vida útil para el proyecto de 50 años, se contempla que con los mantenimientos respectivos la obra se conserve y siga siendo funcional por mucho más tiempo.

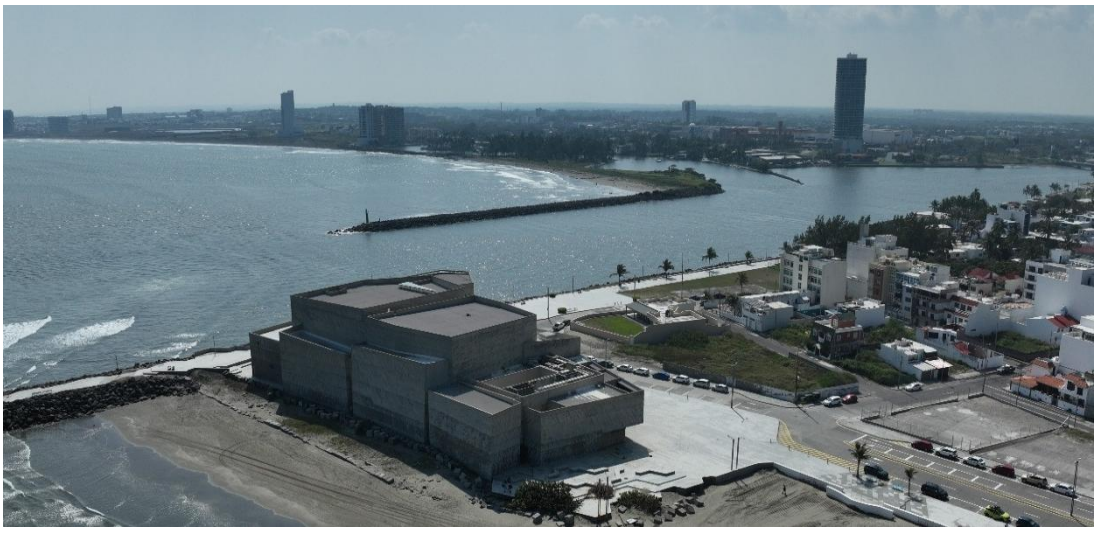
La instalación de estos elementos implica:

- Colocación de anclajes
- Soldadura o fijación mecánica
- Colado de elementos menores de concreto
- Acabados superficiales

Estas actividades generan impactos menores, principalmente asociados a ruido, emisiones y residuos de obra, los cuales serán manejados conforme al programa ambiental.

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL,

MODALIDAD REGIONAL



Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz

GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ 2024 - 2030

SIOP SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA Y OBRA PÚBLICA

Secretaría de Infraestructura y Obras Públicas del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave (SIOP).

CAPÍTULO III

Mayo, 2026.

Contenido

CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL PUENTE EN BOCA DEL RÍO-ALVARADO, VERACRUZ 2

III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES 2

III.1. Programas de ordenamiento del territorio 2

III.1.1 PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO 3

III.1.2 PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE 10

III.1.3 PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO EN EL ESTADO DE VERACRUZ 42

III.2. Decretos y programas de conservación y manejo de las áreas naturales protegidas. 43

III.2.1 Áreas Naturales Protegidas de competencia federal 44

III.2.2 Áreas Naturales Protegidas de competencia estatal 45

III.3. Planes o programas de desarrollo urbano. 46

III.3.1 Programa de Ordenamiento Urbano de la Zona Conurbada Veracruz – Boca del Río – Medellín – Alvarado, Ver 47

III.3.2 Planes Municipales de Desarrollo 48

III.4. Normas Oficiales Mexicanas. 51

III.5. Otros instrumentos a considerar: 55

III.5.1 Leyes y Reglamentos 55

III.5.2 Planes y Programas 60

III.6 Grado de Concordancia del Proyecto con las políticas e instrumentos de planeación del desarrollo de la región. 65

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL PUENTE EN BOCA DEL RÍO-ALVARADO, VERACRUZ

III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES.

En este apartado se identifican y analizan los instrumentos jurídicos, normativos, administrativos y de planeación que regulan o inciden sobre las obras y actividades que integran el proyecto "Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz". El análisis tiene como finalidad establecer la vinculación del proyecto con dichos instrumentos y determinar su congruencia con las disposiciones aplicables en materia de ordenamiento ecológico, desarrollo urbano, áreas naturales protegidas, zona costera, recursos hídricos, vegetación, fauna silvestre, especies en riesgo, manglar, residuos, emisiones, ZOFEMAT y demás componentes ambientales relevantes.

La finalidad de este Capítulo es demostrar la compatibilidad normativa y de planeación del proyecto, considerando su ubicación, características técnicas, etapas de ejecución, componentes ambientales sensibles del SAR y obligaciones ambientales aplicables. Asimismo, la vinculación aquí desarrollada permite identificar criterios normativos y condicionantes de cumplimiento que deberán ser atendidos mediante las medidas de prevención, mitigación, restauración, compensación, control y vigilancia ambiental propuestas en el Capítulo VI.

III.1. Programas de ordenamiento del territorio

En primera instancia, quedarán identificadas las unidades de gestión ambiental (UGA's) o Unidades Ambientales Biofísicas (UAB) en las que se desarrollará el proyecto en función de los Programas de Ordenamiento que inciden en la zona y, con base en el análisis de sus políticas y sus criterios, se establecerá la congruencia del mismo a partir de un análisis de cumplimiento a dicho ordenamiento.

Para cada Programa de Ordenamiento declarado en la zona en la que se pretende desarrollar el proyecto "Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz ", se determinará la congruencia del proyecto acorde a la siguiente secuencia de análisis:

1. Las unidades de gestión ambiental (UGA) en las que se desarrollará el mismo.
2. Si el proyecto es acorde con las políticas de cada UGA.
3. Concordancia con los usos permitidos y compatibles.
4. Identificación de los criterios ecológicos por UGA que le son aplicables al proyecto.

III.1.1 PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO

El Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico, en su Artículo 22, establece que el objeto del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio es llevar a cabo una regionalización ecológica del territorio nacional y de las zonas sobre las cuales la nación ejerce soberanía y jurisdicción, identificando áreas de atención prioritaria y áreas de aptitud sectorial.

Asimismo, tiene por objeto establecer los lineamientos y estrategias ecológicas necesarias para, entre otras, promover la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales; promover medidas de mitigación de los posibles impactos ambientales causados por las acciones, programas y proyectos de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal (APF); orientar la

ubicación de las actividades productivas y de los asentamientos humanos; fomentar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales; promover la protección y conservación de los ecosistemas y la biodiversidad; fortalecer el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas; apoyar la resolución de los conflictos ambientales, así como promover la sustentabilidad e incorporar la variable ambiental en los programas, proyectos y acciones de los sectores de la APF.

La zona en la que se establecerá el presente proyecto se encuentra en la Región Ecológica 18.17 y, específicamente, en Unidad Ambiental Biofísica (UAB) 75, denominada Llanura Costera Veracruzana Norte.



Figura 1 Región ecológica y Unidad Ambiental Biofísica en las que se encuentra en proyecto con base en el POEGT. Fuente: Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio

La ficha técnica de la Región Ecológica 18.17 es la siguiente:



Región Ecológica: 18.17

UAB 75. Llanura Costera Veracruzana Norte

Superficie: 18 099.28 km^2

Población: 1 871 854 habitantes

Población indígena: Chinanteca

Política ambiental: Restauración y aprovechamiento sustentable

Prioridad de atención: Muy Alta

En la tabla siguiente se presentan las características generales de la región ecológica y de la Unidad Ambiental Biofísica en las que se encuentra el proyecto sujeto a la presente Manifestación.

UAB	Rectores de Desarrollo	Coadyuvantes del Desarrollo	Asociados del Desarrollo	Otros sectores de interés	Estrategias sectoriales
75	Forestal	Agricultura Ganadería Turismo	Minería - Poblacional	PEMEX	4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 18, 21, 22, 23, 28, 29, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44

En seguida se señalan las estrategias sectoriales asignadas a la UAB 75 Llanura Costera Veracruzana Norte en relación a las obras y actividades del proyecto:

a) Tabla 3.1. Estrategias en la UAB 75 Llanura costera Veracruzana Norte

Estrategias. UAB 75	
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio	
B) Aprovechamiento sustentable	4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales. 5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios. 6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas. 7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales. 8. Valoración de los servicios ambientales.
C) Protección de los Recursos Naturales	12. Protección de los ecosistemas. 13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.
C) Protección de los Recursos Naturales	12. Protección de los ecosistemas. 13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.
D) Restauración	14. Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas.
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	15. Aplicación de los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables. 15 bis. Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable. 18. Establecer mecanismos de supervisión e inspección que permitan el cumplimiento de metas y niveles de seguridad adecuados en el sector de hidrocarburos. 21. Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo. 22. Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional. 23. Sostener y diversificar la demanda turística doméstica e internacional con mejores relaciones consumo (gastos del turista) –

Estrategias. UAB 75	
	beneficio (valor de la experiencia, empleos mejor remunerados y desarrollo regional).
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana	
C) Agua y Saneamiento	28. Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico. 29. Posicionar el tema del agua como un recurso estratégico y de seguridad nacional.
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. 34. Integración de las zonas rurales de alta y muy alta marginación a la dinámica del desarrollo nacional. 35. Inducir acciones de mejora de la seguridad social en la población rural para apoyar la producción rural ante impactos climatológicos adversos. 36. Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza. 37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas. 40. Atender desde el ámbito del desarrollo social, las necesidades de los adultos mayores mediante la integración social y la igualdad de oportunidades. Promover la asistencia social a los adultos mayores en condiciones de pobreza o vulnerabilidad, dando prioridad a la población de 70 años y más, que habita en comunidades rurales con los mayores índices de marginación. 41. Procurar el acceso a instancias de protección social a personas en situación de vulnerabilidad.
Grupo III. Dirigidas al Fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional	

Estrategias. UAB 75	
A) Marco jurídico	42. Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.
B) Planeación del Ordenamiento Territorial	43. Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos. 44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.

El proyecto sin duda abonará al cumplimiento de las estrategias sectoriales siguientes:

Estrategia	**Vinculación**
Estrategia 8: Valoración de los servicios ambientales.	Con la colocación de estructuras físicas en la zona costera, así como en la intersección entre el Río Jamapa y el Golfo de México, se prevé que de forma natural se genere una fijación progresiva de individuos de mangle. La proliferación de dichos individuos contribuirá a amortiguar la energía de las olas y reducir la altura de estructuras necesarias en el diseño de defensa (Gijón *et al*, 2024), además de fortalecer la biodiversidad y la captura de carbono (Gijsman *et al*, 2021). A diferencia de estructuras completamente artificiales, los manglares tienen capacidad de regeneración y adaptación ante condiciones cambiantes, lo que puede traducirse en menor necesidad de mantenimiento estructural (Gijsman *et al*, 2021). Esto, en adición a los ya sabidos beneficios del manglar, como convertirse en zonas de alimentación, refugio y crecimiento de juveniles de crustáceos y alevines, su papel como sistemas naturales de control de inundaciones y como barreras contra huracanes e intrusión salina, control de la erosión, así como la mejora la calidad del agua (al funcionar como filtro biológico).
22. Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional.	En la franja costera en la que se pretende desarrollar este proyecto, la vocación turística se expresa en una amplia infraestructura de hoteles, restaurantes, bares, centros nocturnos, clubes de playa y marinas deportivas, que concentran buena parte de la oferta de servicios del litoral central veracruzano (SECTUR Veracruz, 2023). La

	construcción del puente, viaductos y vialidades nuevas mejorará significativamente la conexión entre áreas residenciales, zonas turísticas, espacios recreativos y corredores económicos. A largo plazo, esto facilitará la movilidad de residentes, turistas y prestadores de servicios.
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).	Una vez concluido, el Proyecto puede aumentar la afluencia turística al mejorar la accesibilidad, acortar tiempos de traslado y favorecer la conectividad con zonas de interés cultural, recreativo y comercial. Esto podría generar derrama económica directa en hoteles, restaurantes, comercios y servicios.
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.	Al mejorar la conexión entre los municipios de Veracruz y Boca del Río, optimizando los tiempos de recorrido entre Veracruz y la Riviera Veracruzana, se favorece el desarrollo regional. Con esto, se impulsa el desarrollo social de la región con un enfoque de mediano y largo plazo, beneficiando a la población fija y al turismo del estado de Veracruz.

Adicionalmente, resaltamos que ninguna de las actividades del proyecto resulta contraponerse a las estrategias de la UAB75 ni se encontraron restricciones para su puesta en marcha.

III.1.2 PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE

El Área Sujeta a Ordenamiento Ecológico (ASO) de este Programa está integrada por dos componentes, conforme la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA):

- Área Marina, que comprende las áreas o superficies ubicadas en zonas marinas mexicanas, incluyendo zonas federales adyacentes del Golfo de México y Mar Caribe. También incluye 26 Áreas Naturales Protegidas, de competencia Federal con parte de su extensión en la zona marina.

- El Área Regional, que abarca una región ecológica ubicada en 142 municipios con influencia costera (SEMARNAT-INE, 2007) de 6 entidades federativas (Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco, Veracruz y Tamaulipas).

En conjunto, toda el ASO tienen una extensión de 995 486.2 km^2, correspondientes a 168 462.4 km^2 del componente Regional y 827 023.8 km^2 del componente Marino, como se puede ver en la siguiente Figura:



Figura 2 Área sujeta a ordenamiento en el Golfo de México. Fuente: Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe.

Modelo de Ordenamiento

Cada Unidad de Gestión Ambiental (UGA) del programa de ordenamiento incluye una ficha que contiene su toponimia, ubicación y características, como presencia de puertos y áreas de exclusión entre otros datos. Además, las fichas contienen una tabla con las acciones específicas aplicables a la UGA correspondiente.

En las fichas se utiliza la abreviatura NA para indicar que una acción no es aplicable a la UGA correspondiente. El proyecto se localiza en tres UGA diferentes, dos que corresponden a la parte terrestre en los municipios de Boca del Río y Alvarado, además de una adicional en la que se construirá el puente que cruza sobre el Río Jamapa.

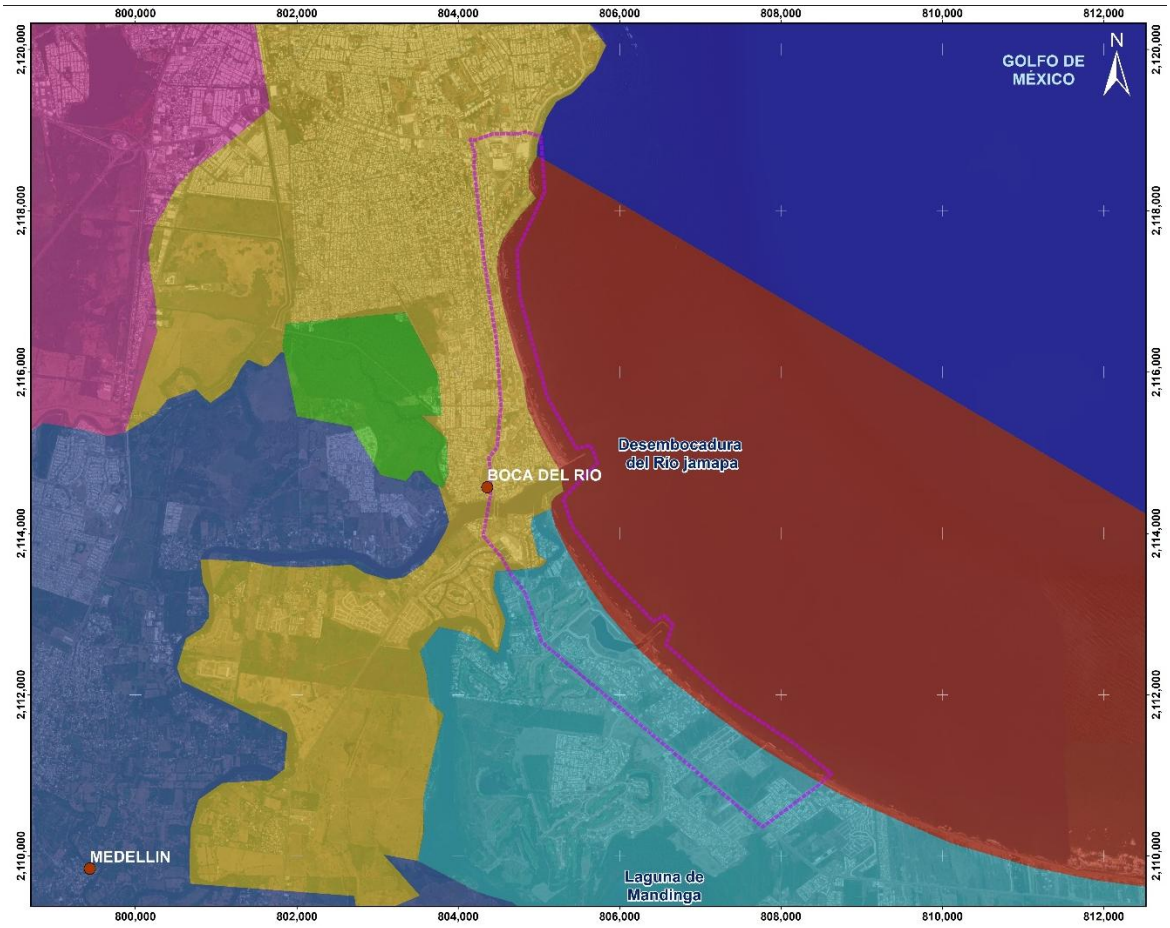


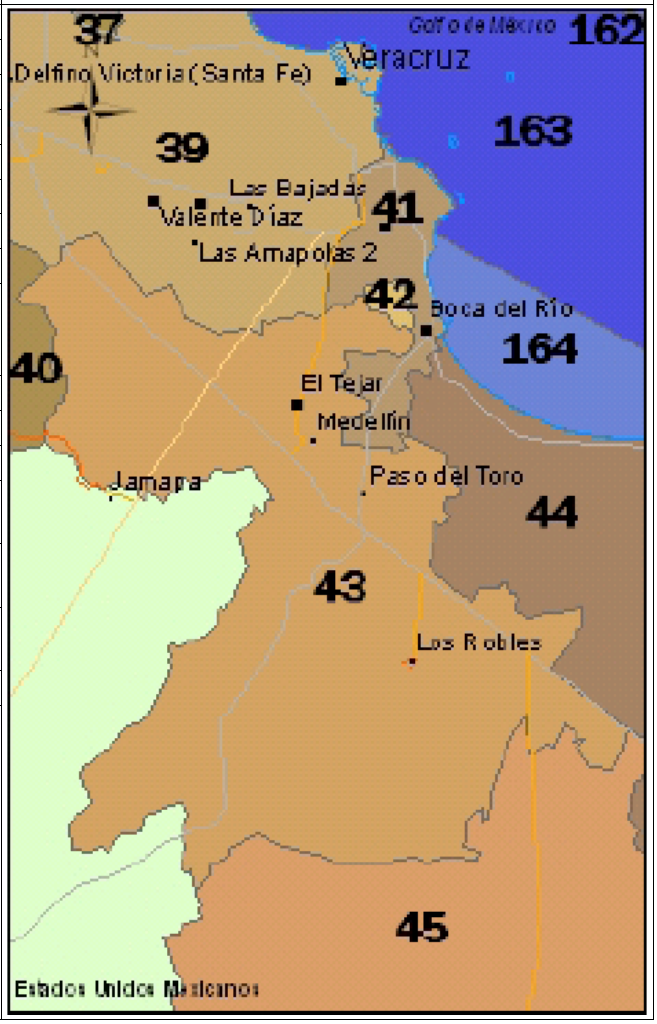
Figura 3 Ubicación de proyecto dentro de las UGAs #41, #44 y #164 dentro del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de Mexico y Mar Caribe. Fuente: Elaboración propia.

En seguida se hará un análisis de situación del proyecto para cada una de las UGA mencionadas:

III.1.1.1 Unidad de Gestión Ambiental #41

En primera instancia, procederemos a presentar la ficha técnica para la Unidad de Gestión Ambiental #41:

Unidad de Gestión Ambiental #41

Tipo de UGA	Regional	**Mapa**
Nombre:	Boca del Río	
Municipio:	Boca del Río	
Estado:	Veracruz	
Población:	141 634 Habitantes	
Superficie:	3 749.65 Ha.	
Subregión:	Aplicar criterios de Zona Costera Inmediata Golfo Sur	
Islas:		
Puerto Turístico		
Puerto Comercial		
Puerto Pesquero		
Nota:		

A esta UGA se le aplican las Acciones Generales descritas en el anexo 4 del Programa en comento, además de las siguientes Acciones Específicas:

Tabla 1 Acciones Específicas aplicables a la UGA #41

Acciones Específicas							
Acción	**Aplicación**	**Acción**	**Aplicación**	**Acción**	**Aplicación**	**Acción**	**Aplicación**
A-001	NA	A-027	**APLICA**	A-053	**APLICA**	A-079	NA
A-002	NA	A-028	**APLICA**	A-054	**APLICA**	A-080	NA
A-003	NA	A-029	**APLICA**	A-055	**APLICA**	A-081	NA
A-004	**APLICA**	A-030	**APLICA**	A-056	NA	A-082	NA
A-005	**APLICA**	A-031	**APLICA**	A-057	**APLICA**	A-083	NA
A-006	**APLICA**	A-032	**APLICA**	A-058	**APLICA**	A-084	NA
A-007	**APLICA**	A-033	**APLICA**	A-059	**APLICA**	A-085	NA
A-008	**APLICA**	A-034	NA	A-060	**APLICA**	A-086	NA
A-009	**APLICA**	A-035	NA	A-061	**APLICA**	A-087	NA
A-010	**APLICA**	A-036	NA	A-062	**APLICA**	A-088	NA
A-011	**APLICA**	A-037	**APLICA**	A-063	**APLICA**	A-089	NA
A-012	**APLICA**	A-038	**APLICA**	A-064	**APLICA**	A-090	NA
A-013	**APLICA**	A-039	NA	A-065	**APLICA**	A-091	NA
A-014	**APLICA**	A-040	**APLICA**	A-066	**APLICA**	A-092	NA
A-015	**APLICA**	A-041	NA	A-067	**APLICA**	A-093	NA
A-016	**APLICA**	A-042	NA	A-068	**APLICA**	A-094	NA
A-017	**APLICA**	A-043	NA	A-069	**APLICA**	A-095	NA
A-018	**APLICA**	A-044	**APLICA**	A-070	**APLICA**	A-096	NA
A-019	**APLICA**	A-045	NA	A-071	**APLICA**	A-097	NA
A-020	NA	A-046	NA	A-072	**APLICA**	A-098	NA
A-021	**APLICA**	A-047	NA	A-073	NA	A-099	NA
A-022	**APLICA**	A-048	**APLICA**	A-074	NA	A-100	NA
A-023	**APLICA**	A-049	**APLICA**	A-075	**APLICA**		
A-024	**APLICA**	A-050	**APLICA**	A-076	NA		
A-025	**APLICA**	A-051	**APLICA**	A-077	NA		
A-026	**APLICA**	A-052	**APLICA**	A-078	NA		

NA = NO APLICA

En seguida haremos el análisis de las acciones específicas aplicables a la UGA #41:

Acciones específicas

Tabla 2 Vinculación del proyecto con las Acciones Específicas aplicables a la UGA #41

Clave	Acciones Específicas	Vinculación con el proyecto
A004	Promover acciones para el mantenimiento del flujo hidrológico a nivel de cuencas y microcuencas, para evitar el azolve y las inundaciones en las partes bajas.	Como se puede consultar a detalle en el Capítulo II de esta Manifestación, el proyecto no alterará el flujo hidrológico ni abonará a la inundación de la parte baja de la cuenca en la que se desarrollará.

Clave	Acciones Específicas	Vinculación con el proyecto
A005	Fomentar la reducción de pérdida de agua durante los procesos de distribución de la misma.	Este proyecto no implica la distribución de agua. Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A006	Implementar programas para la captación de agua de lluvia y el uso de aguas grises.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A007	Promover la constitución de áreas destinadas voluntariamente a la conservación o ANP en áreas aptas para la conservación o restauración de ecosistemas naturales.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A008	Evitar las actividades humanas en las playas de anidación de tortugas marinas, salvo aquellas que estén autorizadas en los programas de conservación.	Las obras y actividades del proyecto no afectarán ninguna playa de anidación de tortugas marinas, por lo que no se contraviene esta Acción específica.
A009	Fortalecer la inspección y vigilancia en las zonas de anidación y reproducción de las tortugas marinas.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A010	Fortalecer el apoyo económico de las actividades de conservación de las tortugas marinas.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A011	Establecer e impulsar programas de restauración y recuperación de la cobertura vegetal original para revertir el avance de la frontera agropecuaria.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A012	Promover la preservación de las dunas costeras y su vegetación natural, a través de la ubicación de la infraestructura detrás del cordón de dunas frontales.	En el área del proyecto no se cuenta con dunas frontales que pudieran ser afectadas por parte del proyecto, por lo que no se contraviene esta Acción Específica.
A013	Establecer las medidas necesarias para evitar la introducción de especies potencialmente invasoras por actividades marítimas en los términos establecidos por los artículos 76 y 77 de la Ley de Navegación y Comercio Marítimo.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A014	Instrumentar campañas de restauración, reforestación y recuperación de manglares y otros humedales en las zonas de mayor viabilidad ecológica.	Existe evidencia de que estructuras como rompeolas o rellenos rocosos en zonas costeras reducen la energía del oleaje y ayudan a estabilizar sedimentos, lo que facilita la fijación de propágulos y la supervivencia de plántulas de manglar, como (*Rhizophora mangle* (Fillyaw, 2021). El uso de rellenos rocosos (o rock fillets) colocadas para estabilizar taludes erosionados también han facilitado el establecimiento natural y cobertura de manglar. Comparado con zonas sin estructuras, estas estructuras híbridas han mostrado densidades de árboles y plántulas de manglar mayores, lo que sugiere que las estructuras pueden actuar como "escondites"

Clave	Acciones Específicas	Vinculación con el proyecto
		físicos que permiten la colonización de vegetación costera (Morris et al, 2026). De esta manera, se prevé que con la construcción de la infraestructura del proyecto, se favorecerá fijación natural de vegetación de manglar en la zona. Debemos afirmar, sin embargo, que no se identifican zonas de mayor viabilidad ecológica que requieran de campañas de restauración, reforestación o recuperación de manglares en el trazo del proyecto.
A015	Promover e impulsar la reubicación de instalaciones que se encuentran sobre las dunas arenosas en la zona costera del ASO.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A016	Establecer corredores biológicos para conectar las ANP existentes o las áreas en buen estado de conservación dentro del ASO.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A017	Establecer e impulsar programas de restauración, reforestación y recuperación de zonas degradadas.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A018	Promover acciones de protección y recuperación de especies bajo algún régimen de protección considerando en la Norma Oficial Mexicana, Protección ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestre-Categoría de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo (NOM-059 SEMARNAT-2010).	En el Capítulo IV de este documento se presenta el listado de especies detectadas en la zona del proyecto bajo algún régimen de protección. Como parte de las medidas de mitigación Med01, Med07, Med10 y Med11, se llevará a cabo la protección activa de los individuos de cualquier especie de flora y fauna, incluyendo aquellas bajo algún régimen de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010 como parte de la supervisión ambiental del proyecto en las etapas de preparación de sitio y construcción.
A019	Los programas de remediación que se implementen, deberán ser formulados y aprobados de conformidad con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, y demás normatividad aplicable.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A021	Fortalecer los mecanismos de control de emisiones y descargas para mejorar la calidad del aire, agua y suelos, particularmente en las zonas industriales y urbanas del ASO.	Con la implementación de las medidas de mitigación Med08, Med09, Med12, Med13, Med14, Med15, Med16 y Med17, se gestionarán adecuadamente las emisiones atmosféricas y aguas residuales generadas durante la preparación de sitio y construcción del proyecto. Adicionalmente, el desarrollo del proyecto permitirá prevenir la congestión vial de la zona y, por ende, se evitará la concentración de emisiones atmosféricas resultantes de la combustión vehicular.

Clave	Acciones Específicas	Vinculación con el proyecto
A022	Fomentar programas de remediación y monitoreo de zonas y aguas costeras afectadas por los hidrocarburos.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A023	Fomentar la aplicación de medidas preventivas y correctivas de contaminación del suelo con base a riesgo ambiental, así como la aplicación de acciones inmediatas o de emergencia y tecnologías para la remediación in situ, en términos de la legislación aplicable.	La supervisión ambiental del proyecto tendrá, dentro de sus objetivos, la prevención de la contaminación del suelo con las actividades del proyecto. De igual manera, se contarán con mecanismos efectivos de actuación en caso de que exista un accidente que implique la contaminación del suelo.
A024	Fomentar el uso de tecnologías para reducir la emisión de gases de efecto invernadero y partículas al aire por parte de la industria y los automotores cuando ello sea técnicamente viable.	Como ya se ha mencionado anteriormente, la implementación de la medida de mitigación Med09, Med12, Med13, Med14, Med15, Med16 y Med17 están diseñada para minimizar la emisión de gases de efecto invernadero y partículas suspendidas.
A025	Promover la participación de las industrias en acciones tendientes a una gestión adecuada de residuos peligrosos, con el objeto de prevenir la contaminación de suelos y fomentar su preservación.	Con la implementación de las medidas de mitigación Med02 y Med03, se hará una gestión adecuada de los residuos, coadyubando al cumplimiento de esta Acción Específica.
A026	Promover e impulsar el uso de tecnologías "Limpias" y "Ambientalmente amigables" en las industrias registradas en el ASO y su área de influencia. Fomentar que las industrias que se establezcan cuenten con las tecnologías de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A027	Mantener al mínimo posible la superficie ocupada por las instalaciones de infraestructura en las playas para evitar su perturbación.	Durante el trazo del proyecto, se garantizará optimizar el uso de la superficie para la construcción de las obras.
A028	Promover las medidas necesarias para que la instalación de infraestructura de ocupación permanente sobre el primero o segundo cordón de dunas eviten generar efectos negativos sobre su estructura o función ecosistémica.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A029	Promover la preservación del perfil de la costa y los patrones naturales de circulación de las corrientes alineadas a la costa, salvo cuando dichas modificaciones correspondan a proyectos de infraestructura que tengan por objeto mitigar o remediar los efectos causados por alguna contingencia meteorológica o desastre natural.	No se prevén afectaciones al perfil de costa ni a los patrones naturales de circulación de las corrientes alineadas a la costa con la puesta en marcha del proyecto, manteniendo congruencia con esta Acción Específica.

Clave	Acciones Específicas	Vinculación con el proyecto
A030	Generar o adaptar tecnologías constructivas y de ingeniería que minimicen la afectación al perfil costero y a los patrones de circulación de aguas costeras.	No se prevén afectaciones al perfil costero y a los patrones de circulación de aguas costeras.
A031	Promover la preservación de las características naturales de las barras arenosas que limitan los sistemas lagunares costeros.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A032	Promover el mantenimiento de las características naturales, físicas y químicas de playas y dunas costeras.	La colocación de instalaciones físicas permanentes permitirá la acreción de arena y el desarrollo eventual de porciones de playa adyacente al proyecto, por lo que no se contraviene esta Acción Específica.
A033	Fomentar el aprovechamiento de la energía eólica, excepto cuando su infraestructura pueda afectar corredores de especies migratorias.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A037	Promover la generación energética por medio de energía solar.	Como parte de las obras y actividades del proyecto, se prevé la instalación de luminarias solares, lo cual abonaría al cumplimiento de esta Acción Específica.
A038	Impulsar el uso de los residuos agrícolas para la generación de energía y reducir los riesgos de incendios forestales en las regiones más secas.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A040	Impulsar la sustitución de las actividades de pesca extractiva por actividades de producción acuícola con especies nativas de la zona en la cual se aplica el programa y con tecnologías que no contaminen el ambiente y cuya infraestructura no afecte los sistemas naturales.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A044	Diversificar la base de especies en explotación comercial en las pesquerías.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A048	Contribuir a redimensionar y ajustar las flotas pesqueras y los esfuerzos de captura a las capacidades y estados actuales y previsibles de las poblaciones en explotación.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A049	Contribuir a la construcción, modernización y ampliación de la infraestructura portuaria de apoyo a la producción pesquera y turística para embarcaciones menores.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A050	Promover el desarrollo de Programas de Desarrollo Urbano y Programas de Conurbación con el fin de dotar de infraestructura de servicios a las comunidades rurales.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.

Clave	Acciones Específicas	Vinculación con el proyecto
A051	Promover la construcción de caminos rurales, de terracería o revestidos entre las localidades estratégicas para mejorar la comunicación.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A052	Promover el uso sostenible de la tierra/agricultura (cultivos, ganado, pastos y praderas, y bosques) y prácticas de manejo y tecnología que favorezcan la captura de carbono.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A053	Desincentivar y evitar el desarrollo de actividades productivas extensivas.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A054	Promover la sustitución de tecnologías extensivas por intensivas en las actividades acordes a la aptitud territorial, utilizando esquemas de manejo y tecnología adecuada para minimizar el impacto ambiental.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A055	Coordinar los programas de gobierno que apoyan a la producción agropecuaria para actuar sinérgicamente sobre el territorio y la población que lo ocupa.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A057	Evitar el establecimiento de zonas urbanas en zonas de riesgo industrial, zonas de riesgo ante eventos naturales, zonas susceptibles de inundación y derrumbe, zonas de restauración ecológica, en humedales, dunas costeras y manglares.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A058	Realizar campañas para reubicar a personas fuera de las zonas de riesgo.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A059	Identificar, reforzar o dotar de equipamiento básico a las localidades estratégicas para la conservación y/o el desarrollo sustentable.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A060	Establecer y mejorar sistemas de alerta temprana ante eventos hidrometeorológicos extremos.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A061	Mejorar las condiciones de las viviendas y de infraestructura social y comunitaria en las localidades de mayor marginación.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A062	Fortalecer y consolidar las capacidades organizativas y de infraestructura para el manejo adecuado y disposición final de residuos peligrosos y de manejo especial. Asegurar el Manejo Integral de los Residuos Peligrosos.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A063	Instalar nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales municipales y optimizar las ya existentes.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.

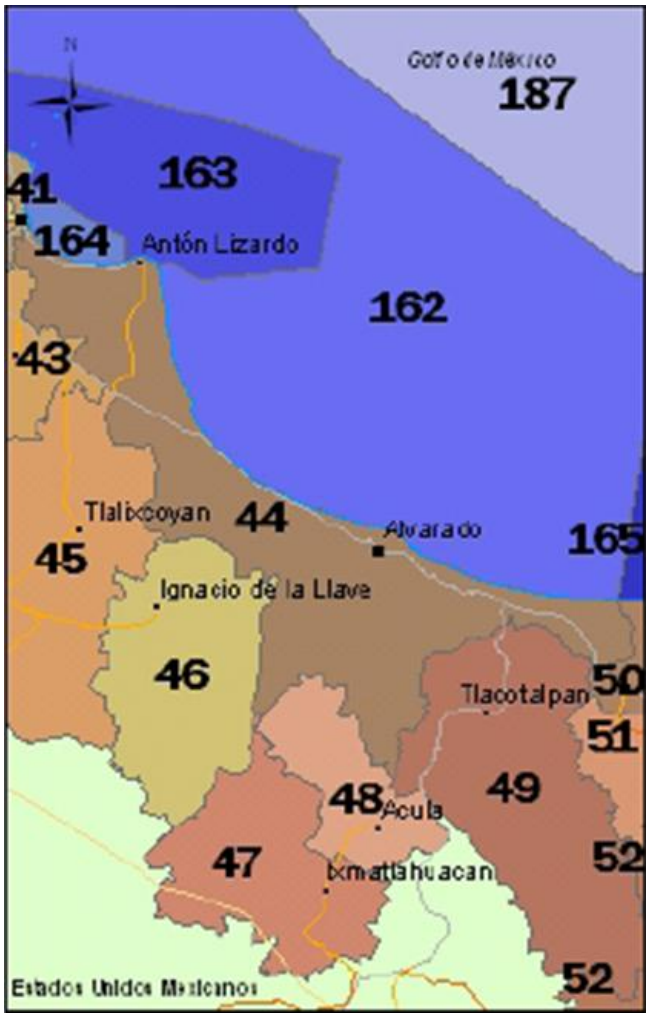
Clave	Acciones Específicas	Vinculación con el proyecto
A064	Completar la conexión de las viviendas al sistema de colección de aguas residuales municipales y a las plantas de tratamiento.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A065	Instrumentar programas de recuperación y mejoramiento de suelos mediante el uso de lodos inactivados de las plantas de tratamiento de aguas servidas municipales.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A066	Incrementar la capacidad de tratamiento de las plantas para dar tratamiento terciario a los efluentes e inyectar aguas de mayor calidad al manto freático en apoyo, en su caso, a la restauración de humedales.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A067	Incrementar la capacidad de captación de aguas pluviales en las zonas urbanas y turísticas.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A068	Promover el manejo integral de los residuos sólidos, peligrosos y de manejo especial para evitar su impacto ambiental en el mar y zona costera.	Con la implementación de las medidas de mitigación Med02 y Med03, se garantizará el manejo integral de los residuos sólidos, peligrosos y de manejo especial que se generen en la construcción de la obra.
A069	Promover el tratamiento o disposición final de los residuos sólidos urbanos, peligrosos y de manejo especial para evitar su disposición en el mar.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A070	Realizar campañas de colecta y concentración de residuos sólidos urbanos en la zona costera para su disposición final.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A071	Diseñar e instrumentar acciones coordinadas entre sector turismo y sector conservación para reducir al mínimo la afectación de los ecosistemas en zonas turísticas y aprovechar al máximo el potencial turístico de los recursos. Impulsar y fortalecer las redes de turismo de la naturaleza (ecoturismo) en todas sus modalidades como una alternativa al desarrollo local respetando los criterios de sustentabilidad según la norma correspondiente.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A072	Promover que la operación de desarrollos turísticos se haga con criterios de sustentabilidad ambiental y social, a través de certificaciones ambientales nacionales o internacionales, u otros mecanismos.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A075	La construcción, modernización y ampliación de la infraestructura carretera deberá minimizar la afectación de la estructura y función de los ecosistemas y sus bienes y servicios ambientales, entre éstos: flujos hidrológicos, conectividad de	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.

Clave	Acciones Específicas	Vinculación con el proyecto
	ecosistemas, especies en riesgo, recarga de acuíferos y hábitats críticos.	

III.1.1.2 Unidad de Gestión Ambiental #44

A continuación se presenta la ficha técnica para la Unidad de Gestión Ambiental #44, en la cual se llevarán a cabo parte de las obras del proyecto "Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz" y que se analizan en este documento:

Unidad de Gestión Ambiental #44

Tipo de UGA	Regional	**Mapa**
Nombre:	Alvarado	
Municipio:	Alvarado	
Estado:	Veracruz	
Población:	48 208 Habitantes	
Superficie:	83 413.693 Ha.	
Subregión:	Aplicar criterios de Zona Costera Inmediata Golfo Sur	
Islas:		
Puerto Turístico		
Puerto Comercial		
Puerto Pesquero	Presente	
Nota:		

A esta UGA se le aplican las Acciones Generales descritas en su anexo 4, además de las siguientes Acciones Específicas:

Tabla 3 Acciones Específicas aplicables a la UGA #44

Acciones Específicas							
Acción	**Aplicación**	**Acción**	**Aplicación**	**Acción**	**Aplicación**	**Acción**	**Aplicación**
A-001	**APLICA**	A-027	**APLICA**	A-053	**APLICA**	A-079	NA
A-002	**APLICA**	A-028	**APLICA**	A-054	**APLICA**	A-080	NA
A-003	NA	A-029	**APLICA**	A-055	**APLICA**	A-081	NA
A-004	**APLICA**	A-030	**APLICA**	A-056	NA	A-082	NA
A-005	**APLICA**	A-031	**APLICA**	A-057	**APLICA**	A-083	NA
A-006	**APLICA**	A-032	**APLICA**	A-058	**APLICA**	A-084	NA
A-007	**APLICA**	A-033	**APLICA**	A-059	**APLICA**	A-085	NA
A-008	**APLICA**	A-034	NA	A-060	**APLICA**	A-086	NA
A-009	**APLICA**	A-035	NA	A-061	**APLICA**	A-087	NA
A-010	**APLICA**	A-036	NA	A-062	**APLICA**	A-088	NA
A-011	**APLICA**	A-037	**APLICA**	A-063	**APLICA**	A-089	NA
A-012	**APLICA**	A-038	**APLICA**	A-064	**APLICA**	A-090	NA
A-013	**APLICA**	A-039	APLICA	A-065	**APLICA**	A-091	NA
A-014	**APLICA**	A-040	**APLICA**	A-066	**APLICA**	A-092	NA
A-015	**APLICA**	A-041	**APLICA**	A-067	**APLICA**	A-093	NA
A-016	**APLICA**	A-042	**APLICA**	A-068	**APLICA**	A-094	NA
A-017	**APLICA**	A-043	**APLICA**	A-069	**APLICA**	A-095	NA
A-018	**APLICA**	A-044	**APLICA**	A-070	**APLICA**	A-096	NA
A-019	**APLICA**	A-045	**APLICA**	A-071	**APLICA**	A-097	NA
A-020	NA	A-046	**APLICA**	A-072	**APLICA**	A-098	NA
A-021	**APLICA**	A-047	NA	A-073	**APLICA**	A-099	NA
A-022	**APLICA**	A-048	**APLICA**	A-074	**APLICA**	A-100	NA
A-023	**APLICA**	A-049	**APLICA**	A-075	**APLICA**		
A-024	**APLICA**	A-050	**APLICA**	A-076	NA		
A-025	**APLICA**	A-051	**APLICA**	A-077	NA		
A-026	**APLICA**	A-052	**APLICA**	A-078	NA		

NA = NO APLICA

Tras haberse identificado la primera UGA que se relaciona al proyecto sujeto a este proceso de evaluación de impacto ambiental, haremos un análisis de las Acciones Específicas que se vinculan directamente. Esto, sin dejar de considerar que los principales responsables de la implementación de las acciones específicas son, en el marco de sus atribuciones, las autoridades estatales, municipales o a la dependencia y/o entidad de la Administración Pública Federal.

Acciones específicas

Tabla 4 Vinculación del proyecto con las Acciones Específicas aplicables a la UGA #44

Clave	Acciones Específicas	Vinculación con el proyecto
A001	Fortalecer los mecanismos para el control de la comercialización y uso de agroquímicos y pesticidas.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A002	Instrumentar mecanismos de capacitación para el manejo adecuado de agroquímicos y pesticidas.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A004	Promover acciones para el mantenimiento del flujo hidrológico a nivel de cuencas y microcuencas, para evitar el azolve y las inundaciones en las partes bajas.	Como se puede consultar a detalle en el Capítulo II de esta Manifestación, el proyecto no alterará el flujo hidrológico ni abonará a la inundación de la parte baja de la cuenca en la que se desarrollará.
A005	Fomentar la reducción de pérdida de agua durante los procesos de distribución de la misma.	Este proyecto no implica la distribución de agua. Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A006	Implementar programas para la captación de agua de lluvia y el uso de aguas grises.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A007	Promover la constitución de áreas destinadas voluntariamente a la conservación o ANP en áreas aptas para la conservación o restauración de ecosistemas naturales.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A008	Evitar las actividades humanas en las playas de anidación de tortugas marinas, salvo aquellas que estén autorizadas en los programas de conservación.	Las obras y actividades del proyecto no afectarán ninguna playa de anidación de tortugas marinas, por lo que no se contraviene esta Acción específica.
A009	Fortalecer la inspección y vigilancia en las zonas de anidación y reproducción de las tortugas marinas.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A010	Fortalecer el apoyo económico de las actividades de conservación de las tortugas marinas.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A011	Establecer e impulsar programas de restauración y recuperación de la cobertura vegetal original para revertir el avance de la frontera agropecuaria.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A012	Promover la preservación de las dunas costeras y su vegetación natural, a través de la ubicación de la infraestructura detrás del cordón de dunas frontales.	En el área del proyecto no se cuenta con dunas frontales que pudieran ser afectadas por parte del proyecto, por lo que no se contraviene esta Acción Específica.
A013	Establecer las medidas necesarias para evitar la introducción de especies potencialmente invasoras por actividades marítimas en los términos	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.

Clave	Acciones Específicas	Vinculación con el proyecto
	establecidos por los artículos 76 y 77 de la Ley de Navegación y Comercio Marítimo.	
A014	Instrumentar campañas de restauración, reforestación y recuperación de manglares y otros humedales en las zonas de mayor viabilidad ecológica.	Existe evidencia de que estructuras como rompeolas o rellenos rocosos en zonas costeras reducen la energía del oleaje y ayudan a estabilizar sedimentos, lo que facilita la fijación de propágulos y la supervivencia de plántulas de manglar, como (*Rhizophora mangle* (Fillyaw, 2021). El uso de rellenos rocosos (o rock fillets) colocadas para estabilizar taludes erosionados también han facilitado el establecimiento natural y cobertura de manglar. Comparado con zonas sin estructuras, estas estructuras híbridas han mostrado densidades de árboles y plántulas de manglar mayores, lo que sugiere que las estructuras pueden actuar como "escondites" físicos que permiten la colonización de vegetación costera (Morris et al, 2026). De esta manera, se prevé que con la construcción de la infraestructura del proyecto, se favorecerá fijación natural de vegetación de manglar en la zona. Debemos afirmar, sin embargo, que no se identifican zonas de mayor viabilidad ecológica que requieran de campañas de restauración, reforestación o recuperación de manglares en el trazo del proyecto.
A015	Promover e impulsar la reubicación de instalaciones que se encuentran sobre las dunas arenosas en la zona costera del ASO.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A016	Establecer corredores biológicos para conectar las ANP existentes o las áreas en buen estado de conservación dentro del ASO.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A017	Establecer e impulsar programas de restauración, reforestación y recuperación de zonas degradadas.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A018	Promover acciones de protección y recuperación de especies bajo algún régimen de protección considerando en la Norma Oficial Mexicana, Protección ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestre-Categoría de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo (NOM-059 SEMARNAT-2010).	En el Capítulo IV de este documento se presenta el listado de especies detectadas en la zona del proyecto bajo algún régimen de protección. Como parte de las medidas de mitigación Med01, Med07, Med10 y Med11, se llevará a cabo la protección activa de los individuos de cualquier especie de flora y fauna, incluyendo aquellas bajo algún régimen de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010 como parte de la supervisión ambiental del proyecto en las etapas de preparación de sitio y construcción.

Clave	Acciones Específicas	Vinculación con el proyecto
A019	Los programas de remediación que se implementen, deberán ser formulados y aprobados de conformidad con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, y demás normatividad aplicable.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A021	Fortalecer los mecanismos de control de emisiones y descargas para mejorar la calidad del aire, agua y suelos, particularmente en las zonas industriales y urbanas del ASO.	Con la implementación de las medidas de mitigación Med08, Med09, Med12, Med13, Med14, Med15, Med16 y Med17, se gestionarán adecuadamente las emisiones atmosféricas y aguas residuales generadas durante la preparación de sitio y construcción del proyecto. Adicionalmente, el desarrollo del proyecto permitirá prevenir la congestión vial de la zona y, por ende, se evitará la concentración de emisiones atmosféricas resultantes de la combustión vehicular.
A022	Fomentar programas de remediación y monitoreo de zonas y aguas costeras afectadas por los hidrocarburos.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A023	Fomentar la aplicación de medidas preventivas y correctivas de contaminación del suelo con base a riesgo ambiental, así como la aplicación de acciones inmediatas o de emergencia y tecnologías para la remediación in situ, en términos de la legislación aplicable.	La supervisión ambiental del proyecto tendrá, dentro de sus objetivos, la prevención de la contaminación del suelo con las actividades del proyecto. De igual manera, se contarán con mecanismos efectivos de actuación en caso de que exista un accidente que implique la contaminación del suelo.
A024	Fomentar el uso de tecnologías para reducir la emisión de gases de efecto invernadero y partículas al aire por parte de la industria y los automotores cuando ello sea técnicamente viable.	Como ya se ha mencionado anteriormente, la implementación de la medida de mitigación Med09, Med12, Med13, Med14, Med15, Med16 y Med17 están diseñada para minimizar la emisión de gases de efecto invernadero y partículas suspendidas.
A025	Promover la participación de las industrias en acciones tendientes a una gestión adecuada de residuos peligrosos, con el objeto de prevenir la contaminación de suelos y fomentar su preservación.	Con la implementación de las medidas de mitigación Med02 y Med03, se hará una gestión adecuada de los residuos, coadyubando al cumplimiento de esta Acción Específica.
A026	Promover e impulsar el uso de tecnologías "Limpias" y "Ambientalmente amigables" en las industrias registradas en el ASO y su área de influencia. Fomentar que las industrias que se establezcan cuenten con las tecnologías de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.

Clave	Acciones Específicas	Vinculación con el proyecto
A027	Mantener al mínimo posible la superficie ocupada por las instalaciones de infraestructura en las playas para evitar su perturbación.	Durante el trazo del proyecto, se garantizará optimizar el uso de la superficie para la construcción de las obras.
A028	Promover las medidas necesarias para que la instalación de infraestructura de ocupación permanente sobre el primero o segundo cordón de dunas eviten generar efectos negativos sobre su estructura o función ecosistémica.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A029	Promover la preservación del perfil de la costa y los patrones naturales de circulación de las corrientes alineadas a la costa, salvo cuando dichas modificaciones correspondan a proyectos de infraestructura que tengan por objeto mitigar o remediar los efectos causados por alguna contingencia meteorológica o desastre natural.	No se prevén afectaciones al perfil de costa ni a los patrones naturales de circulación de las corrientes alineadas a la costa con la puesta en marcha del proyecto, manteniendo congruencia con esta Acción Específica.
A030	Generar o adaptar tecnologías constructivas y de ingeniería que minimicen la afectación al perfil costero y a los patrones de circulación de aguas costeras.	No se prevén afectaciones al perfil costero y a los patrones de circulación de aguas costeras.
A031	Promover la preservación de las características naturales de las barras arenosas que limitan los sistemas lagunares costeros.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A032	Promover el mantenimiento de las características naturales, físicas y químicas de playas y dunas costeras.	La colocación de instalaciones físicas permanentes permitirá la acreción de arena y el desarrollo eventual de porciones de playa adyacente al proyecto, por lo que no se contraviene esta Acción Específica.
A033	Fomentar el aprovechamiento de la energía eólica, excepto cuando su infraestructura pueda afectar corredores de especies migratorias.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A037	Promover la generación energética por medio de energía solar.	Como parte de las obras y actividades del proyecto, se prevé la instalación de luminarias solares, lo cual abonaría al cumplimiento de esta Acción Específica.
A038	Impulsar el uso de los residuos agrícolas para la generación de energía y reducir los riesgos de incendios forestales en las regiones más secas.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A039	Promover la reducción del uso de agroquímicos sintéticos a favor del uso de mejoradores orgánicos.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A040	Impulsar la sustitución de las actividades de pesca extractiva por actividades de producción acuícola con especies nativas de la zona en la cual se aplica	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.

Clave	Acciones Específicas	Vinculación con el proyecto
	el programa y con tecnologías que no contaminen el ambiente y cuya infraestructura no afecte los sistemas naturales.	
A041	Fortalecer los mecanismos de seguimiento y control de las pesquerías comerciales para evitar su sobreexplotación.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A042	Instrumentar o en su caso reforzar las campañas de vigilancia de las actividades extractivas de especies marinas de captura comercial, especialmente aquellas que se encuentran en las categorías en deterioro o en su límite máximo de explotación.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A043	Fomentar la creación, impulso y consolidación de una flota pesquera de altura para el manejo de los recursos pesqueros oceánicos.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A044	Diversificar la base de especies en explotación comercial en las pesquerías.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A045	Desarrollar e impulsar el uso de la fauna de acompañamiento, salvo las especies que se encuentran en algún régimen de protección, para la producción comercial de harinas y complementos nutricionales.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A046	Incentivar el cumplimiento de los mecanismos existentes para controlar el vertido y disposición de residuos de embarcaciones, en las porciones marinas tanto costeras como oceánicas.	Como parte de la supervisión ambiental del proyecto, se evitará el vertido y disposición de los residuos de los cangilones durante la construcción del proyecto.
A048	Contribuir a redimensionar y ajustar las flotas pesqueras y los esfuerzos de captura a las capacidades y estados actuales y previsibles de las poblaciones en explotación.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A049	Contribuir a la construcción, modernización y ampliación de la infraestructura portuaria de apoyo a la producción pesquera y turística para embarcaciones menores.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A050	Promover el desarrollo de Programas de Desarrollo Urbano y Programas de Conurbación con el fin de dotar de infraestructura de servicios a las comunidades rurales.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A051	Promover la construcción de caminos rurales, de terracería o revestidos entre las localidades estratégicas para mejorar la comunicación.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.

Clave	Acciones Específicas	Vinculación con el proyecto
A052	Promover el uso sostenible de la tierra/agricultura (cultivos, ganado, pastos y praderas, y bosques) y prácticas de manejo y tecnología que favorezcan la captura de carbono.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A053	Desincentivar y evitar el desarrollo de actividades productivas extensivas.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A054	Promover la sustitución de tecnologías extensivas por intensivas en las actividades acordes a la aptitud territorial, utilizando esquemas de manejo y tecnología adecuada para minimizar el impacto ambiental.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A055	Coordinar los programas de gobierno que apoyan a la producción agropecuaria para actuar sinérgicamente sobre el territorio y la población que lo ocupa.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A057	Evitar el establecimiento de zonas urbanas en zonas de riesgo industrial, zonas de riesgo ante eventos naturales, zonas susceptibles de inundación y derrumbe, zonas de restauración ecológica, en humedales, dunas costeras y manglares.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A058	Realizar campañas para reubicar a personas fuera de las zonas de riesgo.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A059	Identificar, reforzar o dotar de equipamiento básico a las localidades estratégicas para la conservación y/o el desarrollo sustentable.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A060	Establecer y mejorar sistemas de alerta temprana ante eventos hidrometeorológicos extremos.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A061	Mejorar las condiciones de las viviendas y de infraestructura social y comunitaria en las localidades de mayor marginación.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A062	Fortalecer y consolidar las capacidades organizativas y de infraestructura para el manejo adecuado y disposición final de residuos peligrosos y de manejo especial. Asegurar el Manejo Integral de los Residuos Peligrosos.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A063	Instalar nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales municipales y optimizar las ya existentes.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A064	Completar la conexión de las viviendas al sistema de colección de aguas residuales municipales y a las plantas de tratamiento.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.

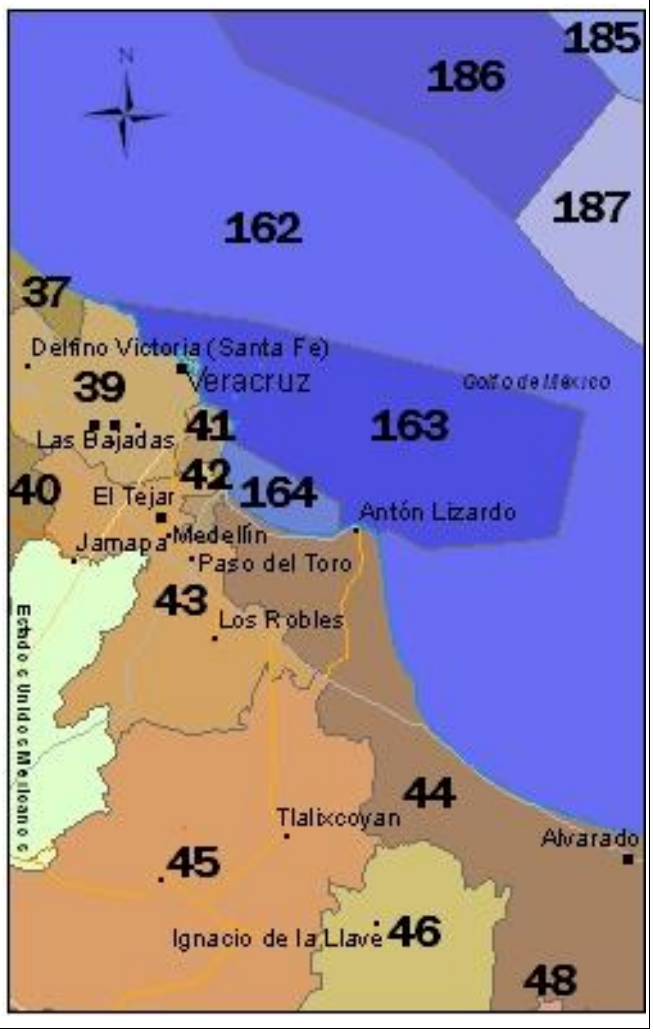
Clave	Acciones Específicas	Vinculación con el proyecto
A065	Instrumentar programas de recuperación y mejoramiento de suelos mediante el uso de lodos inactivados de las plantas de tratamiento de aguas servidas municipales.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A066	Incrementar la capacidad de tratamiento de las plantas para dar tratamiento terciario a los efluentes e inyectar aguas de mayor calidad al manto freático en apoyo, en su caso, a la restauración de humedales.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A067	Incrementar la capacidad de captación de aguas pluviales en las zonas urbanas y turísticas.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A068	Promover el manejo integral de los residuos sólidos, peligrosos y de manejo especial para evitar su impacto ambiental en el mar y zona costera.	Con la implementación de la medida de mitigación Med02 y Med03, se garantizará el manejo integral de los residuos sólidos, peligrosos y de manejo especial que se generen en la construcción de la obra.
A069	Promover el tratamiento o disposición final de los residuos sólidos urbanos, peligrosos y de manejo especial para evitar su disposición en el mar.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A070	Realizar campañas de colecta y concentración de residuos sólidos urbanos en la zona costera para su disposición final.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A071	Diseñar e instrumentar acciones coordinadas entre sector turismo y sector conservación para reducir al mínimo la afectación de los ecosistemas en zonas turísticas y aprovechar al máximo el potencial turístico de los recursos. Impulsar y fortalecer las redes de turismo de la naturaleza (ecoturismo) en todas sus modalidades como una alternativa al desarrollo local respetando los criterios de sustentabilidad según la norma correspondiente.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A072	Promover que la operación de desarrollos turísticos se haga con criterios de sustentabilidad ambiental y social, a través de certificaciones ambientales nacionales o internacionales, u otros mecanismos.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A073	Construir, modernizar y ampliar la infraestructura portuaria de gran tamaño de apoyo al turismo (embarcaciones mayores de 500 TRB (toneladas de registro bruto) y/o 49 pies de eslora), con obras sustentadas en estudios específicos, modelaciones predictivas y programas de monitoreo, que garanticen la no afectación de los recursos naturales.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.

Clave	Acciones Específicas	Vinculación con el proyecto
A074	Construir, modernizar y ampliar la infraestructura portuaria de gran tamaño de apoyo al tráfico comercial de mercancías (embarcaciones mayores de 500 TRB (toneladas de registro bruto) y/o 49 pies de eslora); con obras sustentadas en estudios específicos, modelaciones predictivas y programas de monitoreo, que garanticen la no afectación de los recursos naturales.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A075	La construcción, modernización y ampliación de la infraestructura carretera deberá minimizar la afectación de la estructura y función de los ecosistemas y sus bienes y servicios ambientales, entre éstos: flujos hidrológicos, conectividad de ecosistemas, especies en riesgo, recarga de acuíferos y hábitats críticos.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A076	La construcción, modernización y ampliación de la infraestructura ferroviaria deberá minimizar la afectación de la estructura y función de los ecosistemas y sus bienes y servicios ambientales, entre éstos: flujos hidrológicos, conectividad de ecosistemas, especies en riesgo, recarga de acuíferos y hábitats críticos.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.

III.1.1.3 Unidad de Gestión Ambiental #164

A continuación se presenta la ficha técnica para la Unidad de Gestión Ambiental #164, en la cual se llevarán a cabo parte de las obras del proyecto "Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz" y que se analizan en este documento:

Unidad de Gestión Ambiental #164

Tipo de UGA	Marina	**Mapa**
Nombre:	Zona Marina de Competencia Federal	
Municipio:		
Estado:		
Población:	0 Habitantes	
Superficie:	5 128.194 Ha.	
Subregión:	Aplicar criterios de Zona Costera Inmediata Golfo Sur	
Islas:		
Puerto Turístico		
Puerto Comercial		
Puerto Pesquero		
Nota:	La Acción A049 aplica a la zona marina inmediata adyacente a la línea de costa	

A esta UGA se le aplican las Acciones Generales descritas en su anexo 4, además de las siguientes Acciones Específicas:

Tabla 5 Acciones Específicas aplicables a la UGA #164

Acciones Específicas							
Acción	**Aplicación**	**Acción**	**Aplicación**	**Acción**	**Aplicación**	**Acción**	**Aplicación**
A-001	NA	A-027	NA	A-053	NA	A-079	NA
A-002	NA	A-028	NA	A-054	NA	A-080	NA
A-003	NA	A-029	**APLICA**	A-055	NA	A-081	NA
A-004	NA	A-030	NA	A-056	NA	A-082	NA
A-005	NA	A-031	NA	A-057	NA	A-083	NA
A-006	NA	A-032	NA	A-058	NA	A-084	NA
A-007	**APLICA**	A-033	**APLICA**	A-059	NA	A-085	NA
A-008	NA	A-034	**APLICA**	A-060	NA	A-086	NA
A-009	NA	A-035	NA	A-061	NA	A-087	NA
A-010	NA	A-036	NA	A-062	NA	A-088	NA
A-011	NA	A-037	NA	A-063	NA	A-089	NA
A-012	NA	A-038	NA	A-064	NA	A-090	NA
A-013	**APLICA**	A-039	NA	A-065	NA	A-091	NA
A-014	NA	A-040	**APLICA**	A-066	NA	A-092	NA
A-015	NA	A-041	**APLICA**	A-067	NA	A-093	NA
A-016	**APLICA**	A-042	**APLICA**	A-068	NA	A-094	NA
A-017	NA	A-043	NA	A-069	NA	A-095	NA
A-018	**APLICA**	A-044	**APLICA**	A-070	NA	A-096	NA
A-019	NA	A-045	NA	A-071	**APLICA**	A-097	NA
A-020	NA	A-046	NA	A-072	NA	A-098	NA
A-021	NA	A-047	**APLICA**	A-073	NA	A-099	NA
A-022	**APLICA**	A-048	**APLICA**	A-074	NA	A-100	NA
A-023	NA	A-049	**APLICA**	A-075	NA		
A-024	NA	A-050	NA	A-076	NA		
A-025	**APLICA**	A-051	NA	A-077	NA		
A-026	NA	A-052	NA	A-078	NA		

NA = NO APLICA

A continuación se presenta el análisis de las Acciones Específicas que aplican a la UGA #164:

Acciones específicas

Tabla 6 Vinculación del proyecto con las Acciones Específicas aplicables a la UGA #164

Clave	Acciones Específicas	Vinculación con el proyecto
A007	Promover la constitución de áreas destinadas voluntariamente a la conservación o ANP en áreas aptas para la conservación o restauración de ecosistemas naturales.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A013	Establecer las medidas necesarias para evitar la introducción de especies potencialmente invasoras	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.

	por actividades marítimas en los términos establecidos por los artículos 76 y 77 de la Ley de Navegación y Comercio Marítimo.	
A016	Establecer corredores biológicos para conectar las ANP existentes o las áreas en buen estado de conservación dentro del ASO.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A018	Promover acciones de protección y recuperación de especies bajo algún régimen de protección considerando en la Norma Oficial Mexicana, Protección ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestre-Categoría de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo (NOM-059 SEMARNAT-2010).	En el Capítulo IV de este documento se presenta el listado de especies detectadas en la zona del proyecto bajo algún régimen de protección. Como parte de las medidas de mitigación Med01, Med07, Med10 y Med11, se llevará a cabo la protección activa de los individuos de cualquier especie de flora y fauna, incluyendo aquellas bajo algún régimen de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010 como parte de la supervisión ambiental del proyecto en las etapas de preparación de sitio y construcción.
A022	Fomentar programas de remediación y monitoreo de zonas y aguas costeras afectadas por los hidrocarburos.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A025	Promover la participación de las industrias en acciones tendientes a una gestión adecuada de residuos peligrosos, con el objeto de prevenir la contaminación de suelos y fomentar su preservación.	Con la ejecución de la medida de mitigación Med02 y Med03, se hará una gestión adecuada de los residuos, coadyubando al cumplimiento de esta Acción Específica.
A029	Promover la preservación del perfil de la costa y los patrones naturales de circulación de las corrientes alineadas a la costa, salvo cuando dichas modificaciones correspondan a proyectos de infraestructura que tengan por objeto mitigar o remediar los efectos causados por alguna contingencia meteorológica o desastre natural.	No se prevén afectaciones al perfil de costa ni a los patrones naturales de circulación de las corrientes alineadas a la costa con la puesta en marcha del proyecto, manteniendo congruencia con esta Acción Específica.
A033	Fomentar el aprovechamiento de la energía eólica, excepto cuando su infraestructura pueda afectar corredores de especies migratorias.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A034	Promover mecanismos de generación de energía eléctrica usando la fuerza mareomotriz.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A040	Impulsar la sustitución de las actividades de pesca extractiva por actividades de producción acuícola con especies nativas de la zona en la cual se aplica el programa y con tecnologías que no contaminen el ambiente y cuya infraestructura no afecte los sistemas naturales.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.

A041	Fortalecer los mecanismos de seguimiento y control de las pesquerías comerciales para evitar su sobreexplotación.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A042	Instrumentar o en su caso reforzar las campañas de vigilancia de las actividades extractivas de especies marinas de captura comercial, especialmente aquellas que se encuentran en las categorías en deterioro o en su límite máximo de explotación.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A044	Diversificar la base de especies en explotación comercial en las pesquerías.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A047	Monitorear las comunidades planctónicas y áreas de mayor productividad marina para ligar los programas de manejo de pesquerías de manera predictiva con estos elementos.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A048	Contribuir a redimensionar y ajustar las flotas pesqueras y los esfuerzos de captura a las capacidades y estados actuales y previsibles de las poblaciones en explotación.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A049	Contribuir a la construcción, modernización y ampliación de la infraestructura portuaria de apoyo a la producción pesquera y turística para embarcaciones menores.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.
A071	Diseñar e instrumentar acciones coordinadas entre sector turismo y sector conservación para reducir al mínimo la afectación de los ecosistemas en zonas turísticas y aprovechar al máximo el potencial turístico de los recursos. Impulsar y fortalecer las redes de turismo de la naturaleza (ecoturismo) en todas sus modalidades como una alternativa al desarrollo local respetando los criterios de sustentabilidad según la norma correspondiente.	Las obras y actividades del proyecto no contravienen esta Acción Específica.

Acciones Generales

Tras haberse identificado las UGA que se relacionan a las obras y actividades del proyecto "Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz" y, como se pudo apreciar en las fichas técnicas de las tres UGAs, les son aplicables las Acciones Generales descritas en el Anexo 4 del Programa. A este respecto, debemos recordar que los responsables del cumplimiento de las acciones generales son, en el marco de sus atribuciones, las autoridades estatales, municipales o a la dependencia y/o entidad

de la Administración Pública Federal. Sin embargo, haremos un análisis de las mismas, destacando aquellas en las que se pueda prever una vinculación con el proyecto:

Tabla 7 Acciones Generales aplicables a la UGA41, UGA 44 y UGA 164

Clave	Acciones Generales	Vinculación con el proyecto
G001	Promover el uso de tecnologías y prácticas de manejo para el uso eficiente del agua en coordinación con la CONAGUA y demás autoridades competentes.	Con la medida de mitigación Med28, se dará un uso óptimo del agua durante la construcción del proyecto.
G002	Promover el establecimiento del pago por servicios ambientales hídricos en coordinación con la CONAGUA y las demás autoridades competentes.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G003	Impulsar y apoyar la creación de UMA para evitar el comercio de especies de extracción y sustituirla por especies de producción.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G004	Instrumentar o en su caso reforzar las campañas de vigilancia y control de las actividades extractivas de flora y fauna silvestre, particularmente para las especies registradas en la Norma Oficial Mexicana, Protección ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestre-Categoría de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010).	Con la implementación de las medidas de mitigación Med01, Med10, Med11, Med22, Med23 y Med24, se instrumentará esta Acción General al evitar las actividades extractivas durante las etapas de preparación de sitio y construcción.
G005	Establecer bancos de germoplasma, conforme a la legislación aplicable.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G006	Reducir la emisión de gases de efecto invernadero.	La implementación de las medidas de mitigación Med09, Med12, Med13, Med14, Med15, Med16 y Med17 permitirá mantener al mínimo las emisiones de gases de efecto invernadero durante la preparación de sitio y construcción del proyecto.
G007	Fortalecer los programas económicos de apoyo para el establecimiento de metas voluntarias para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y comercio de Bonos de Carbono.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G008	El uso de Organismos Genéticamente Modificados debe realizarse conforme a la legislación vigente.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G009	Planificar las acciones de construcción de infraestructura, en particular la de comunicaciones terrestres para evitar la fragmentación del hábitat.	El diseño e implementación de la medida de mitigación Med36 permitirá la instalación de pasos de fauna para minimizar una potencial fragmentación del hábitat.

Clave	Acciones Generales	Vinculación con el proyecto
G010	Instrumentar campañas y mecanismos para la reutilización de áreas agropecuarias para evitar su expansión hacia áreas naturales.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G011	Instrumentar medidas de control para minimizar las afectaciones producidas a los ecosistemas costeros por efecto de las actividades humanas.	Las estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales descritas en el Capítulo VI tienen la finalidad de minimizar las afectaciones al ecosistema costero por las obras y actividades del proyecto.
G012	Impulsar la ubicación o reubicación de parques industriales en sitios ya perturbados o de escaso valor ambiental.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G013	Evitar la introducción de especies potencialmente invasoras en o cerca de las coberturas vegetales nativas.	No se introducirán especies invasoras como parte de las actividades de revegetación del proyecto, por lo que se da cumplimiento a esta Acción General.
G014	Promover la reforestación en los márgenes de los ríos.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G015	Evitar el asentamiento de zonas industriales o humanas en los márgenes o zonas inmediatas a los cauces naturales de los ríos.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G016	Reforestar las laderas de las montañas con vegetación nativa de la región.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G017	Desincentivar las actividades agrícolas en las zonas con pendientes mayores a 50%.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G018	Recuperar la vegetación que consolide las márgenes de los cauces naturales en el ASO, de conformidad por lo dispuesto en la Ley de Aguas Nacionales, la Ley General de Vida Silvestre y demás disposiciones jurídicas aplicables.	Como ha ocurrido en otros casos en la misma zona, la instalación de las estructuras del puente permitirá que la fijación natural de individuos de mangle rojo (*Rhizophora mangle*), coadyubando al cumplimiento de esta Acción General.
G019	Los planes o programas de desarrollo urbano del área sujeta a ordenamiento deberán tomar en cuenta el contenido de este Programa de Ordenamiento, incluyendo las disposiciones aplicables sobre riesgo frente a cambio climático en los asentamientos humanos.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G020	Recuperar y mantener la vegetación natural en las riberas de los ríos y zonas inundables asociadas a ellos.	Como ha ocurrido en otros casos en la misma zona, la instalación de las estructuras del puente permitirá que la fijación natural de individuos de mangle rojo (*Rhizophora mangle*), permitiendo recuperar la vegetación natural en la ribera del río Jamapa.
G021	Promover las tecnologías productivas en sustitución de las extractivas.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.

Clave	Acciones Generales	Vinculación con el proyecto
G022	Promover el uso de tecnologías productivas intensivas en sustitución de las extensivas.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G023	Implementar campañas de control de especies que puedan convertirse en plagas.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G024	Promover la realización de acciones de forestación y reforestación con restauración de suelos para incrementar el potencial de sumideros forestales de carbono, como medida de mitigación y adaptación de efectos de cambio climático.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G025	Fomentar el uso de especies nativas que posean una alta tolerancia a parámetros ambientales cambiantes para las actividades productivas.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G026	Identificar las áreas importantes para el mantenimiento de la conectividad ambiental en gradientes altitudinales y promover su conservación (o rehabilitación).	El diseño e implementación de la medida de mitigación Med36 permitirá la instalación de pasos de fauna para mantener la conectividad ambiental.
G027	Promover el uso de combustibles de no origen fósil.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G028	Promover el uso de energías renovables.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G029	Promover un aprovechamiento sustentable de la energía.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G030	Fomentar la producción y uso de equipos energéticamente más eficientes.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G031	Promover la sustitución a combustibles limpios, en los casos en que sea posible, por otros que emitan menos contaminantes que contribuyan al calentamiento global.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G032	Promover la generación y uso de energía a partir de hidrógeno.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G033	Promover la investigación y desarrollo en tecnologías limpias.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G034	Impulsar la reducción del consumo de energía de viviendas y edificaciones a través de la implementación de diseños bioclimático, el uso de nuevos materiales y de tecnologías limpias.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G035	Establecer medidas que incrementen la eficiencia energética de las instalaciones domésticas existentes.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.

Clave	Acciones Generales	Vinculación con el proyecto
G036	Establecer medidas que incrementen la eficiencia energética de las instalaciones industriales existentes.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G037	Elaborar modelos (sistemas mundiales de zonificación agro-ecológica) que permitan evaluar la sostenibilidad de la producción de cultivos; en diferentes condiciones del suelo, climáticas y del terreno.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G038	Evaluar la potencialidad del suelo para la captura de carbono.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G039	Promover y fortalecer la formulación e instrumentación de los ordenamientos ecológicos locales en el ASO.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G040	Fomentar la participación de las industrias en el Programa Nacional de Auditoría Ambiental.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G041	Fomentar la elaboración de Programas de Desarrollo Urbano en los principales centros de población de los municipios.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G042	Fomentar la inclusión de las industrias de todo tipo en el Registro de Emisión y Transferencia de Contaminantes (RETC) y promover el Sistema de Información de Sitios Contaminados en el marco del Programa Nacional de Restauración de Sitios Contaminados.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G043	LA SEMARNAT, considerará el contenido aplicable de este Programa. En su participación para la actualización de la Carta Nacional Pesquera, Asimismo, lo considerará en las medidas tendientes a la protección de quelonios, mamíferos marinos y especies bajo un estado especial de protección, que dicte de conformidad con la Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentable.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G044	Contribuir a la construcción y reforzamiento de las cadenas productivas y de comercialización interna y externa de las especies pesqueras.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G045	Consolidar el servicio de transporte público en las localidades nodales.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G046	Fomentar la ampliación o construcción de infraestructuras que liberen tránsito de paso, corredores congestionados y mejore el servicio de transporte.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G047	Impulsar la diversificación de actividades productivas.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.

Clave	Acciones Generales	Vinculación con el proyecto
G048	Instrumentar y apoyar campañas para la prevención ante la eventualidad de desastres naturales.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G049	Fortalecer la creación o consolidación de los comités de protección civil.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G050	Promover que las construcciones de las casas habitación sean resistentes a eventos hidrometeorológicos.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G051	Realizar campañas de concientización sobre el manejo adecuado de residuos sólidos urbanos.	Con la implementación de la medida Med07 se llevarán a cabo campañas de concientización sobre el manejo adecuado de los residuos sólidos urbanos que se generen por las actividades constructivas del proyecto, en concordancia con esta Acción General.
G052	Implementar campañas de limpieza, particularmente en asentamientos suburbanos y urbanos (descacharrización, limpieza de solares, separación de basura, etc.).	La separación de residuos durante la preparación de sitio y construcción del proyecto, se alinea con el cumplimiento de esta Acción General.
G053	Instrumentar programas y mecanismos de reutilización de las aguas residuales tratadas.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G054	Promover en el sector industrial la instalación y operación adecuada de plantas de tratamiento para sus descargas.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G055	La remoción parcial o total de vegetación forestal para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, o para el aprovechamiento de recursos maderables en terrenos forestales y preferentemente forestales, sólo podrá llevarse a cabo de conformidad con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y demás disposiciones jurídicas aplicables.	El proyecto no removerá vegetación considerada como forestal de conformidad con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, en concordancia con esta Acción General.
G056	Promover e impulsar la construcción y adecuada operación de sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos, peligrosos o de manejo especial de acuerdo a la normatividad vigente.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G057	Promover los estudios sobre los problemas de salud relacionados con los efectos del cambio climático.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G058	La gestión de residuos peligrosos deberá realizarse conforme a lo establecido por la legislación vigente y los lineamientos de la CICOPLAFEST que resulten aplicables.	La implementación de la medida de mitigación Med02 tiene el objetivo de llevar a cabo una gestión de los residuos conforme a lo establecido por la legislación vigente, lo cual se alinea con esta Acción General.
G059	El desarrollo de infraestructura dentro de un ANP, deberá ser consistente con la legislación aplicable, el	No se desarrollará infraestructura dentro de un ANP.

Clave	Acciones Generales	Vinculación con el proyecto
	Programa de Manejo y el Decreto de creación correspondiente.	
G060	Ubicar la construcción de infraestructura costera en sitios donde se minimice el impacto sobre la vegetación acuática sumergida.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G061	La construcción de infraestructura costera se deberá realizar con procesos y materiales que minimicen la contaminación del ambiente marino.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G062	Implementar procesos de mejora de la actividad agropecuaria y aplicar mejores prácticas de manejo.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G063	Promover la elaboración de ordenamientos pesqueros y acuícolas a diferentes escalas y su vinculación con los ordenamientos ecológicos.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene esta Acción General.
G064	La construcción de carreteras, caminos, puentes o vías férreas deberá evitar modificaciones en el comportamiento hidrológico de los flujos subterráneos o superficiales o atender dichas modificaciones en caso de que sean inevitables.	Como se puede ver a detalle en el Capítulo II de este documento, la construcción del puente no implica la modificación en el comportamiento hidrológico de los flujos subterráneos o superficiales. Esto se alinea con esta Acción General.
G065	La realización de obras y actividades en Areas Naturales Protegidas, deberá contar con la opinión de la Dirección del ANP o en su caso de la Dirección Regional que corresponda, conforme lo establecido en el Decreto y Programa de Manejo del área respectiva.	No se desarrollará infraestructura dentro de un ANP.

Además de lo anterior, de acuerdo a la subregión en la que se encuentran las tres UGAs analizadas, se deben aplicar los Criterios de Zona Costera Inmediata Golfo Sur. Estos criterios responden en mucho a las características naturales de dicha franja y al intenso uso de que son objeto esos espacios que tocan varias de las UGA colindantes con el sur de Veracruz:

Clave	Criterios de Regulación Ecológica	Vinculación con el proyecto
ZGS-01	Dado que los pastos marinos representan importantes ecosistemas para la fauna marina, debe promoverse su conservación y preservación, por lo que se debe evitar su afectación y pérdida en caso de alguna actividad o proyecto. En todo caso, los estudios de impacto ambiental de obras y actividades	En el trazo del proyecto no se identificaron pastos marinos, por lo que se dará cabal cumplimiento a este Criterio de Regulación Ecológica.

	en esta zona, deberán considerar estudios que demuestren la no afectación y pérdida de estos ecosistemas.	
ZGS-02	Sólo se permitirá la captura de mamíferos marinos, aves y reptiles para fines de investigación, rescate y traslado con fines de conservación y preservación, conforme a lo dispuesto en la Ley General de Vida Silvestre y en las demás disposiciones jurídicas aplicables.	La supervisión ambiental del proyecto garantizará que no se lleve a cabo la captura de mamíferos marinos, aves y reptiles, salvo que durante la construcción del proyecto se vuelva indispensable el rescate y traslado de individuos de fauna de estos grupos biológicos.
ZGS-03	Las embarcaciones utilizadas para la pesca comercial o deportiva deberán portar los colores y claves distintivas asignadas por la Comisión Nacional de Pesca y Acuacultura, en los Lineamientos para los Mecanismos de Identificación y Control del Esfuerzo Pesquero, así como el permiso de pesca correspondiente.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene este Criterio de Regulación Ecológica.
ZGS-04	La recolección, remoción o trasplante de organismos vivos o muertos en las zonas arrecifales u otros ecosistemas representativos, sólo podrá llevarse a cabo bajo las disposiciones aplicables de la Ley General de Vida Silvestre y demás normatividad aplicable.	El trazo del proyecto no se encuentra dentro de zonas arrecifales u otros ecosistemas representativos, por lo que se dará cabal cumplimiento a este Criterio de Regulación Ecológica.
ZGS-05	Como una medida preventiva para evitar contaminación marina debe evitarse el vertimiento de hidrocarburos y otros residuos peligrosos en los cuerpos de agua.	Para cumplir con este Criterio de Regulación Ecológica, la supervisión ambiental del proyecto garantizará que, bajo ninguna circunstancia, sean vertidos hidrocarburos o residuos peligrosos en el cuerpo de agua.
ZGS-06	Con el fin de prevenir la contaminación y deterioro de las zonas marinas, es recomendable la difusión de las normas ambientales correspondientes en toda actividad náutica en la zona.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene este Criterio de Regulación Ecológica.
ZGS-07	Se requerirá que en caso de alguna actividad relacionada con obras de canalización y dragado debidamente autorizadas, se utilicen mallas geotextiles y otras tecnologías que eviten la suspensión y dispersión de sedimentos, en el caso de que exista el riesgo de que se afecten o resulten dañados recursos naturales por estas obras.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene este Criterio de Regulación Ecológica.
ZGS-08	Los proyectos relacionados con muelles de gran tamaño (para embarcaciones mayores de 500TRB [Toneladas de Registro Bruto] y/o 49 pies de eslora), deberán evitar la afectación de los procesos de transporte litoral, la calidad del agua marina y de las comunidades marinas presentes en la zona.	Ninguna de las obras y actividades del proyecto contraviene este Criterio de Regulación Ecológica.

ZGS-09	Por las características de los efluentes de los sistemas asociados a la zona del Grijalva-Usumacinta y el Coatzacoalcos, ricos en nutrientes derivados de uso de agroquímicos y fertilizantes así como de la naturaleza misma de los suelos de la cuenca y por la abundante carga de contaminantes de origen urbano e industrial que arrastran los cauces en la región, se recomienda en las UGA regionales correspondientes (UGA:64, UGA:66, UGA:67, UGA:69 y UGA:71) estudiar la factibilidad y promover la creación de áreas de protección mediante políticas, estrategias y control de uso del suelo en esquemas como los Ordenamientos Ecológicos locales o mediante el establecimiento de ANP federales, estatales, municipales, o áreas destinadas voluntariamente a la conservación que actúen de manera sinérgica para conservar los atributos del sistema costero colindante y contribuyan a completar un corredor de áreas protegidas sobre toda la zona costera del Golfo de México.	El proyecto "Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz" no se encuentra en ninguna de las UGA regionales mencionadas, por lo que no existe oposición entre el proyecto y este Criterio de Regulación Ecológica.

Como se puede apreciar en este apartado, el proyecto "Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz" mantienen congruencia con este instrumento de ordenamiento ecológico y no existe restricción alguna para su desarrollo.

III.1.3 PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO EN EL ESTADO DE VERACRUZ

Actualmente, el Estado de Veracruz cuenta con cuatro Ordenamientos Ecológicos decretados, que incluyen 67 municipios, mismos que busca garantizar la ubicación y desarrollo urbano, salvaguardando la seguridad y permanencia de los ecosistemas naturales:

Tabla 8 Ordenamientos Ecológicos decretados en el estado de Veracruz.

No.	Nombre del programa	Municipios
1	ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DE LA CUENCA DEL RÍO BOBOS	**Totalmente:** Atzalan, Altotonga, Jalacingo, Las Minas, Martínez de la Torre, Tatatila, Tlapacoyan, Villa Aldama y San Rafael.

		Parcialmente: Tecolutla, Papantla, Las Vigas, Misantla, Perote, Tlacolulan, Nautla y Tenochtitlán
2	ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO COATZACOALCOS	**Totalmente:** Agua Dulce, Chinameca, Coatzacoalcos, Cosoleacaque, Ixhuatlán del Sureste, Jáltipan, Moloacán Nanchital, Oteapan, Pajapan, Soconusco y Zaragoza. **Parcialmente:** Acayucan, Hidalgotitlán, Las Choapas, Mecayapan, Minatitlán, Oluta, Sayula de Alemán, Soteapan y Texistepec.
3	ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DE LA CUENCA DEL RÍO TUXPAN	**Totalmente:** Ixhuatlán de Madero, Tlachichilco y Zacualpan. **Parcialmente:** Ixcatepec, Chontla, Citlaltépetl, Tancoco, Zontecomatlán, Tihuatlán, Benito Juárez, Tuxpan, Huayacocotla, Chicontepec, Cerro Azul, Castillo de Teayo, Álamo Temapache, Tepetzintla y Texcatepec.
4	ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DE LA REGIÓN CAPITAL DE XALAPA	**Totalmente**: Acajete, Banderilla, Coatepec, Emiliano Zapata, Jilotepec, Naolinco, Rafael Lucio, Teocelo, Tlalnelhuayocan, Xalapa y Xico.

Fuente: Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Veracruz.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, no existen ordenamientos ecológicos estatales decretados que contengan al municipio de Boca del Río o de Alvarado, por lo que no existen restricciones para el desarrollo del proyecto "Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz" relacionadas a este tipo de instrumentos de regulación estatal.

III.2. Decretos y programas de conservación y manejo de las áreas naturales protegidas.

En este apartado, se identificarán Áreas Naturales Protegidas (ANP), de competencia federal o estatal, que confluyen al área donde será desarrollado el "Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz", así como el análisis y descripción del grado de compatibilidad de las obras y actividades proyectadas

con respecto a las disposiciones del decreto y/o del programa de manejo del ANP correspondiente, así como a las políticas (criterios de regulación y de restricción de cada zona) relacionadas para cada caso.

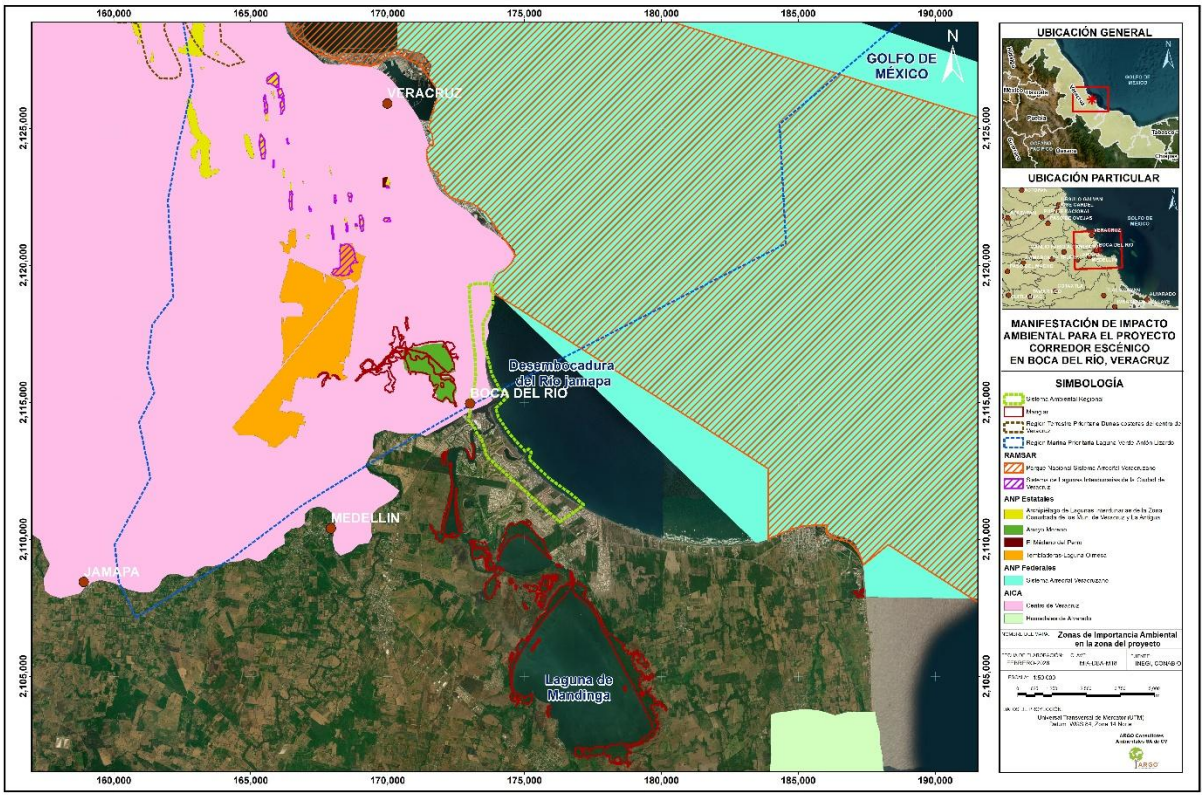


Figura 4 Zonas de importancia ambiental en el área en la que se proyecta la Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz, Ver. Fuente: Elaboración propia.

Como anexo a este documento se puede consultar el detalle de la cartografía generada para la Manifestación de Impacto Ambiental.

III.2.1 Áreas Naturales Protegidas de competencia federal

De acuerdo con CONANP, en el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave existen nueve zonas con declaratoria de Área Natural Protegida (ANP) de competencia federal: Parque Nacional Cañón del Río Blanco, Parque Nacional Cofre de Perote, Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, Parque Nacional Pico de Orizaba, Área de Protección de Flora y Fauna Sistema Arrecifal Lobos - Tuxpan, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano,

Área de Protección de Recursos Tlachihualtépetl, Santuario Playa Lechiguillas y Santuario Playas de Totonacapan.

Como se puede ver a partir de la figura de abajo, el trazo del proyecto no se encuentra dentro de ningún polígono decretado como ANP Federal (en color verde):

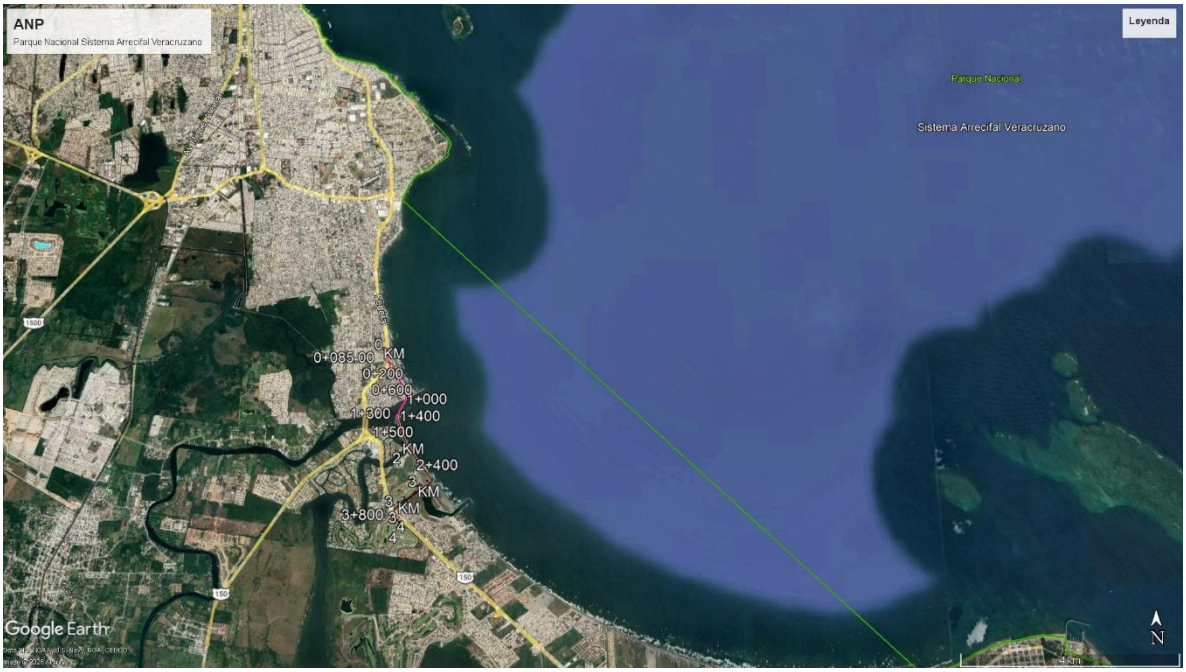


Figura 5 Localización del proyecto en relación al ANP Federal mas cercana.

El ANP más cercana corresponde al Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, el cual se encuentra a más de dos kilómetros de distancia, en la zona marina del Golfo de México. Ninguna de las obras y actividades del proyecto tendrá incidencia sobre dicha ANP, por lo que no se identificaron restricciones para su desarrollo.

III.2.2 Áreas Naturales Protegidas de competencia estatal

De acuerdo con el Sistema Estatal de Consulta de Espacios Naturales Protegidos de la Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Veracruz, en la entidad se han decretado 30 Áreas Naturales Protegidas de competencia estatal que abarcan una superficie de 83,382-23-01.60 hectáreas y se encuentran distribuidas en 44 municipios. El Espacio Natural Protegido más cercano al trazo del proyecto es Arroyo Moreno, ubicado en los municipios de Boca del Río y Medellín:



Figura 6 Polígono del ENP Arroyo Moreno. Fuente: Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Veracruz.

Ninguna de las obras y actividades del proyecto "Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz" tendrá interacción con este Espacio Natural Protegido, por lo que no se identificaron restricciones para su desarrollo.

III.3. Planes o programas de desarrollo urbano.

En este apartado haremos el análisis de los instrumentos que apliquen a la zona del proyecto, para así identificar los usos y destinos del área donde se pretenden desarrollar las obras y actividades para así señalar la compatibilidad con dichos instrumentos o, en su caso, señalar las medidas que cumplan de forma complementaria o paralela con los aspectos ambientales de las restricciones del área de estudio.

III.3.1 Programa de Ordenamiento Urbano de la Zona Conurbada Veracruz – Boca del Río – Medellín – Alvarado, Ver.

El 18 de agosto de 2008 se publicó en la Gaceta Oficial del Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave el citado Programa, que tiene (entre otros) los siguientes objetivos:

- Definir la Zonificación primaria, en donde se analizarán los elementos estructuradores de la Zona Conurbada
- Establecer una zonificación secundaria, donde se distribuya el territorio por zonas homogéneas
- Especificar el uso, densidades, COS, CUS, y compatibilidades de uso en base a políticas de ordenamiento urbano
- Establecer políticas para disminuir los efectos negativos y acrecentar el aprovechamiento de los recursos naturales

De acuerdo con la zonificación secundaria del Programa, el proyecto se ubica en los Sectores Este y Sur:



Como se puede apreciar en la figura anterior, la zona al norte del Río Jamapa y en la zona costera se encuentra reservada como *Corredor Urbano Comercial*, mientras que al

sur del Río Jamapa mantiene dos reservas especiales: *Reserva Desarrollo Turístico de Baja Densidad* y *Reserva Turística y Comercial*.

Respecto a la estructura vial propuesta en el Programa que estamos analizando, se basa en el planteamiento de un sistema que integra la vialidad regional con la vialidad intraurbana a partir del establecimiento de una serie de circuitos intraurbanos y el mejoramiento del libramiento extraurbano que rodea la mancha urbana de la Zona Conurbada Veracruz - Boca del Río - Medellín- Alvarado de noroeste a sureste, conectando la autopista Veracruz- Cardel, la autopista Veracruz – Córdoba y la carretera libre a Alvarado mediante 11 circuitos, numerosos pasos a desnivel y vialidades primarias y secundarias.

Sin embargo, aun cuando se proyecta el desarrollo turístico y comercial en esta zona, el Programa no toma en consideración la saturación prevista entre el Blvd. Miguel Alemán hasta llegar al Blvd. Riviera Veracruzana. Esto implica que en dicho documento no se tiene planeada ni la vialidad primaria ni el paso vehicular a desnivel, por lo que aun cuando no se identifican restricciones para la construcción del "Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz", el proyecto sin duda es una adición a la compatibilidad de los usos de suelo previstos en la zona en la que se pretende desarrollar.

III.3.2 Planes Municipales de Desarrollo

III.3.2.1 Plan Municipal de Desarrollo Alvarado 2022 – 2025

Se hizo un análisis al citado plan municipal y sus diferentes Ejer Rectores de Desarrollo:

- Eje 1.- Unidos por un Futuro con Bienestar
- Eje 2.- Unidos por un Futuro para Vivir Mejor
- Eje 3.- Unidos por un Futuro Próspero y Competitivo
- Eje 4.- Unidos por un Futuro Seguro
- Eje 5.- Unidos por un Mejor Gobierno

Dentro del Eje 3, se resaltan los siguientes programas municipales:

Programa	Descripción	Vinculación
Programa Alvarado Próspero	Estrategia de difusión de las ventajas competitivas del municipio de Alvarado en sus diferentes regiones como destino de la inversión privada, con la finalidad de aterrizar inversiones que permitan el establecimiento de empresas y la generación de empleos.	La mejora en la conexión vial entre el municipio y Boca del Río, permitirá colaborar en la atracción de inversión a la región.
Plan de Desarrollo Comercial de la Riviera Veracruzana	Establecer un programa estratégico con metas y objetivos que permita, en primera instancia, facilitar la inversión privada para fortalecer a la Riviera Veracruzana como un atractivo polo de desarrollo comercial, y, por otra parte, organizar su desarrollo comercial dándole orden y viabilidad en el mediano y largo plazo considerando su potencial, pero sobre todo que es, además, un área de un acelerado crecimiento inmobiliario.	Con una mejora en el tiempo de recorrido desde los municipios de Veracruz y Boca del Río, sin duda se fortalece a la Rivera Veracruzana como un atractivo polo de desarrollo comercial, habitacional y turístico.

El proyecto "Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz" no se encuentra listado dentro de los proyectos que se mencionan en el Plan Municipal analizado, sin embargo si se encuentra alineación con dos de los programas del Eje 3, además de que no existen restricciones para su desarrollo.

III.3.2.2 Plan Municipal de Desarrollo Boca del Río 2022 – 2025

Se analizó el Plan Municipal de Desarrollo del Boca del Río y, particularmente, los Ejes Rectores sobre los que se centra el desarrollo de dicho municipio:

I. Seguridad y Gobernanza
II. Desarrollo Económico
III. Desarrollo Social
IV. Sustentabilidad Urbana y Medio Ambiente
V. Armonía y felicidad

De éstos, destacamos los siguientes:

Eje	Línea de acción	Proyecto	Vinculación
Sustentabilidad urbana y medio ambiente	7.1 Diagnóstico de los ecosistemas	Diagnóstico del estado actual de los ecosistemas: humedales, cobertura vegetal y fauna.	En el Capítulo IV de este documento se presenta la caracterización del ecosistema y su diagnóstico. Adicionalmente, las medidas de mitigación Med01, Med10, Med11, Med22, Med23 y Med24 tienen como finalidad el monitoreo de flora y fauna del ecosistema durante las actividades de construcción del proyecto. Ambas actividades mantienen congruencia con esta línea de acción y aportan al conocimiento ambiental de la zona.
Sustentabilidad urbana y medio ambiente	8.2 Programa de Educación Ambiental	Programa de Educación Ambiental y desarrollo sustentable	La medida de mitigación Med07 se diseñó específicamente para la capacitación ambiental de la población fija del proyecto durante la etapa de construcción, en alineación con esta línea de acción.
Sustentabilidad urbana y medio ambiente	11.2 Realizar la construcción de calles con concreto hidráulico y asfalto	Construcción de calles de pavimento a base de concreto hidráulico	El proyecto será ejecutado utilizando, como uno de sus materiales principales, el concreto hidráulico

Como se puede apreciar, aun cuando el proyecto "Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz" no se encuentra listado dentro de los mencionados en este Plan Municipal, si se encuentra colaboración en el cumplimiento del algunas líneas de acción del Eje de Sustentabilidad urbana y medio ambiente, además de que no se identificaron restricciones para su desarrollo.

III.4. Normas Oficiales Mexicanas.

En seguida se presenta, en forma tabular, la vinculación del proyecto con las Normas Oficiales Mexicanas vigentes, para la cual se dará cumplimiento en cada etapa del proyecto:

NORMAS APLICABLES	ETAPA DEL PROYECTO	VINCULACION ENTRE EL INSTRUMENTO Y EL PROYECTO
ATMÓSFERA		
NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usa gasolina como combustible.	Preparación de Sitio y Construcción	Se observará la aplicación de esta norma ya que como parte de las actividades de preparación de sitio y construcción se utilizará, para el traslado del personal y el de material y equipo, de vehículos automotores a gasolina y/o diésel. El proyecto cumplirá esta norma y los límites máximos permisibles mediante la aplicación de la verificación vehicular por parte de los propietarios de dichos vehículos.
NOM-045-SEMARNAT-2006, Que establece los niveles máximos de opacidad de humo provenientes del escape de vehículos automotores en circulación que usan diésel o mezclas que incluyan Diésel como combustible. Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de	Preparación de Sitio y Construcción	Esta norma es aplicable al proyecto ya que, para el traslado de materiales, equipo y personal en la construcción de la obra, se contará con vehículos automotores a gasolina y/o diésel. El proyecto cumplirá esta norma y los límites máximos permisibles mediante la aplicación de la verificación

prueba y características técnicas del equipo de medición.		vehicular por parte de los propietarios de dichos vehículos.
NOM-050-SEMARNAT-2018, Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape del vehículo automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos.	Preparación de Sitio y Construcción	Esta norma será observada por el proyecto en caso de que durante alguna de las etapas del proyecto se utilicen vehículos automotores con estas características, por lo que se dará cumplimiento a los límites establecidos por esta norma mediante el mantenimiento preventivo y correctivo (Med12 y Med13).
AGUA		
Se hizo un análisis de las NOM en materia de agua emitida tanto por SEMARNAT como por CONAGUA, sin embargo ninguna es aplicable a las obras y actividades del proyecto. Cabe mencionar que, para evitar la contaminación del agua, mediante la medida de mitigación Med08 se contará con sanitarios portátiles para el uso del personal que labore en el proyecto.		
FLORA Y FAUNA		
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.	Preparación de Sitio y Construcción	En el Sistema Ambiental Regional se identificó la presencia de tres especies de vegetación consideradas en esta NOM. Como resultado del monitoreo de fauna realizado para fines de este documento, en el SAR del proyecto no se detectó la presencia de especies de mamíferos en la Norma, tres especies de aves y seis especies de reptiles consideradas en esta Norma (listadas con detalle en el Cap. IV). Sin embargo, como parte del trazo del proyecto no se prevé la necesidad de desmontar, trasplantar, rescatar o reubicar individuos de ninguna de estas especies. En el caso de que durante las etapas de preparación de sitio y construcción del proyecto se encuentren individuos de flora y fauna listados en la NOM, se realizará su rescate y traslado a zonas previamente designadas, para evitar que sean dañadas (Med01). Adicionalmente, las

		Med10, Med11, Med22, Med23 y Med24 garantizarán un monitoreo constante de la flora y fauna terrestre y acuática que nos permita evitar impactos ambientales a este importante componente ambiental.
NOM-022-SEMARNAT-2003, Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.	NA	No existe interacción entre el proyecto y esta NOM. El área en la que se proyecta el desarrollo de las obras y actividades sujetas a esta Manifestación de Impacto Ambiental cuenta con comunidades vegetales de manglar, sin embargo, no se encuentran presentes en el trazo del proyecto ni se prevé alteración alguna a la estructura, función o hidrodinámica que se asocian al humedal costero mas cercano al trazo del proyecto.
IMPACTO AMBIENTAL		
Se hizo un análisis de las NOM en materia de agua emitida tanto por SEMARNAT como por la ASEA, sin embargo ninguna es aplicable a las obras y actividades del proyecto.		
METODOLOGÍAS		
NOM-146-SEMARNAT-2017, Que establece la metodología para la identificación, delimitación y representación cartográfica que permitan la ubicación geográfica de la Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	Preparación de Sitio y Construcción	Debido al trazo y ubicación del proyecto, se volvió indispensable contar con una delimitación precisa de la Zona Federal Marítimo Terrestre, dando cabal cumplimiento a esta NOM.
NOM-146-SEMARNAT-2005, Que establece la metodología para la elaboración de planos que permitan la ubicación cartográfica de la zona federal marítimo terrestre y terrenos ganados al mar que se soliciten en concesión. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	Preparación de Sitio y Construcción	De igual manera, se generaron los planos y mapas que permitieron la ubicación cartográfica de la zona federal marítimo terrestre para el área en la que se pretende desarrollar el proyecto. Estos se pueden consultar detalladamente en el Anexo X.

RESIDUOS		
NOM-052-SEMARNAT-2005 Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	Preparación de Sitio y Construcción	Durante el desarrollo de las actividades de preparación de sitio y construcción del proyecto es probable la generación de residuos peligrosos de acuerdo a la clasificación de la NOM. Como se mencionó antes en este Capítulo, toda vez que los únicos residuos peligrosos a generar se refieren a alguna descompostura incidental, dichos residuos peligrosos se manejarán de conformidad con y siguiendo las obligaciones que marca la Ley y el Reglamento sobre las obligaciones de los microgeneradores.
NOM-161-SEMARNAT-2011. Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.	Preparación de Sitio y Construcción	De acuerdo al volumen de generación de residuos sólidos urbanos y de manejo especial que se estima serán generados por las actividades del proyecto, no se considera que la Promovente se categorice como gran generador de residuos de manejo especial, gran generador de residuos sólidos urbanos, ni productor, importador, exportador, comercializador y distribuidor de productos que al desecharse se convierten en Residuos de Manejo Especial sujetos a un Plan de Manejo. Sin embargo, los residuos serán manejados de manera adecuada y favoreciendo la valorización o aprovechamiento por terceros, conforme la medida de mitigación Med02.
RUIDO		
NOM-080-SEMARNAT-1994. – Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos	Preparación de sitio y Construcción	Durante el desarrollo del proyecto se aplicará las medidas de mitigación Med12 y Med13 para garantizar que los vehículos automotores que se utilizarán para la construcción del proyecto eviten

motorizados en circulación, y su método de medición.		la generación de niveles de ruido elevados a causa de los vehículos que participen en las etapas de preparación de sitio y construcción.
NOM-081-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.	Preparación de sitio y Construcción	El proyecto no contará con fuentes fijas de ruido, por lo que no se identifica una interacción con esta NOM.

Como se puede inferir a partir de la información presentada en las tablas anteriores, las Normas Oficiales Mexicanas en materia de aire, agua, residuos, ruido, flora y fauna son de gran importancia para la puesta en marcha del proyecto en sus distintas etapas. En el Capítulo VI se pueden consultar las medidas de mitigación diseñadas para dar cumplimiento a estas NOM.

III.5. Otros instrumentos a considerar:

III.5.1 Leyes y Reglamentos

Se inicia exponiendo la vinculación del proyecto con Constitución Mexicana, las Leyes y los Reglamentos de competencia federal que resulten aplicables al proyecto "Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz":

INSTRUMENTO	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.	El procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental que sigue el presente documento es el instrumento de gestión que regula e integra las medidas para evitar que se genere daño y deterioro ambiental por parte del proyecto, garantizando así el cumplimiento del Artículo 4°, en el que se menciona que toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. De igual manera, el proyecto pretende beneficiar al desarrollo económico de una de las regiones mas relevantes del país bajo criterios de equidad social, productividad y sustentabilidad y sujetándose a las modalidades que dicta el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos

	productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente conforme al Artículo 25. De igual manera, el proyecto pretende construirse, en parte, en superficies consideradas propiedad de la Nación de acuerdo con el Artículo 27
Ley de Aguas Nacionales	Como ya ha sido mencionado anteriormente, la delimitación de zona federal y zona federal marítimo-terrestre es parte crucial del proyecto, por lo cual se cuenta con una clara delimitación en función del trazo del proyecto y de lo descrito en esta Ley (Anexo X).
Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales	Como ya ha sido mencionado, parte del proyecto será construido en una zona para la que se volvió necesario delimitar la zona federal marítima terrestre y la zona federal conforme lo que especifica el Artículo 4. De acuerdo con la medida Med17, el agua que se utilice para el proyecto deberá provenir de una fuente que tenga un Título de Concesión actualizado (Capítulo II).
Ley General de Bienes Nacionales	La superficie en la que se proyectan las obras analizadas en este documento se consideran bienes de la nación (Artículo 6) y bienes de uso común (Artículo 7), para lo cual se solicitarán las autorizaciones correspondientes de acuerdo a esta Ley (Artículo 16). La delimitación de zona federal marítimo-terrestre utilizada en el trazo del proyecto corresponde a lo especificado en el Título Cuarto.
Reglamento Para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, **Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar**	La delimitación de zona federal marítimo-terrestre que corresponde a la superficie en la que se traza el proyecto se llevó a cabo en concordancia con los Artículos 3 y 4 del Reglamento.
Ley de Vías Generales de Comunicación.	Se analizó esta Ley, sin embargo no se considera que tenga injerencia en el proyecto sujeto a la presente Manifestación.
Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.	Toda vez que el presente documento forma parte del procedimiento de Evaluación en Materia de Impacto Ambiental, donde los impactos ambientales previstos para el proyecto se encuentran identificados y delimitados en su alcance, además de integrar las alternativas de mitigación o compensación a través de las medidas presentadas en el Capítulo VI y aplicables a todas las etapas del proyecto,

	conforme a la Fracción I del Artículo 6, se dará cabal cumplimiento a esta Ley.
Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo.	La promovente se cerciorará de que la empresa constructora de implementar procedimientos específicos para el cumplimiento de este reglamento y las Normas Oficiales Mexicanas en materia de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente en el trabajo, los cuales serán aplicados a la construcción y al mantenimiento del proyecto.
Ley General del Cambio Climático.	El proyecto no involucra la generación de emisiones atmosféricas directas e indirectas provenientes de fuentes fijas, por lo que no se considera que existan contravenciones entre el proyecto y la Ley analizada.
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.	La condición actual que guarda el medio biótico para el área del proyecto está descrita en el Capítulo IV de este documento. Podemos afirmar que el proyecto no afectará a ningún individuo de especies consideradas como forestales por esta Ley.
Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.	Como se menciona en el punto anterior, la condición actual que guarda el medio biótico para el área del proyecto está descrita en el Capítulo IV de este documento y se reitera que no se pretende la afectación de vegetación forestal. En adición a esto, aun cuando no se prevé que el proyecto pudiera afectar vegetación forestal, por lo que no se considera necesario solicitar un Cambio de Uso de Suelo, en apego a lo dispuesto en Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
Ley General de Vida Silvestre.	El presente proyecto considera, en las medidas de prevención y mitigación propuestas en el Capítulo VI, la protección y cuidado a la biodiversidad en la zona del proyecto, y así poder evitar su destrucción, daño o perturbación, en conformidad con la Ley. En el caso de que durante las etapas de preparación de sitio y construcción del proyecto se encuentren individuos de flora o fauna, dichos individuos serán respetados y solo en caso necesario, trasladados a zonas previamente designadas para su liberación. Esto, en caso de que los especialistas del equipo de supervisión ambiental los califique como susceptibles de reubicación.
Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre.	No se prevén afectaciones a la flora o fauna silvestre durante el desarrollo del proyecto. En el caso de que durante las etapas de preparación de sitio o construcción del proyecto se encuentren individuos de flora y fauna en situación de vulnerabilidad, se realizará el traslado a zonas designadas conforme al Reglamento. De igual forma, la medida de

	mitigación Med36 tiene contemplada la colocación de zonas de paso de fauna específicas para el cangrejo azul (*Cardisoma guanhumi*) que permitan un cruce seguro de individuos de dicha especie.
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.	Es motivo de cumplimiento del artículo 28 de esta Ley la presente Manifestación de Impacto Ambiental para la obtención de la autorización en la materia por parte de la SEMARNAT, como lo estipula la Fracción 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. El proyecto se desarrollará parcialmente, por la construcción de un puente sobre el Río Jamapa, en una zona federal por ser la zona en la que desemboca el cuerpo de agua en el Golfo de México. El presente documento está integrado de acuerdo a lo que marca la Sección V de esta Ley, para cumplimiento cabal de dicha disposición jurídica. Para el desarrollo del proyecto se cumplirá con los criterios para la protección de la atmósfera, aguas residuales, flora y fauna; agua y suelo, por lo que en los capítulos V y VI se presentan los posibles impactos al medio por el desarrollo del proyecto y se proponen las medidas preventivas y de mitigación necesarias para reducir al mínimo las afectaciones.
Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas.	Como ya ha sido mencionado anteriormente en este Capítulo, el trazo del proyecto se encuentra fuera de las ANP federales y estatales de la región, por lo que no se contraviene el Reglamento.
Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental	El proyecto sujeto a esta Manifestación cumplirá con el reglamento mediante el ingreso para la evaluación y emisión por la autoridad ambiental de la correspondiente autorización condicionada en materia de Impacto Ambiental, en virtud de que dicho proyecto se encuentra en los supuestos de Artículo 5 Inciso R). Esto, mediante la presentación ante la Secretaría una Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional (Artículo 11) conforme al procedimiento y cumpliendo con los requisitos marcados en el Reglamento.

Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera.	Se vincula con el proyecto ya que durante las etapas de preparación del sitio y construcción se generarán emisiones, mismas que serán controladas y disminuidas mediante la aplicación de las Normas Oficiales Mexicanas en la materia. Es importante afirmar que ninguna de las etapas del proyecto contará con fuentes fijas de jurisdicción federal.
Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico.	El proyecto en evaluación se vinculó con los requerimientos de las actividades, lineamientos y criterios en los instrumentos en materia de Ordenamiento Ecológico, por lo que el análisis nos indica que cumple con los ordenamientos ecológicos aplicables a la región. La concordancia con el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio se analizó previamente en este mismo Capítulo.
Ley General para La Prevención y Gestión Integral de los Residuos.	Se está previsto que durante las diferentes etapas del Proyecto se generarán residuos sólidos, que se manejarán en coordinación con cada Municipio, en cumplimiento a la Ley. En particular, el proyecto generará residuos sólidos urbanos inorgánicos relacionados al alimento del personal y el embalaje de los materiales a utilizar en la etapa de construcción (Artículo 18), así como residuos de manejo especial (Artículo 19 Fracción VII) por la generación de escombro proveniente del corte, relleno y demolición, además de aquellos residuos generados por las actividades constructivas, el relleno y compactación de zanjas. Los residuos de manejo especial serán depositados en un banco de tiro autorizado por el municipio más cercano al frente de trabajo. El proyecto no contempla la formulación de un Plan de Manejo, toda vez que en ninguna de las etapas del proyecto se prevé la generación de los residuos enlistados en el Artículo 31 de la Ley. Respecto a la clasificación como generadores de residuos peligrosos, toda vez que los únicos residuos peligrosos a generar se refieren a los resultantes de alguna descompostura de maquinaria o vehículos, así como la pintura de postes como medida de mitigación, la categoría sería de Microgenerador (Artículo 44 Fracción III), por lo que los residuos peligrosos se manejarán de conformidad con el Artículo 45 y siguiendo las obligaciones que marca el Artículo 48 sobre las obligaciones de los microgeneradores.

Reglamento de Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.	Los residuos peligrosos que se generen durante la etapa de construcción del proyecto serán identificados conforme a la clasificación del Artículo 35. Como los únicos residuos peligrosos que pudieran generarse por el proyecto corresponden a los resultantes de alguna descompostura de maquinaria o vehículos, serán caracterizados como residuo peligroso una vez que concluya su función (Artículo 38). Respecto a la clasificación como generadores de residuos peligrosos, toda vez que los únicos residuos peligrosos a generar se refieren a los resultantes de alguna descompostura de maquinaria o vehículos, la categoría sería de Microgenerador (Artículo 42 Fracción III), garantizando contar con registro (Artículo 43) por lo que los residuos peligrosos se manejarán de conformidad con los Artículos 68, 83, y 85 de esta Ley.
Reglamento para la Protección del Ambiente Contra la Contaminación Originada por la Emisión de Ruido.	De acuerdo con la clasificación del Artículo 6, no se prevé la emisión de ruido por parte de fuentes fijas en ninguna etapa del proyecto. La movilización de personal y material de construcción en vehículos automotores constituye el uso de fuentes móviles. Al respecto, se evitará rebasar los niveles permisibles especificados en el Artículo 29, dependiendo del tipo de vehículo utilizado en las etapas de preparación de sitio y construcción.
Ley de Vertimientos en las Zonas Marinas Mexicanas	La colocación de las estructuras de concreto correspondientes a la obra civil del proyecto (Fracción VII del Artículo 4 Bis) no se consideran como un vertimiento, toda vez que su finalidad es distinta a la de su mera evacuación, de conformidad con el Artículo 3 Bis. Se buscará el cabal cumplimiento del Artículo 5 de esta Ley mediante la solicitud del permiso de vertimiento correspondiente, proporcionando a la autoridad la justificación (Artículo 8) e información necesaria para evaluar (Artículo 9 y Artículo 19) su pertinencia, en caso de que se haya obtenido la autorización de impacto ambiental correspondiente (Artículo 19).

III.5.2 Planes y Programas

En este apartado haremos un resumen del resultado del análisis de otros instrumentos considerados relevantes en función de las obras y actividades del proyecto "Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz", así como del ecosistema urbano y costero en el que se pretende desarrollar:

INSTRUMENTO	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Plan Nacional de Desarrollo 2025 - 2030	El Plan Nacional de Desarrollo (PND) es la guía de los objetivos y acciones del Gobierno de México rumbo a 2030. Estos objetivos consisten en consolidar la transformación del país bajo un modelo de desarrollo con bienestar, justicia social y sustentabilidad. Se analizaron los objetivos y estrategias de políticas públicas para identificar si existe alineación con el proyecto: **EJE General 3: Economía Moral y Trabajo - Objetivo 3.7** El proyecto colabora con la implementación de la *Estrategia 3.7.1*, en virtud de que incrementa la conectividad entre regiones y promueve el desarrollo de Boca del Río y Alvarado, en especial como polos económicos y centros turísticos. De igual manera, la construcción del proyecto se alinea con la *Estrategia 3.7.2* que implica "Fomentar la construcción, modernización y conservación de la infraestructura de transporte para garantizar la movilidad de personas, bienes, servicios y turistas nacionales e internacionales, asegurando condiciones de seguridad vial, accesibilidad, eficiencia, sostenibilidad, calidad, inclusión e igualdad.". **EJE General 3: Economía Moral y Trabajo - Objetivo 3.11** Asimismo, el desarrollo de este proyecto abona a la implementación de la estrategia 3.11.1 al fomentar el desarrollo integral de infraestructura, fortalecer la competitividad de las cadenas de producción y redes de valor turístico.
Plan Veracruzano de Desarrollo 2025 - 2030	El Plan contiene cuatro Ejes Rectores, los cuales representan los deseos del Veracruz al que se aspira durante los próximos seis años; también contiene dos Ejes Transversales que simbolizan los valores públicos que permearán y adoptarán cada una de las Dependencias y Entidades de la Administración Pública Estatal. Se analizaron los cuatro Ejes Rectores y los dos Ejes Transversales contenidos en el Plan, para así identificar aquellas en las que puede contribuir el proyecto: **EJE RECTOR 2 Veracruz con Economía y Sustentabilidad - Estrategia 2.1** El proyecto tiene alineación con la *Línea de Acción 2.1.12* en virtud de que se garantiza la eficiencia y seguridad en las cadenas de suministro mediante el mejoramiento de la infraestructura de transporte. **EJE RECTOR 2 Veracruz con Economía y Sustentabilidad - Estrategia 2.3**

	La identificación de este proyecto, así como las fuentes de recursos económicos para su desarrollo, permite impulsar la actividad turística en la entidad, implementando así la *Línea de Acción 2.3.5*. **EJE RECTOR 3 Veracruz con Infraestructura y Movilidad – Estrategia 3.1** La construcción del puente sobre el Río Jamapa que forma parte del proyecto en comento, respalda el cumplimiento de la Línea de *Acción 3.1.4* y propicia el mejoramiento de la conectividad en la entidad. **EJE RECTOR 3 Veracruz con Infraestructura y Movilidad – Estrategia 3.2** Al poner en marcha el proyecto "Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz" se mejora el flujo vehicular y la movilidad urbana, en concordancia con la Línea de Acción 3.2.2. Como un elemento adicional, el PVD 2025 – 2030 contempla un aspecto que fortalece la toma de decisiones, ya que incorpora un apartado denominado Proyectos para la Transformación, donde se muestran las principales obras y acciones detonadoras del crecimiento y el desarrollo del Estado para este sexenio; mismos que representarán el esfuerzo conjunto entre los tres niveles de gobierno, y la participación activa de la iniciativa privada y la sociedad. El proyecto sujeto a este proceso de EIA se encuentra enlistado en este apartado, siendo el proyecto No. 25
Estrategia Nacional de Cambio Climático	La SEMARNAT y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) publicaron (30/09/2024) en el DOF la actualización de la Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 10-20-40. Se analizó este instrumento de política pública y los ejes estratégicos de los componentes de mitigación, adaptación y de política climática transversal: El monitoreo de flora y fauna dentro de la zona de influencia del proyecto permite mantener actualizada la información del ecosistema y, en su caso, las especies vulnerables de la zona, en alineación con la *Línea Estratégica A3.3* del componente de Adaptación. De igual forma, la puesta en marcha del proyecto abona a la implementación de la *Línea Estratégica M3.4* "Incrementar u fortalecer la interconectividad regional y nacional con redes multimodales".

Estrategia Nacional Sobre Biodiversidad de México y Plan de Acción 2016 - 2030	La Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México (ENBioMex) y Plan de Acción 2016-2030 es un documento guía que presenta los principales elementos para conservar, restaurar y manejar sustentablemente la biodiversidad y los servicios que provee en el corto, mediano y largo plazo. Se analizaron los seis ejes estratégicos, 24 líneas de acción y las 160 acciones que integran la ENBioMex, resultando en los siguiente: **EJE ESTRATÉGICO 1 Línea de Acción 1.1** Para la redacción del Capítulo IV de este documento, se abona al cumplimiento de la *Acción 1.1.1* al generar información sobre el estado de conservación y funcionamiento del Sistema Ambiental. Al implementar el monitoreo de flora y fauna durante la construcción del proyecto se suma a la *Acción 1.1.7* puesto que se identificará tanto el estado de conservación de las especies y, en su caso, si existen tendencias de cambio durante el proceso de construcción de la obra. **EJE ESTRATÉGICO 2 Línea de Acción 2.1** La medida de mitigación Med36 permite mantener la conectividad del ecosistema mediante la proveduría del paso de fauna y, a su vez, abonar al cumplimiento de la *Acción 2.1.7* desde este proyecto. **EJE ESTRATÉGICO 4 Línea de Acción 4.7** Al implementar el monitoreo de flora y fauna durante la construcción del proyecto, abonaremos a implementar la *Acción 4.7.5* y a generar conocimiento sobre la calidad ambiental de esta zona urbana.
Convención sobre los Humedales (RAMSAR)	En la región en la que se pretende desarrollar el proyecto, existen dos sitios que forman parte de la Lista de Humedales de Importancia Internacional: • Sitio 1450 Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz • Sitio 1346 Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano Sin embargo, el trazo del proyecto no interseca los polígonos de ninguno de estos Sitios RAMSAR. Las obras y actividades del proyecto no tendrán interacción alguna con los sitios mencionados, por lo que no existen restricciones en relación a este Convenio.
Región Marina Prioritaria No. 49	El objetivo de esta delimitación fue el de desarrollar un marco de referencia para contribuir a la planificación, conservación y manejo sustentable de los ambientes marinos en México,

Laguna Verde / Antón Lizardo	que sean considerados los sitios de mayor biodiversidad. El proyecto se encuentra dentro de la Región Marina Prioritaria No. 49, que abarca una extensión de 3657 km^2 y tiene la siguiente clasificación: 1. AB Área de alta biodiversidad 2. AA Área que presenta alguna amenaza a la biodiversidad 3. AU Área de Uso por Sectores De acuerdo con la ficha prioritaria publicada por CONABIO, se tiene la siguiente problemática: • Modificación del entorno: tala de manglar, dragado. Alteración de cuencas con cambios hidrológicos e influencias de la planta nucleoeléctrica. • Contaminación: por petróleo, aguas residuales, agroquímicos, fertilizantes, desechos industriales y aguas negras. • Uso de recursos: presión del sector pesquero sobre el ostión y robalo, y del sector turístico sobre arrecifes coralinos. Existe pesca ilegal. Sin embargo, ninguna de las obras y actividades en evaluación representa un incremento en la problemática identificada, por lo que no se identifica una incompatibilidad entre la RMP y el proyecto.
AICA 150 Centro de Veracruz	Las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA) surgen de un programa de Birdlife Internacional, el cual busca identificar este tipo de áreas en todo el mundo. Mediante criterios como la amenaza que sufren las especies de aves, lo restringido de sus distribuciones y la cantidad de aves que se pueden congregar en un solo sitio. El proyecto se encuentra en la zona urbana oriental del AICA 150 Centro de Veracruz, la cual posee poblaciones de unas 12 especies de aves endémicas o de distribución restringida, y cuatro de las 19 especies de aves enlistados para México en el libro rojo de la IUCN (34% de las especies de la NOM-059-SEMARNAT-2010). Como se menciona más adelante a detalle en el Capítulo IV de este documento, los recorridos de campo identificaron 85 especies (la mayoría de aves acuáticas, costeras y marinas residentes), siendo seis de estas las enlistadas en la NOM-059 (tres amenazadas y tres sujetas a protección especial). Dada la relevancia del área, la medida de mitigación Med24 permitirá evitar afectar cualquier tipo de afectación negativa a la avifauna del AICA.

III.6 Grado de Concordancia del Proyecto con las políticas e instrumentos de planeación del desarrollo de la región.

Una vez que se ha presentado un análisis más detallado de los principales instrumentos de planeación del desarrollo en la zona en la que se planea desarrollar el proyecto, a continuación se presenta la determinación del grado de concordancia del mismo en función de una escala de concordancia propuesta por este grupo consultor en función de compatibilidades y restricciones:

	Grado	Núm.	Descripción
Concordancia	**Máxima**	5	**Es el plan o programa de desarrollo**
	Alta	4	**Obra(s) o actividad(es) principal(es)**
	Media	3	**Proyecto (s) asociado (s)**
	Baja	2	**Proyecto (s) conexo (s)**
	Mínima	1	**Proyecto(s) de oportunidad**
	Nula	0	**Sin relación con el plan o programa de desarrollo**
Discordancia	**Mínima**	-1	**Proyecto(s) antagónico(s)**
	Máxima	**-2**	**Plan o programa antagónico o excluyente**

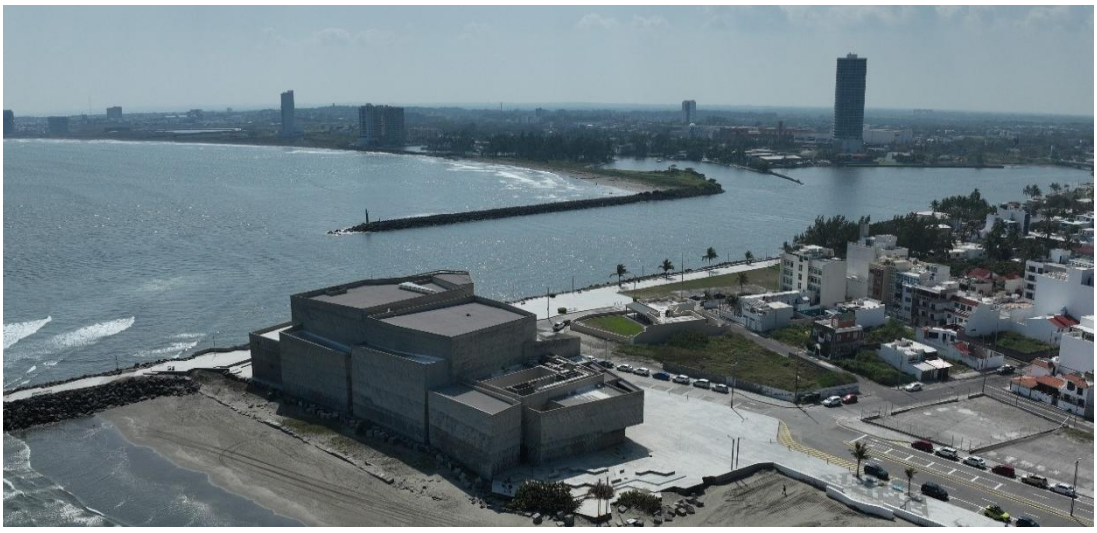
Una vez tomada en cuenta la calificación para determinar la concordancia o discordancia del proyecto bajo estudio, se tiene lo siguiente para cada uno de los Planes, Programa y Estudios analizados y en los que se traslapan los polígonos o alcances de cada uno:

Tipo de Instrumento	Concordancia
Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio	3
Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe	2
Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Veracruz de Ignacio de la Llave	3
Programa de Ordenamiento Urbano de la Zona Conurbada Veracruz - Boca del Río - Medellín - Alvarado, Ver.	3
Plan Municipal de Desarrollo Alvarado 2025 - 2030	3
Plan Municipal de Desarrollo Boca del Río 2025 - 2030	3
Plan Nacional de Desarrollo 2025 - 2030	2
Plan Veracruzano de Desarrollo 2025 - 2030	4
Estrategia Nacional de Cambio Climático	2
Estrategia Nacional Sobre Biodiversidad de México y Plan de Acción 2016 - 2030	2

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la tabla anterior, podemos observar que la mayoría de los Planes, Programas e Instrumentos evaluados poseen una concordancia Alta (cinco instrumentos con una calificación de 3 y uno con calificación de 4, para un promedio general de 2.7), por lo que se considera que la concordancia para el desarrollo del Proyecto con los instrumentos comparados es **Alta**.

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL,

MODALIDAD REGIONAL



Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz

GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ 2024 - 2030

SIOP SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA Y OBRA PÚBLICA

Secretaría de Infraestructura y Obras Públicas del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave (SIOP).

CAPÍTULO IV

Junio, 2026.

Contenido

IV.1 Delimitación y justificación del sistema ambiental regional (SAR) donde pretende establecerse el proyecto..... 2

Área del proyecto y su relación con el Sistema Ambiental Regional..... 3

IV.2 Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SAR .. 16

IV.2.1 Medio abiótico..... 16

IV.2.2 Medio biótico..... 71

IV.2.3 Medio socioeconómico..... 122

IV.3 Delimitación de la unidad paisajística 140

IV.4. Diagnóstico ambiental 149

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL PUENTE EN BOCA DEL RÍO-ALVARADO, VERACRUZ

IV.1 Delimitación y justificación del sistema ambiental regional (SAR) donde pretende establecerse el proyecto.

La delimitación del Sistema Ambiental Regional equivale a definir la unidad geográfica de referencia dentro de la cual se analizarán las condiciones ambientales y territoriales relacionadas con el proyecto y se evaluará la importancia de los impactos ambientales que pudieran generarse como consecuencia de su construcción y operación.

La importancia de esta delimitación deriva de la función que desempeña durante el procedimiento de evaluación de impacto ambiental. La magnitud y relevancia de la alteración de un factor ambiental solamente pueden interpretarse en términos relativos, considerando las condiciones, dimensiones, distribución y calidad que dicho factor presenta dentro del sistema ambiental regional.

El SAR debe conformarse a partir del análisis de la uniformidad y continuidad de los componentes y procesos ambientales significativos con los cuales interactuará el proyecto en el espacio y en el tiempo. Asimismo, su delimitación debe ser acompañada por una justificación técnica que describa los criterios y análisis utilizados.

En términos operativos, el SAR debe constituir una unidad objetiva, inventariable y cartografiable, dentro de la cual sea posible caracterizar los componentes ambientales relevantes, identificar las principales presiones existentes y analizar las tendencias previsibles de transformación del territorio.

Si bien los ecosistemas y los procesos naturales no necesariamente presentan límites rígidos o claramente identificables, para efectos de la evaluación ambiental resulta indispensable establecer una unidad espacial de análisis. La existencia de límites operativos permite acotar la caracterización, interpretar las interacciones existentes entre los componentes ambientales y dimensionar los posibles efectos del proyecto.

La delimitación debe guardar correspondencia con la naturaleza, dimensiones y alcance espacial de las obras. Debe ser suficientemente amplia para incorporar los componentes y procesos ambientales relacionados funcionalmente con el proyecto, pero también debe evitar extenderse hacia superficies que no mantengan una relación proporcional o identificable con sus efectos previsibles.

Para la delimitación del SAR del proyecto se consideraron los siguientes elementos generales:

- La naturaleza y dimensiones del puente y de la vialidad costera.
- La configuración lineal de las obras.
- La superficie directamente requerida por el proyecto.
- La distribución actual de los usos del suelo.
- El grado de transformación urbana y periurbana.
- La presencia de infraestructura existente.
- La desembocadura del río Jamapa.
- La configuración de la franja litoral.
- La dinámica histórica de la línea de costa.
- La continuidad territorial del corredor de la Riviera Veracruzana.
- El alcance espacial previsible de los impactos ambientales.

Área del proyecto y su relación con el Sistema Ambiental Regional

Para efectos de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, es importante distinguir entre el área del proyecto y el Sistema Ambiental Regional. El área del proyecto corresponde a los polígonos envolventes dentro de los cuales se ejecutarán físicamente las obras y actividades previstas, incluyendo la preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura proyectada. En esta superficie se concentrarán las intervenciones directas relacionadas con la ocupación del terreno, delimitación de frentes de obra, movilización de maquinaria y personal, excavaciones, cimentaciones, conformación de terracerías, pavimentación, instalación de elementos de seguridad y obras complementarias.

El proyecto se integra por dos componentes principales: el Tramo C, correspondiente al puente vehicular que cruzará la desembocadura del río Jamapa, y el

Tramo D, correspondiente a la vialidad costera que dará continuidad al puente y permitirá su conexión con la infraestructura vial existente en la Riviera Veracruzana. El Tramo C inicia en el boulevard Vicente Fox Quesada, dentro de la zona urbana consolidada de Boca del Río, cruza la desembocadura del río Jamapa y concluye sobre su margen derecha. El Tramo D continúa hacia el sur sobre la franja costera de la Riviera Veracruzana, hasta integrarse con vialidades existentes.

El mapa correspondiente a los polígonos envolventes permite observar que una proporción importante de las obras se desarrollará sobre superficies previamente modificadas o vinculadas con infraestructura existente. En la margen correspondiente a Boca del Río predominan vialidades, edificaciones, espacios públicos, escolleras, infraestructura turística y otras obras urbanas. En la margen correspondiente al municipio de Alvarado se presentan desarrollos residenciales y turísticos, vialidades, terrenos intervenidos y superficies sujetas a procesos de expansión urbana.

El Sistema Ambiental Regional, por su parte, constituye la unidad territorial de análisis dentro de la cual se caracterizan las condiciones ambientales y territoriales relacionadas con el proyecto, se identifican las principales presiones existentes y se evalúa la importancia relativa de los impactos. Por ello, el SAR no se limita a la huella física de las obras, sino que incorpora los componentes y procesos que mantienen relación funcional con el proyecto y con su entorno urbano-costero, incluyendo la desembocadura del río Jamapa, sus márgenes, la franja litoral, la zona de playa, los esteros, las barras arenosas, el sector conocido como Isla del Amor, los remanentes de vegetación costera, las áreas urbanizadas y los sectores sujetos a expansión y transformación territorial.

Dentro del SAR se reconocen zonas y componentes con distinta sensibilidad ambiental. Las áreas urbanizadas, vialidades existentes y superficies previamente transformadas presentan menor sensibilidad relativa ante la ocupación física del proyecto; en cambio, los componentes asociados con cuerpos de agua, humedales, vegetación costera, manglar, sitios de anidación, madrigueras de cangrejo azul, rutas de desplazamiento de fauna, playa, dunas remanentes y puntos de alta visibilidad paisajística presentan mayor sensibilidad ambiental. Esta diferenciación no implica la delimitación de un tercer polígono independiente, sino la identificación de áreas de atención prioritaria dentro del SAR para fines de evaluación de impactos y definición de medidas de prevención, mitigación y vigilancia ambiental.

En consecuencia, la evaluación ambiental se realiza considerando que los efectos físicos directos se concentrarán en el área del proyecto, mientras que los efectos indirectos, temporales, acumulativos, funcionales o perceptuales se interpretan dentro del SAR, en función de la sensibilidad de los componentes ambientales y sociales identificados.



Figura 1. Área del proyecto o polígonos envolventes de las obras.

Criterios utilizados para la delimitación del SAR

La delimitación del SAR se realizó mediante la integración y análisis de información cartográfica, imágenes aéreas, características territoriales observables y estudios específicos relacionados con el proyecto.

La delimitación del SAR no se realizó mediante la aplicación de una distancia fija alrededor del trazo del proyecto, ya que este método no reflejaría adecuadamente la

configuración urbana del entorno ni la distribución de los procesos costeros e hidrológicos presentes en la región.

De igual manera, no se consideró apropiado delimitar el SAR con base un criterio de cuenca hidrológica, debido a que ello incorporaría una superficie excesivamente amplia, cuyos componentes y procesos ambientales no guardarían una relación directa o proporcional con el alcance del proyecto.

Los principales criterios utilizados se describen a continuación.

Naturaleza, dimensiones y distribución espacial del proyecto

El primer criterio considerado fue la ubicación y distribución espacial de las obras. Debido a que se trata de una infraestructura lineal integrada por un puente y una vialidad costera, el SAR debía incorporar la totalidad del trazo y las superficies relacionadas funcionalmente con su construcción y operación.

La configuración longitudinal de la poligonal responde a la orientación general del proyecto y a la continuidad del corredor costero dentro del cual se pretende establecer.

La delimitación comprende el inicio del puente en la zona urbana de Boca del Río, el cruce sobre la desembocadura del río Jamapa y la vialidad que continúa sobre la franja litoral de la Riviera Veracruzana.

Uso del suelo y grado de transformación territorial

El uso actual del suelo constituyó uno de los principales criterios empleados para definir y caracterizar el SAR.

El análisis cartográfico muestra que la región presenta un grado elevado de transformación antrópica y que dentro de la poligonal predominan los asentamientos humanos, la infraestructura y otras superficies previamente modificadas.

En la porción norte se presenta una zona urbana consolidada, caracterizada por la presencia continua de edificaciones, vialidades, servicios, espacios recreativos e infraestructura turística.

Hacia el sur de la desembocadura se encuentran desarrollos residenciales y turísticos, caminos, terrenos intervenidos y superficies sujetas a expansión urbana.

Los remanentes de vegetación natural y seminatural se presentan de manera fragmentada y ocupan una proporción comparativamente menor. Entre las coberturas

identificadas se encuentran sectores de vegetación de dunas costeras, vegetación secundaria asociada con dunas, manglar, pastizales y otros tipos de vegetación vinculados con cuerpos de agua y humedales.

Esta distribución confirma que el SAR corresponde a una zona urbana y periurbana ampliamente modificada, dentro de la cual persisten algunos componentes naturales relevantes.

La delimitación permite analizar la interacción existente entre los remanentes de vegetación, los cuerpos de agua, la infraestructura y las tendencias actuales de urbanización.



Figura 2 Ilustración de la interacción presentada en el SAR.

Desembocadura del río Jamapa

La desembocadura del río Jamapa constituye uno de los principales elementos considerados durante la delimitación, debido a que el puente proyectado cruzará directamente este espacio.

En la desembocadura convergen los escurrimientos continentales, la influencia marina, las mareas, las corrientes costeras y el transporte de sedimentos. También se desarrollan actividades urbanas, recreativas, turísticas y de navegación, por lo que constituye un punto de interacción entre componentes naturales y artificiales.

La zona presenta un grado importante de modificación debido a la existencia de escolleras, vialidades, infraestructura urbana y ocupación de sus márgenes. Sin embargo, mantiene su función como conexión hidrológica entre el río Jamapa y el Golfo de México.

La incorporación de la desembocadura dentro del SAR permite analizar las condiciones actuales del cauce y sus márgenes, las obras existentes, los usos desarrollados en el sitio y los procesos ambientales con los cuales podría interactuar el puente.

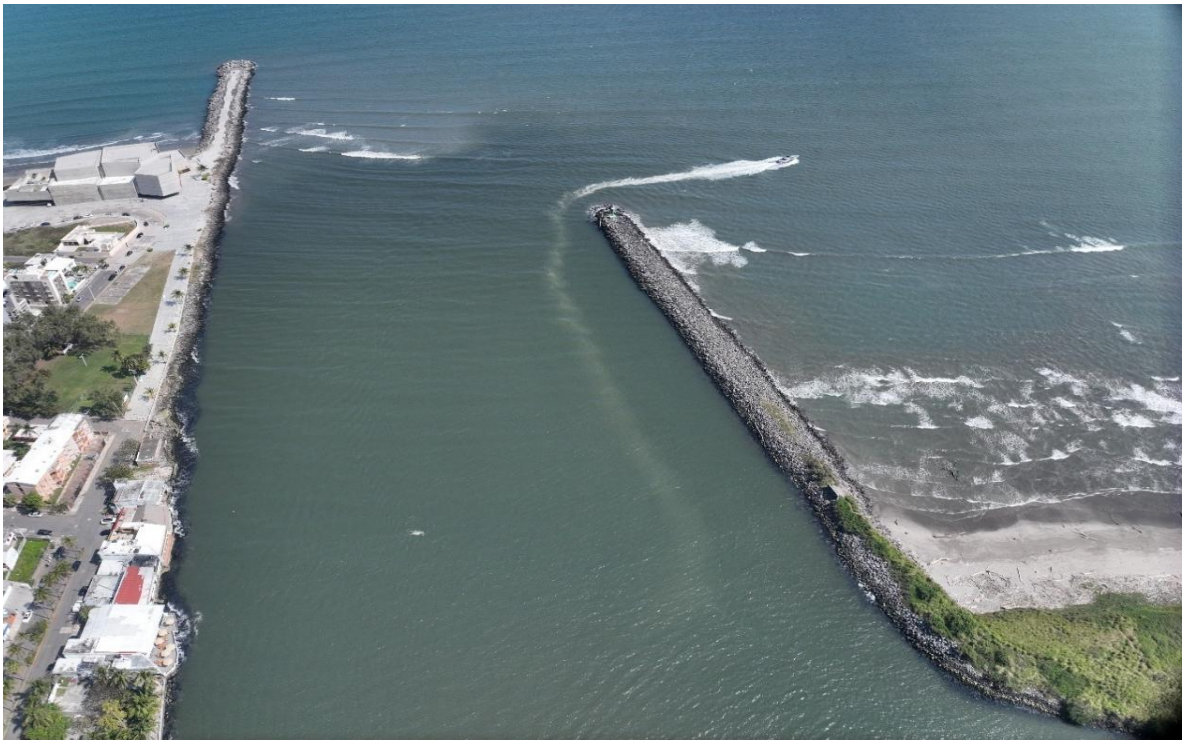


Figura 3 Desembocadura del río Jamapa

Franja litoral y dinámica de la línea de costa

La franja litoral situada sobre la margen derecha de la desembocadura constituye otro elemento relevante para la delimitación.

Esta costa presenta una playa arenosa con sectores de dunas, áreas urbanizadas, desarrollos turísticos y obras de protección costera.

Se practicó un análisis de evolución de la línea de costa realizado para el proyecto identificó una celda litoral de aproximadamente cinco kilómetros, extendida desde la escollera este de la desembocadura del río Jamapa hasta el sector próximo al fraccionamiento Lomas del Sol.

El análisis consideró siete líneas de costa correspondientes al periodo comprendido entre 1995 y 2026. Sus resultados indican que la mayor parte de la franja litoral presenta una tendencia erosiva, mientras que determinados sectores muestran acumulación de sedimentos relacionada con la presencia de obras de protección costera.

De los transectos analizados, aproximadamente el 77 % presentó valores negativos o tendencia de retroceso, mientras que el porcentaje restante presentó valores positivos o tendencia de acreción. La tendencia promedio obtenida para la celda litoral fue de pérdida de sedimentos y retroceso de la línea de costa.

Estos resultados muestran que, aunque el entorno se encuentra ampliamente modificado, la franja litoral mantiene procesos físicos activos que resultan relevantes para la caracterización ambiental.

La metodología y los resultados detallados del análisis de evolución de la línea de costa serán desarrollados posteriormente dentro de la caracterización del medio abiótico.

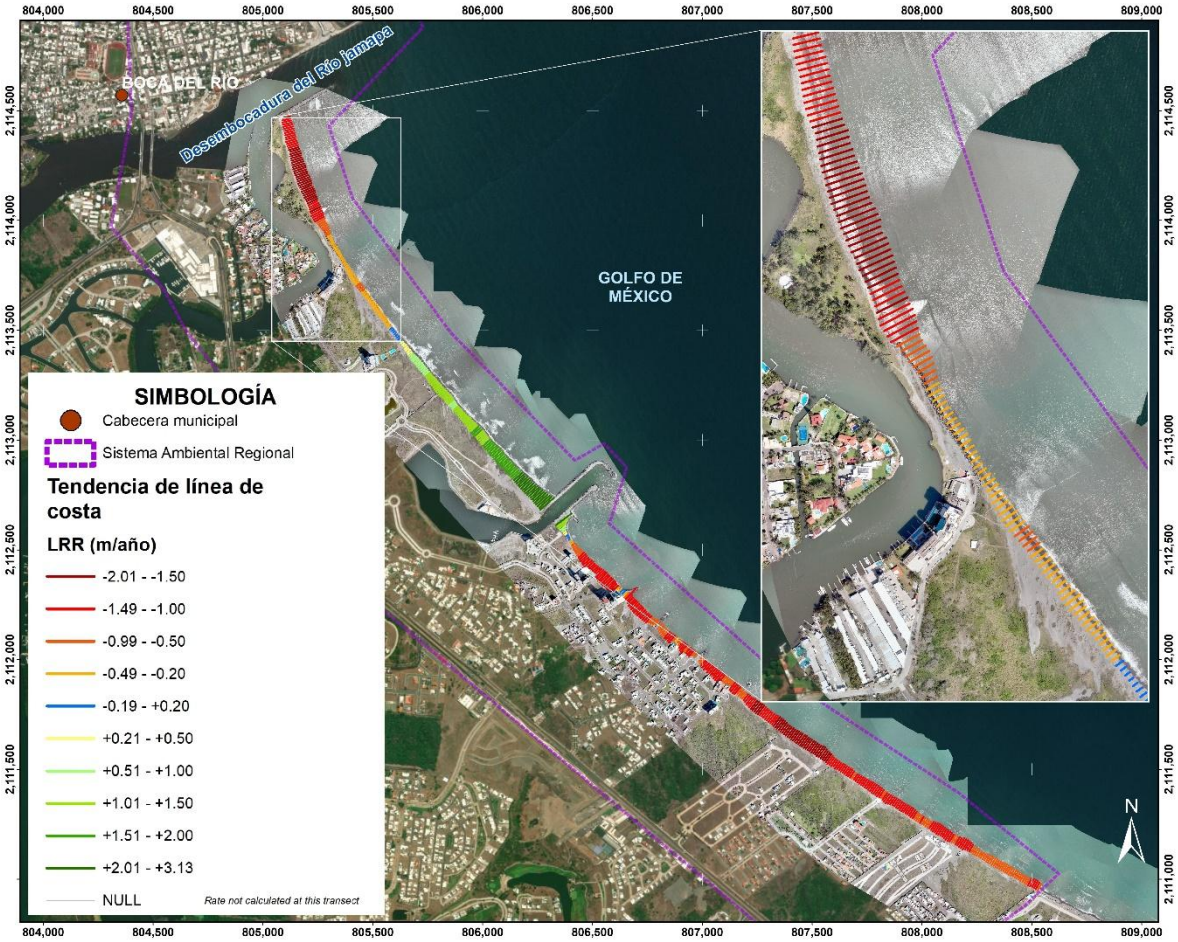


Figura 4 Evolución histórica de la línea de costa en el SAR

Continuidad urbana y tendencias de expansión

La continuidad urbana y las tendencias de ocupación territorial también fueron consideradas durante la delimitación.

El proyecto se inserta dentro de una región donde se observa una expansión progresiva de asentamientos humanos, desarrollos residenciales, infraestructura turística y vialidades.

La zona urbana de Boca del Río presenta un alto grado de consolidación. Hacia la Riviera Veracruzana se identifican áreas con distintos grados de ocupación, desde desarrollos consolidados hasta terrenos actualmente sujetos a transformación.

La construcción y operación de una nueva infraestructura vial podría relacionarse con la redistribución del tránsito, el incremento de la accesibilidad y la consolidación de las tendencias urbanas existentes.

Por esta razón, el SAR incorpora las superficies urbanas y periurbanas necesarias para analizar el proyecto dentro de su contexto territorial.

Límites físicos e infraestructura existente

Para establecer la poligonal se consideraron límites físicos y elementos territoriales identificables, entre ellos la línea de costa, la desembocadura del río Jamapa, las vialidades, escolleras, zonas urbanizadas y áreas de transición entre los desarrollos urbanos y los terrenos costeros.

La infraestructura existente forma parte integral del SAR debido a que modifica la continuidad del territorio, condiciona los usos del suelo y determina parcialmente las tendencias actuales de desarrollo.

En consecuencia, la delimitación no se basó exclusivamente en criterios asociados con ecosistemas naturales, sino en una combinación de criterios ambientales, territoriales y urbanos acorde con las características reales de la región.

Alcance espacial de los impactos potenciales

También se consideró el alcance previsible de los impactos ambientales relacionados con el proyecto.

La mayor parte de los efectos físicos directos se concentrará dentro de sus polígonos envolventes. Sin embargo, algunos efectos asociados con movilidad, accesibilidad, paisaje, urbanización y presión sobre el territorio podrían manifestarse dentro de una superficie más amplia.

El SAR permite analizar dichos efectos dentro de una unidad territorial coherente y proporcional, sin atribuir al proyecto una influencia ilimitada sobre la totalidad de la cuenca del río Jamapa, la zona metropolitana o la línea costera regional.

Procedimiento general de delimitación

Para delimitar el SAR se emplearon herramientas de Sistemas de Información Geográfica mediante las cuales se integraron, sobrepusieron y compararon diferentes capas de información territorial y ambiental.

La información fue procesada en coordenadas Universal Transversal de Mercator, datum WGS 84, Zona 14 Norte.

Entre los principales insumos considerados se encuentran:

- Los polígonos envolventes del proyecto.
- Las imágenes satelitales y ortofotos disponibles.
- Los límites municipales.
- La cartografía de uso del suelo y vegetación.
- Las localidades y asentamientos humanos.
- Las vialidades e infraestructura existente.
- El río Jamapa, los cuerpos de agua y su desembocadura.
- La línea de costa y las obras de infraestructura costera.
- Los resultados del análisis de evolución de la línea de costa.

La sobreposición y análisis de esta información permitió delimitar una unidad territorial que comprende el proyecto y los principales componentes y procesos ambientales relacionados con éste.

La delimitación no se restringió únicamente a la superficie ocupada por las obras, debido a que ello impediría analizar adecuadamente las condiciones regionales, las tendencias urbanas y los procesos costeros existentes.

Tampoco se extendió hacia la totalidad de la cuenca del río Jamapa, debido a que una superficie de esa magnitud no guardaría una relación proporcional con las dimensiones y efectos previsibles del proyecto.

Descripción general de los límites del SAR

De manera general, los límites del SAR se describen de la siguiente forma:

Al norte, comprende la zona urbana costera de Boca del Río, incluyendo el inicio del proyecto y las superficies urbanizadas relacionadas con el boulevard Vicente Fox Quesada.

Al sur, se extiende sobre la franja costera de la Riviera Veracruzana, incorporando terrenos urbanizados, áreas sujetas a transformación y sectores relacionados con la conexión vial proyectada.

Al este, el límite sigue principalmente la franja litoral y el contacto con el Golfo de México, incorporando los sectores costeros relacionados con el proyecto y con los procesos de evolución de la línea de costa.

Al oeste, la delimitación se ajusta a la configuración de las zonas urbanas, vialidades, terrenos intervenidos y componentes hidrológicos y territoriales próximos a la desembocadura del río Jamapa y a la Riviera Veracruzana.

El Sistema Ambiental Regional delimitado para el proyecto comprende una superficie aproximada de **837.28 hectáreas** y se encuentra definido mediante una poligonal integrada por **39 vértices**, expresados en coordenadas Universal Transversal de Mercator, datum WGS 84, Zona 14 Norte.

Tabla 1. Vértices que conforman el Sistema Ambiental Regional

Vértice	Coordenadas UTM Zona 14N	
	X	Y
1	804,725.925	2,118,952.861
2	804,827.946	2,118,976.264
3	805,021.937	2,118,921.643
4	805,074.364	2,118,242.489
5	804,726.851	2,117,503.107
6	804,763.036	2,116,934.666
7	805,101.226	2,115,695.477
8	805,464.406	2,115,054.020
9	805,640.928	2,115,094.025
10	805,726.978	2,114,879.777
11	805,299.255	2,114,431.149
12	805,406.713	2,114,102.524
13	805,849.439	2,113,496.373
14	806,419.261	2,112,907.423
15	806,552.109	2,112,984.600
16	806,654.755	2,112,875.687
17	806,575.366	2,112,617.704
18	807,347.742	2,111,931.672
19	808,162.455	2,111,395.044
20	808,621.369	2,111,023.883
21	808,467.332	2,110,877.987
22	807,771.286	2,110,361.809
23	805,031.277	2,112,657.841
24	804,908.510	2,113,037.784

25	804,818.552	2,113,279.613
26	804,651.864	2,113,491.280
27	804,546.640	2,113,686.205
28	804,307.883	2,113,970.733
29	804,400.223	2,114,485.719
30	804,381.110	2,114,938.162
31	804,478.010	2,115,065.158
32	804,527.223	2,115,577.921
33	804,470.073	2,116,401.835
34	804,314.118	2,117,413.882
35	804,193.847	2,118,544.965
36	804,201.785	2,118,725.940
37	804,145.223	2,118,884.258
38	804,215.279	2,118,878.764
39	804,427.500	2,118,952.500
Superficie = 837.28 ha		

La poligonal presenta una configuración predominantemente longitudinal y paralela a la línea de costa. Comprende la zona urbana litoral de Boca del Río, la desembocadura del río Jamapa, la franja costera localizada sobre su margen derecha y parte del corredor urbano y turístico de la Riviera Veracruzana, dentro del municipio de Alvarado.

La delimitación del SAR incorpora el área del proyecto y los principales elementos territoriales y ambientales con los cuales mantiene una relación funcional. Entre ellos se encuentran:

- La desembocadura del río Jamapa.
- Los sectores inmediatos de ambas márgenes.
- Las áreas urbanas consolidadas de Boca del Río.
- Los desarrollos inmobiliarios de la Riviera Veracruzana.
- Las vialidades e infraestructura existentes.
- Los terrenos previamente transformados.
- La franja litoral y la zona de playa.
- Los sectores sujetos a procesos de erosión y acumulación de sedimentos.
- Los cuerpos de agua y esteros vinculados con la desembocadura.
- Los remanentes fragmentados de vegetación costera.

- El sector conocido como Isla del Amor.
- Los sitios con presencia de mangle, madrigueras de cangrejo azul y áreas de uso por fauna silvestre.

El SAR no constituye una unidad natural homogénea ni un ecosistema continuo con escasa intervención humana. Por el contrario, corresponde a un sistema costero-urbano conformado por un mosaico de asentamientos humanos, infraestructura, superficies intervenidas, cuerpos de agua, playa, vegetación costera y remanentes fragmentados de vegetación natural y secundaria.

Esta configuración permite analizar de manera conjunta los procesos urbanos, costeros, hidrológicos, bióticos, paisajísticos y socioeconómicos que mantienen relación con el proyecto. Asimismo, permite diferenciar entre las superficies directamente ocupadas por las obras y los componentes del SAR que, por su sensibilidad ambiental o cercanía funcional, requieren atención específica durante la evaluación de impactos y la definición de medidas de prevención, mitigación y vigilancia ambiental.



Figura 5 Sistema Ambiental Regional delimitado.

Justificación de la delimitación

Con base en los criterios y análisis descritos, se considera que el SAR delimitado representa adecuadamente el contexto ambiental y territorial dentro del cual se pretende desarrollar el proyecto.

La poligonal comprende la totalidad del área de proyecto y los principales elementos naturales y artificiales relacionados con las obras. Asimismo, permite integrar la desembocadura del río Jamapa, la franja litoral, las áreas urbanas consolidadas, los desarrollos turísticos y residenciales y los terrenos sujetos a procesos de expansión y transformación.

El SAR propuesto constituye una unidad objetiva, inventariable y cartografiable, con una extensión proporcional a las dimensiones y alcance del proyecto. Su delimitación permitirá desarrollar la caracterización integral de los componentes ambientales relevantes, identificar las tendencias de desarrollo y deterioro y evaluar posteriormente los impactos ambientales directos, indirectos, acumulativos y residuales asociados con la construcción y operación del proyecto.

IV.2 Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SAR

IV.2.1 Medio abiótico

a) Clima y fenómenos meteorológicos.

El clima y los fenómenos meteorológicos constituyen factores determinantes para comprender el funcionamiento físico del Sistema Ambiental Regional, debido a que regulan la distribución temporal de la precipitación, la generación de escurrimientos superficiales, las variaciones del caudal del río Jamapa y la ocurrencia de eventos extraordinarios capaces de modificar temporalmente las condiciones de su desembocadura y de la franja litoral.

El SAR se localiza sobre la planicie costera central del estado de Veracruz, en contacto directo con el Golfo de México. Esta ubicación determina la presencia de temperaturas cálidas durante la mayor parte del año, una temporada de lluvias definida y la

influencia recurrente de frentes fríos, eventos de norte, ondas tropicales, tormentas y ciclones tropicales.

Los efectos de estos fenómenos presentan una marcada variación estacional. Durante la temporada de lluvias aumentan los escurrimientos generados en la cuenca y los caudales que llegan a la desembocadura del río Jamapa. Durante otoño e invierno, los frentes fríos y los nortes modifican rápidamente la dirección e intensidad del viento, la temperatura y las condiciones de la superficie marina. Por su parte, los ciclones tropicales pueden producir simultáneamente lluvias intensas, vientos fuertes y alteraciones importantes de las condiciones costeras.

En el presente apartado se describen las condiciones atmosféricas que permiten explicar el funcionamiento ambiental del SAR. Los efectos específicos del clima sobre los caudales, el oleaje, las corrientes, la sobreelevación por tormenta y las zonas susceptibles a inundación serán desarrollados posteriormente en los apartados correspondientes.

Tipo de clima.

De acuerdo con la cartografía elaborada para el proyecto, la totalidad del Sistema Ambiental Regional presenta un clima identificado mediante la clave Aw2. Esta clave corresponde al sistema de clasificación climática de Köppen modificado por García para representar con mayor detalle las condiciones climáticas de México. Cada uno de los elementos que integran la clave tiene un significado específico:

- La letra mayúscula A identifica los climas cálidos, caracterizados por presentar temperaturas medias elevadas durante todo el año.
- La letra minúscula w señala que las lluvias se concentran principalmente durante el verano y que el invierno presenta condiciones relativamente más secas.
- El número 2 identifica el subtipo de mayor humedad entre los climas cálidos subhúmedos con lluvias en verano.

En consecuencia, la clave Aw2 corresponde a un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad. Dentro de los climas cálidos subhúmedos reconocidos por García, el Aw2 representa el subtipo más húmedo (García, 1964).

La distribución de estos climas en Veracruz se relaciona con las condiciones de las zonas bajas de la vertiente del Golfo de México y con la influencia de la barrera climática constituida por la Sierra Madre Oriental (Soto et al., 2001).

El clima Aw2 se distribuye uniformemente en la totalidad del SAR, desde la zona urbana de Boca del Río hasta la desembocadura del río Jamapa y la franja litoral de la Riviera Veracruzana. Esta homogeneidad se relaciona con la continuidad territorial del sistema, su localización sobre la planicie costera y la reducida variación altitudinal presente dentro de la poligonal analizada.



Figura 6 Tipo de clima registrado en el SAR.

Aunque el tipo climático no presenta variaciones espaciales dentro del SAR, sus efectos se manifiestan de manera distinta entre sus componentes. En las zonas urbanizadas, las vialidades, edificaciones y demás superficies impermeables reducen la infiltración y favorecen la concentración rápida de los escurrimientos. En la desembocadura del río Jamapa, la precipitación y los aportes de la cuenca influyen en el caudal y en la

interacción entre las aguas fluviales y marinas. En la franja litoral, los vientos asociados con los sistemas meteorológicos estacionales influyen en la agitación marina y en la redistribución de sedimentos.

Como parte de los estudios que soportan el Proyecto, un estudio hidrológico recopiló información de diferentes estaciones climatológicas cercanas y seleccionó la estación "30056 El Tejar" por contar con una de las series más actualizadas y completas disponibles para la caracterización y el análisis hidrológico.

La estación se encuentra próxima a la parte baja de la cuenca del río Jamapa y presenta condiciones altitudinales comparables con la planicie costera donde se localiza el proyecto. Su serie de registros comprende el periodo de 1983 a 2025, por lo que permite analizar el comportamiento térmico, la distribución mensual de las lluvias y la ocurrencia de eventos de precipitación intensa.

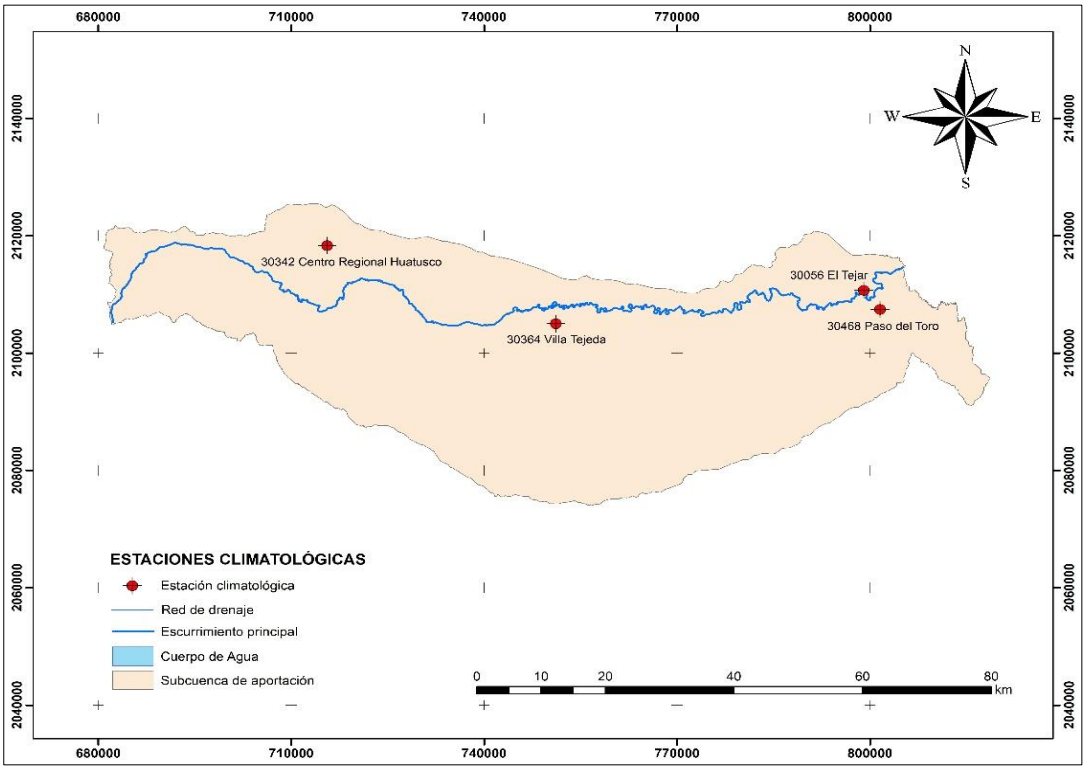


Figura 7 Ubicación de la estación "El Tejar".

Los registros de esta estación se utilizan principalmente para describir la variabilidad temporal del clima y aportar información al análisis de avenidas. Para representar la

distribución regional de la precipitación dentro del SAR se utiliza la cartografía específica elaborada para el proyecto.

Temperatura.

Los registros de la estación climatológica 30056 El Tejar indican una temperatura media anual de aproximadamente 25.0 °C para el periodo 1983–2025.

La temperatura media mensual más baja se presenta en enero, con aproximadamente 21.0 °C, mientras que la más elevada se registra en mayo, con aproximadamente 28.1 °C. El comportamiento anual muestra un incremento progresivo de las temperaturas durante la primavera, valores elevados durante el verano y una disminución durante otoño e invierno. Las temperaturas medias mensuales obtenidas para la estación se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 2 Temperaturas medias mensuales de la estación 30056 El Tejar

Mes	Temperatura media (°C)
Enero	21.0
Febrero	22.0
Marzo	23.8
Abril	26.1
Mayo	28.1
Junio	27.6
Julio	27.1
Agosto	27.0
Septiembre	26.5
Octubre	25.3
Noviembre	23.5
Diciembre	21.2
Media anual	**25.0**

La diferencia entre las temperaturas medias de los meses más cálidos y más frescos es relativamente reducida, condición característica de una región costera cálida influenciada por el Golfo de México.

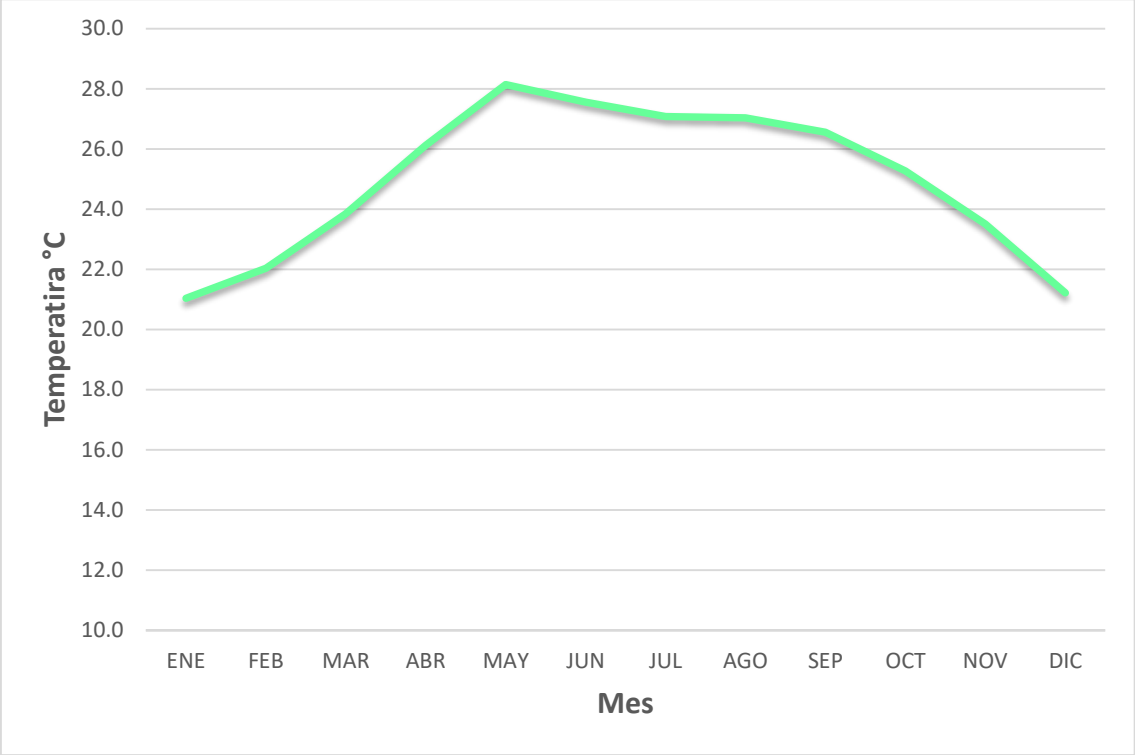


Figura 8 Temperatura media mensual registrada en la estación "El Tejar".

Aunque el régimen térmico general es relativamente estable, pueden presentarse descensos rápidos de temperatura durante la incidencia de frentes fríos. Para el funcionamiento ambiental del SAR, estos cambios resultan especialmente relevantes cuando ocurren de manera conjunta con vientos intensos, lluvias y modificaciones de las condiciones marinas.

Precipitación y estacionalidad de las lluvias

De acuerdo con la cartografía elaborada para el proyecto, la totalidad del SAR se encuentra dentro de un intervalo de 1,500 a 2,000 mm de precipitación media anual.

La cartografía no muestra variaciones dentro de la poligonal analizada, por lo que este intervalo se considera representativo de las condiciones regionales del SAR y resulta congruente con el carácter de mayor humedad correspondiente al clima Aw2.



Figura 9 Rango de precipitación media anual dentro del SAR.

El comportamiento anual de la precipitación presenta una marcada estacionalidad. Los registros de la estación El Tejar muestran que las lluvias se incrementan a partir de mayo y que los mayores acumulados mensuales se presentan durante el verano y principios del otoño. En contraste, durante invierno y primavera predominan condiciones relativamente más secas.

La concentración estacional de las lluvias influye directamente sobre el comportamiento del río Jamapa. Durante la temporada húmeda se incrementan los escurrimientos generados en la cuenca, los caudales que alcanzan la desembocadura y el transporte de sedimentos y materiales de origen continental. Durante el estiaje disminuyen los aportes fluviales y aumenta proporcionalmente la influencia marina en la desembocadura.

En las zonas urbanizadas del SAR, la presencia de vialidades, construcciones y otras superficies impermeables reduce la infiltración y favorece el desalojo rápido de los escurrimientos hacia los sistemas de drenaje, el río, los esteros y la zona costera. Esta

condición puede contribuir a la acumulación temporal de agua en los sectores de menor elevación.

El estudio hidrológico también identifica eventos de precipitación intensa registrados en periodos de 24 horas. Entre los valores más elevados de la serie analizada se encuentran 357.0 mm en octubre de 2005 y 230.5 mm en agosto de 2013. Estos valores muestran que, además de la estacionalidad ordinaria, la región puede experimentar lluvias extraordinarias concentradas en periodos cortos.

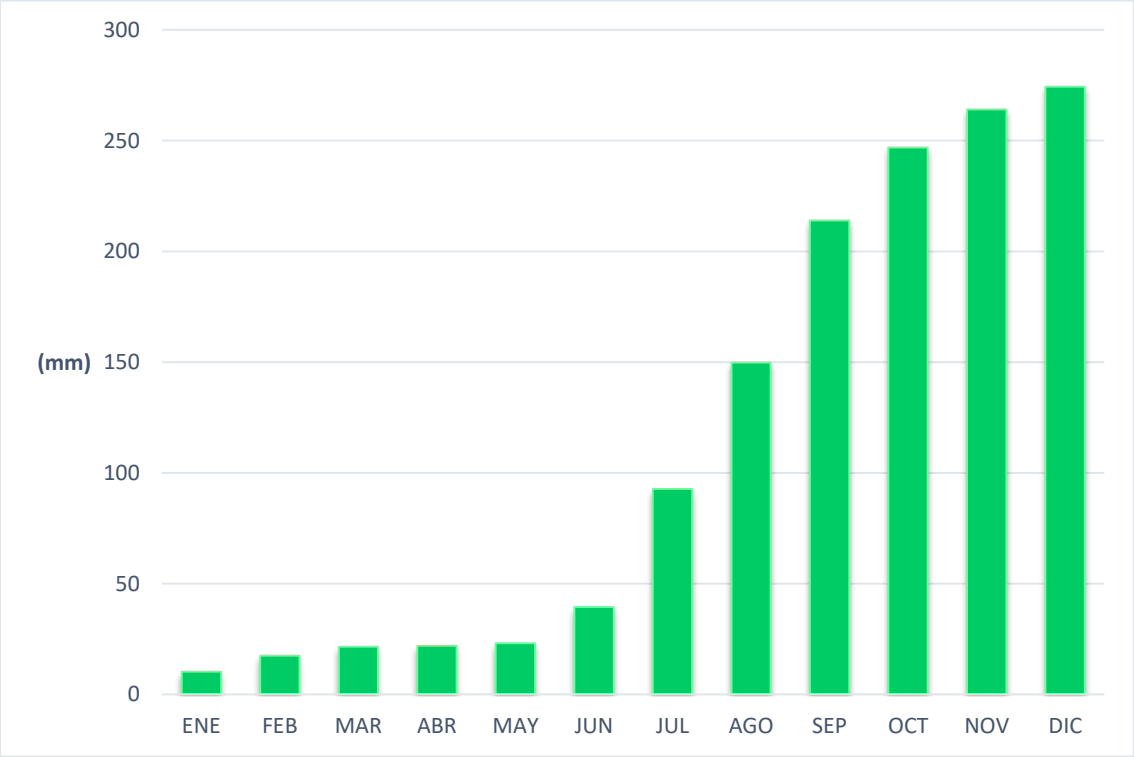


Figura 10 Precipitación anual registrada en la estación "El Tejar".

La serie de la estación El Tejar reporta valores de precipitación inferiores al intervalo regional representado en la cartografía del SAR. Debido a esta diferencia, para la descripción regional se adopta el intervalo cartográfico de 1,500 a 2,000 mm, mientras que los registros de El Tejar se emplean para analizar la distribución temporal de las lluvias y los eventos máximos utilizados en los cálculos hidrológicos.

El análisis detallado de las lluvias máximas, curvas intensidad-duración-periodo de retorno, precipitación máxima probable, hidrogramas y gastos de diseño se presentará en el apartado de hidrología superficial y régimen de avenidas del río Jamapa.

Evaporación.

La evaporación constituye un componente del balance climático regional y depende de factores como la temperatura, radiación solar, humedad atmosférica y velocidad del viento.

Los registros de la estación El Tejar indican una evaporación media anual de aproximadamente 1,224.35 mm. Los valores más elevados se presentan durante la primavera, antes del establecimiento pleno de la temporada de lluvias, mientras que los menores se registran durante los meses con mayor humedad atmosférica.

En el SAR, la evaporación influye en las pérdidas de agua desde las superficies terrestres y acuáticas. Sin embargo, en la desembocadura del río Jamapa y en los ambientes costeros, el comportamiento de los niveles del agua se encuentra determinado principalmente por la interacción entre precipitación, escurrimientos fluviales, mareas y condiciones marinas.

La tabla y la serie completa de evaporación mensual se mantendrán dentro del anexo correspondiente al estudio hidrológico.

Régimen de vientos y eventos de norte

El régimen de vientos constituye uno de los aspectos meteorológicos de mayor relevancia para el SAR, debido a su ubicación costera y a su exposición directa al Golfo de México.

El estudio oceanográfico analizó la información disponible de la Estación Sinóptica Meteorológica Automática "VERACRUZ ob" para el periodo comprendido entre 2011 y 2019, considerando las frecuencias, velocidades medias, velocidades máximas y variaciones estacionales del viento.

Los resultados indican que, para el periodo anual analizado, el viento reinante, entendido como aquel que presenta la mayor frecuencia de ocurrencia, procede de la dirección norte. Por su parte, el viento dominante, definido como aquel que presenta la mayor intensidad o energía, procede del nor-noroeste y alcanza una velocidad máxima de aproximadamente 13.60 m/s, equivalente a 48.96 km/h.

Durante el invierno, el Golfo de México recibe la influencia de masas de aire frío y seco procedentes del continente. Al interactuar con masas de aire marítimo y tropical, estas generan frentes fríos principalmente entre octubre y abril. La presencia de estos sistemas produce vientos que soplan predominantemente de norte a sur, conocidos regionalmente como nortes.

Los eventos de norte pueden alcanzar velocidades de hasta aproximadamente 30 m/s, equivalentes a 108 km/h, y se encuentran acompañados por descensos de temperatura, lluvias y modificaciones de las condiciones marinas (SEMAR, 2025).

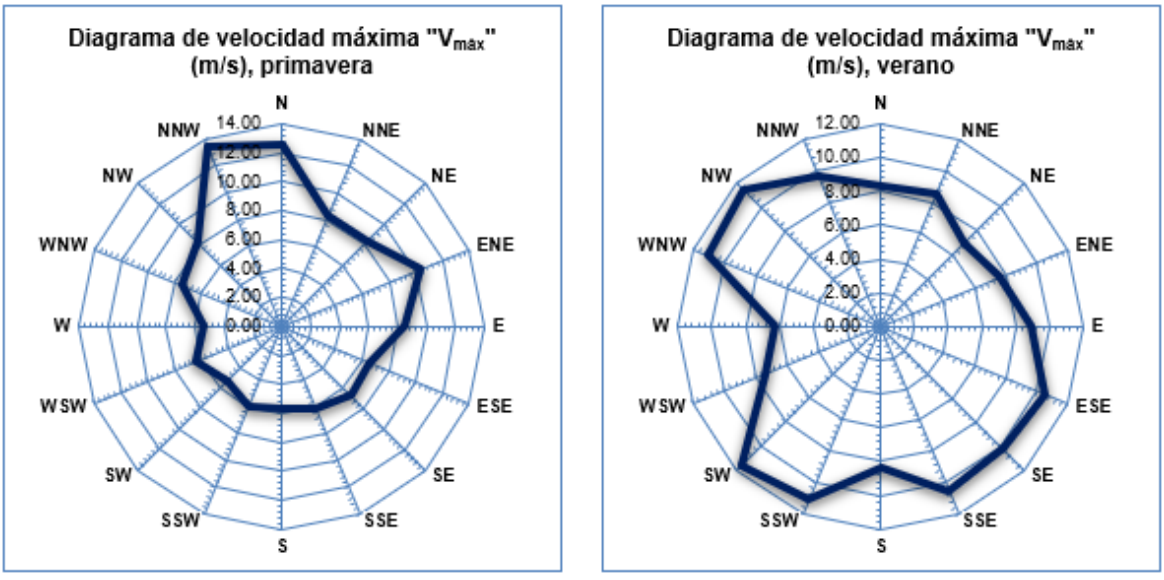


Figura 11 Diagrama anual de frecuencias de viento para la región de Boca del Río, periodo 2011–2019. Fuente: estudio oceanográfico del proyecto, con información del SMN

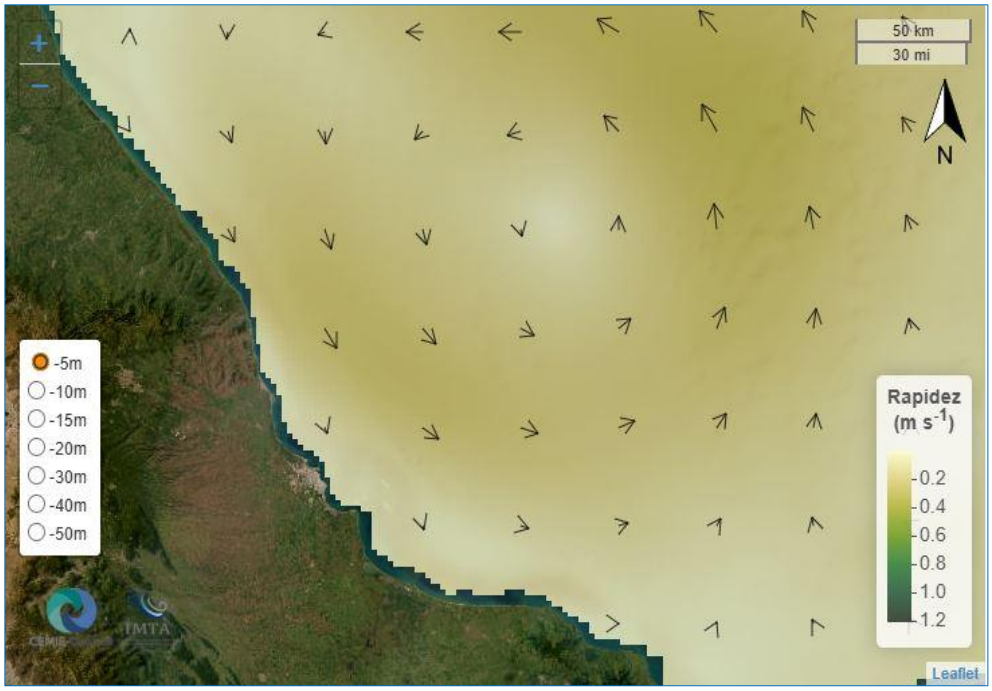


Figura 12 Rapidez promedio diaria anual en la zona de estudio

(IMTA,CEMIE-Océano, 2005).

En el SAR, los nortes pueden modificar temporalmente las condiciones de la desembocadura y de la franja litoral. Su incidencia incrementa la agitación marina, favorece la generación de marejadas y puede contribuir a cambios temporales en el perfil de playa y en la movilidad de sedimentos.

Durante la construcción, los vientos intensos pueden limitar temporalmente la operación segura de grúas, el izaje y montaje de elementos estructurales, la manipulación de materiales y las actividades realizadas en superficies expuestas. Durante la operación, pueden afectar particularmente la circulación de vehículos altos o con superficies laterales amplias.

La relación detallada entre el viento, el oleaje, las corrientes, la sobreelevación por tormenta y la dinámica litoral será desarrollada en los apartados correspondientes.

Ciclones tropicales

Por su ubicación en la costa del Golfo de México, el SAR se encuentra expuesto a la influencia de ciclones tropicales originados en la cuenca del Atlántico. Estos fenómenos pueden presentarse como depresiones tropicales, tormentas tropicales o huracanes y

producir lluvias intensas, vientos fuertes, oleaje elevado y modificaciones temporales del nivel del mar.

El estudio oceanográfico realizó un análisis histórico de las trayectorias de los eventos meteorológicos que han influido en la zona durante el periodo 1853–2024, considerando un radio de 250 km alrededor del sitio.

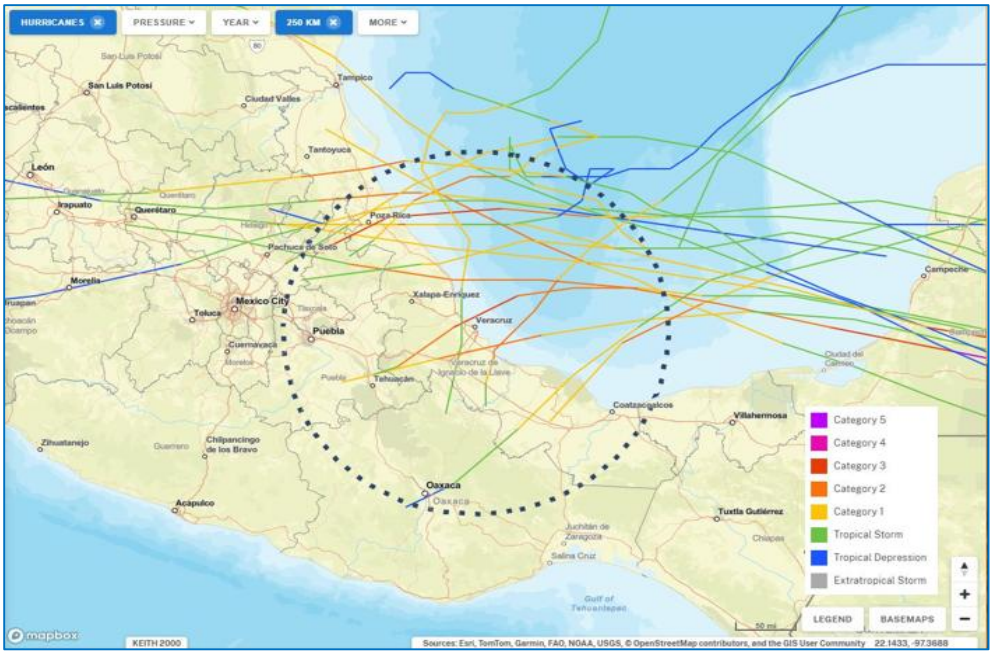


Figura 13 Acercamiento de las trayectorias de huracanes con influencia en un radio de 250 km con centro en el sitio de estudio (NOAA, 2025).

Del conjunto de eventos analizados se seleccionaron aquellos de mayor relevancia por su cercanía e intensidad para caracterizar las condiciones ciclónicas de la región. Entre estos se encuentran los huracanes sin nombre de 1931 y 1949, Item de 1950, Janet de 1955, Stan de 2005 y Karl de 2010.

En el apartado climático no resulta necesario reproducir la trayectoria y las características individuales de cada evento. No obstante, su identificación permite reconocer que la exposición a ciclones tropicales constituye una condición natural preexistente del SAR y proporciona los escenarios meteorológicos utilizados posteriormente para analizar el oleaje ciclónico, la sobreelevación por tormenta y la inundación costera.

Tabla 3 Eventos ciclónicos seleccionados como representativos para la zona de estudio

Evento	Año	Motivo general de selección
Huracán sin nombre	1931	Cercanía e intensidad
Huracán sin nombre	1949	Cercanía e intensidad
Huracán Item	1950	Influencia regional
Huracán Janet	1955	Condiciones severas para el análisis oceanográfico
Huracán Stan	2005	Precipitaciones intensas e influencia regional
Huracán Karl	2010	Intensidad e influencia sobre Veracruz

La incidencia de un ciclón tropical puede generar simultáneamente un incremento de los aportes fluviales del río Jamapa y condiciones adversas en la zona marina. Las lluvias intensas aumentan los escurrimientos y caudales, mientras que los vientos y la presión atmosférica pueden producir oleaje elevado y sobreelevación temporal del nivel del mar.

Esta combinación puede incrementar la susceptibilidad a inundación en la desembocadura, las márgenes del río y las superficies costeras de menor elevación. Sus efectos cuantitativos serán analizados posteriormente mediante los estudios hidrológicos, oceanográficos y de modelación de inundaciones.

Condición actual y tendencia climática del SAR

La caracterización realizada permite establecer que el SAR presenta un clima cálido subhúmedo, con lluvias concentradas principalmente durante el verano y principios del otoño y con una exposición recurrente a frentes fríos, eventos de norte y ciclones tropicales.

El tipo climático y el rango general de precipitación presentan una distribución homogénea dentro del SAR. Sin embargo, los efectos de las lluvias y los fenómenos meteorológicos se encuentran condicionados por la baja elevación del terreno, el grado de urbanización, la presencia de superficies impermeables y la interacción entre el río Jamapa y el Golfo de México.

La exposición a lluvias intensas, vientos fuertes, nortes y ciclones tropicales constituye una condición ambiental preexistente que continuará manifestándose independientemente de la ejecución del proyecto. No obstante, deberá ser considerada durante su diseño, construcción, operación y mantenimiento, particularmente para la programación de actividades, el funcionamiento de los sistemas de drenaje, la seguridad de las obras y la prevención ante eventos extraordinarios.

b) Marco fisiográfico, geológico y topográfico.

La configuración física del Sistema Ambiental Regional se encuentra determinada por su ubicación en la planicie costera central de Veracruz, en una zona de contacto entre los procesos fluviales asociados con el río Jamapa y los procesos marinos que actúan sobre el litoral del Golfo de México.

El relieve, los materiales geológicos superficiales y las formas del terreno presentes dentro del SAR son resultado de la acumulación y redistribución de sedimentos de origen fluvial, litoral y eólico. Sobre estas condiciones naturales se ha desarrollado un proceso continuo de urbanización, mediante el cual una proporción importante de las formas originales del terreno ha sido nivelada, ocupada o modificada por vialidades, edificaciones, desarrollos habitacionales, infraestructura turística y obras de protección costera.

La caracterización de estos componentes permite comprender las condiciones físicas sobre las cuales se desarrollará el proyecto, identificar los sectores de mayor susceptibilidad ambiental y establecer la relación entre la forma del terreno, los procesos costeros y el comportamiento de la desembocadura del río Jamapa.

Contexto fisiográfico y relieve regional.

El SAR se localiza en una región costera caracterizada predominantemente por superficies bajas, planas o suavemente onduladas. Dentro de esta configuración regional, las diferencias de elevación son reducidas y se relacionan principalmente con la presencia de antiguos cordones de dunas, barras arenosas, márgenes fluviales, rellenos artificiales y modificaciones derivadas del desarrollo urbano.

La baja pendiente constituye una característica determinante del funcionamiento físico del sistema. Esta condición favorece que los escurrimientos superficiales presenten velocidades reducidas en determinados sectores y que las zonas de menor elevación sean susceptibles a acumulaciones temporales de agua e inundaciones.

En términos generales, el relieve del SAR puede diferenciarse en los siguientes ambientes:

- La zona urbana consolidada de Boca del Río, donde el relieve original ha sido ampliamente modificado por la construcción de vialidades, edificaciones, espacios públicos y obras costeras.
- La desembocadura del río Jamapa, donde se presentan márgenes fluviales, barras, bancos de sedimentos y superficies influenciadas por la interacción entre el río y el mar.
- La franja litoral situada al sur de la desembocadura, caracterizada por playas arenosas, sectores de dunas y terrenos costeros parcialmente urbanizados.
- Las superficies bajas vinculadas con esteros, humedales y antiguos cauces, cuya configuración favorece la retención temporal del agua.

El estudio geológico orientativo practicado para el proyecto, señala que Boca del Río se encuentra dentro de la región conocida como Llanuras de Sotavento y que una proporción importante del municipio se desarrolló originalmente sobre superficies asociadas con dunas costeras. No obstante, actualmente muchas de estas formas no son claramente visibles, debido a que han sido ocupadas, niveladas o modificadas para permitir el desarrollo urbano.

Geología superficial.

La geología superficial del SAR se encuentra dominada por materiales relativamente recientes, acumulados mediante procesos fluviales, marinos y eólicos. Estos materiales corresponden principalmente a sedimentos no consolidados o con bajo grado de consolidación, cuya distribución refleja la evolución de la planicie costera y de la desembocadura del río Jamapa.

Entre los principales tipos de materiales presentes en el entorno regional se encuentran:

- **Depósitos aluviales**, transportados y depositados por los ríos y escurrimientos superficiales. Estos materiales pueden presentar una composición heterogénea de arenas, limos, arcillas y gravas, cuya distribución depende de la energía del flujo y de la posición dentro de la cuenca y de la planicie costera.
- **Depósitos litorales**, asociados con la acumulación de arenas y otros sedimentos en playas, barras y sectores próximos a la línea de costa.
- **Depósitos eólicos**, constituidos principalmente por arenas movilizadas por el viento desde la playa hacia el interior y acumuladas originalmente en forma de dunas.
- **Materiales asociados con ambientes inundables y pantanosos**, caracterizados por sedimentos finos y condiciones de saturación frecuentes o permanentes.

La presencia de estos materiales indica que el SAR se encuentra dentro de un ambiente geológico dinámico, donde la configuración superficial ha dependido históricamente del transporte y depósito de sedimentos.

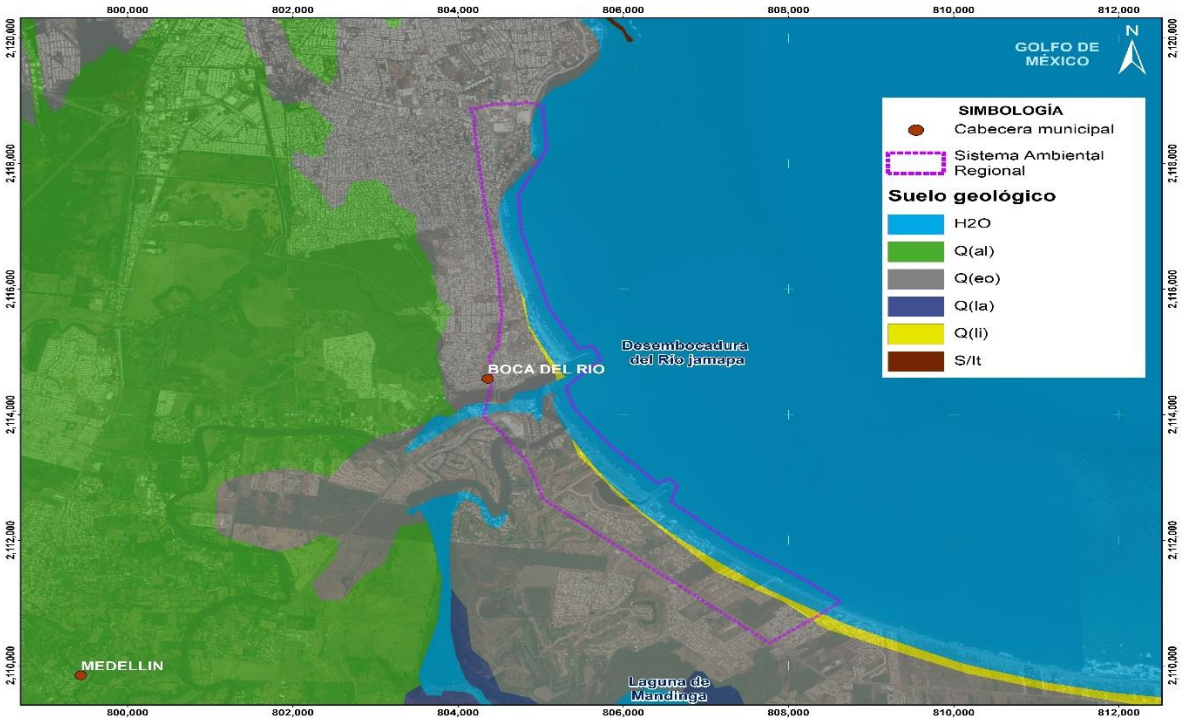


Figura 14 Mapa de geología superficial del SAR.

Como se observa en la Figura 14, la geología superficial del Sistema Ambiental Regional se encuentra conformada principalmente por depósitos sedimentarios recientes asociados con la evolución de la planicie costera, la desembocadura del río Jamapa y el litoral del Golfo de México.

En la porción occidental del SAR y en los terrenos interiores predominan los depósitos Q(al), correspondientes a materiales de origen aluvial transportados y acumulados por los ríos y escurrimientos superficiales. Estos depósitos reflejan la influencia histórica del sistema fluvial del río Jamapa sobre la conformación de la planicie costera.

En las áreas próximas a la costa y en buena parte de los sectores actualmente urbanizados se presentan depósitos Q(eo), asociados con materiales de origen eólico. Estas unidades se relacionan con antiguas acumulaciones arenosas y campos de dunas que, aunque han sido ampliamente modificados por el desarrollo urbano, continúan formando parte del sustrato superficial del SAR.

En las inmediaciones de cuerpos de agua, esteros y sectores bajos se identifican depósitos Q(la), vinculados con ambientes lacustres o lagunares, caracterizados por la acumulación de materiales finos y condiciones frecuentes de saturación.

A lo largo de la franja litoral se presenta una unidad estrecha identificada como Q(li), correspondiente a depósitos litorales recientes. Estos materiales se encuentran directamente influenciados por el oleaje, las corrientes y el transporte de sedimentos, por lo que presentan una mayor movilidad y susceptibilidad a procesos de erosión y acumulación.

Geomorfología

La geomorfología del SAR corresponde predominantemente a una planicie costera de baja elevación, dentro de la cual destacan la desembocadura del río Jamapa, las márgenes fluviales, la playa, las barras arenosas, los esteros y algunos remanentes de dunas costeras.

La desembocadura del río Jamapa constituye el principal elemento geomorfológico del sistema. En este sitio convergen los procesos fluviales y marinos, por lo que se presentan superficies sujetas a sedimentación, erosión y cambios en la configuración de las márgenes y de la franja litoral.

Hacia el sur de la desembocadura se extiende una franja costera arenosa, dentro de la cual se identifican terrenos bajos, playas y remanentes de dunas costeas. Sin embargo, la continuidad de estas unidades ha sido reducida por la urbanización, las vialidades, las marinas y las obras de protección costera.

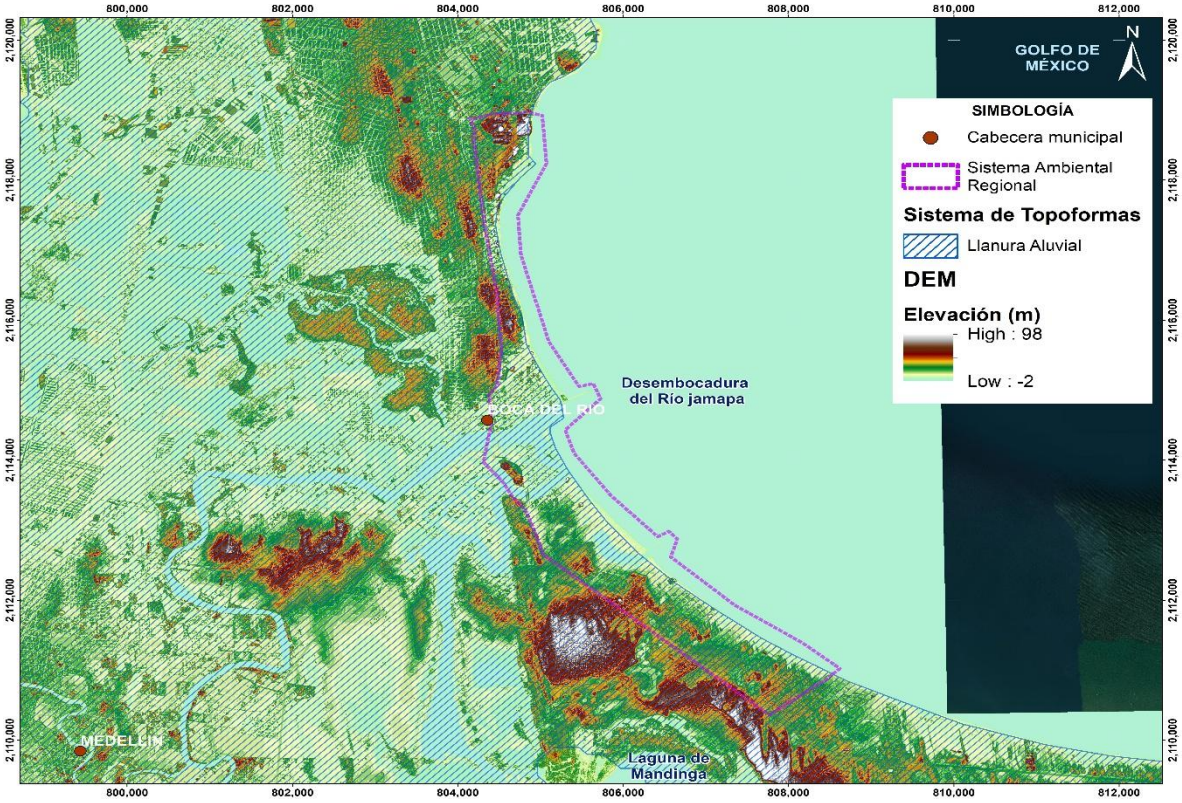


Figura 15 Mapa de geomorfología del SAR.

La cartografía geomorfológica permite reconocer que, aunque el territorio se encuentra ampliamente modificado, continúan presentes formas asociadas con la dinámica fluvial, estuarina y litoral. Estas formas mantienen relación directa con la distribución de escurrimientos, la acumulación de sedimentos y la susceptibilidad a inundación y erosión.

Edafología

Los suelos presentes dentro del SAR se encuentran relacionados con la naturaleza sedimentaria de la planicie costera y con la influencia de los procesos fluviales, lagunares, eólicos y marinos.

Su distribución ha sido modificada parcialmente por la expansión urbana, la nivelación de terrenos, los rellenos y la construcción de infraestructura. En consecuencia, una proporción importante de los suelos originales se encuentra actualmente ocupada o alterada.

La cartografía edafológica permite identificar las unidades dominantes dentro del SAR y reconocer sus características generales de textura, drenaje, permeabilidad y susceptibilidad a compactación o erosión.

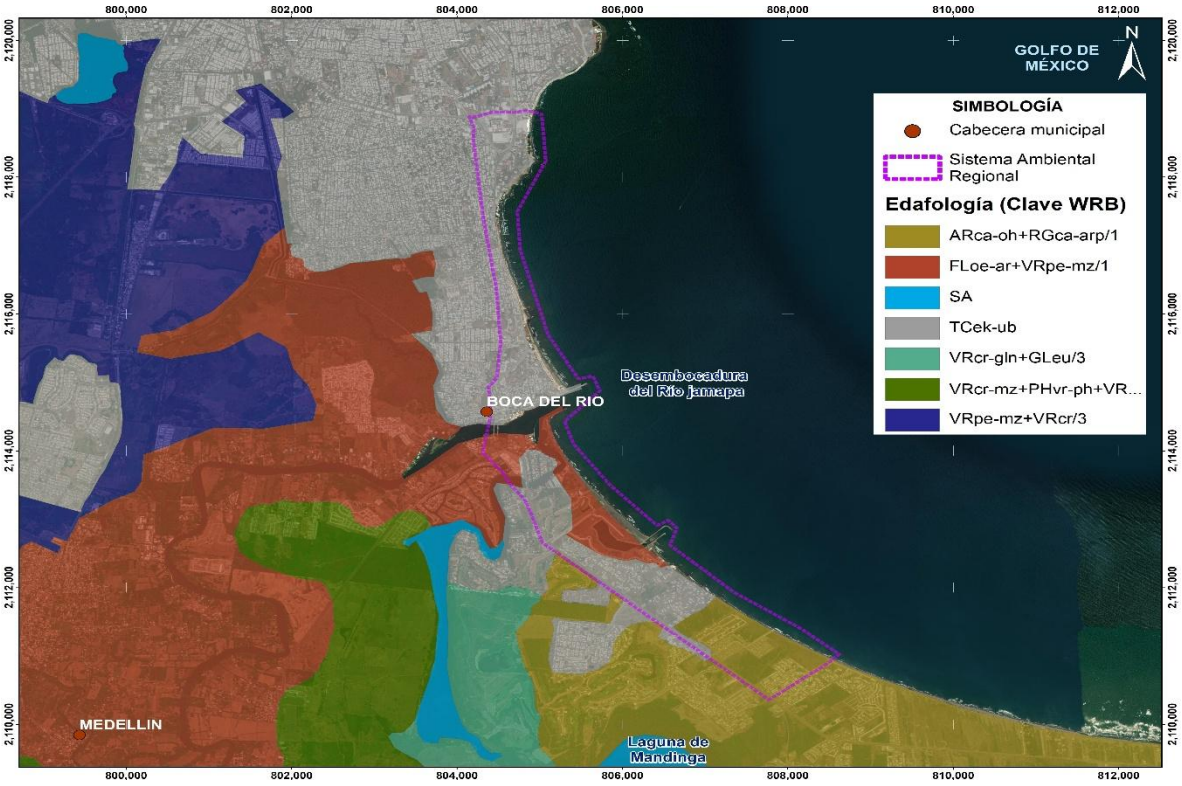


Figura 16 Mapa edafológico del SAR

En términos generales, los suelos asociados con las áreas arenosas y costeras presentan mayor permeabilidad y menor cohesión, mientras que los terrenos próximos a

esteros, cuerpos de agua y superficies bajas pueden presentar condiciones de saturación más frecuentes y drenaje limitado.

Estas características resultan relevantes para comprender la respuesta del terreno ante los escurrimientos, la infiltración y la remoción de materiales. No obstante, las propiedades específicas de los suelos en las áreas directamente requeridas por el proyecto deberán determinarse mediante los estudios geotécnicos y de mecánica de suelos correspondientes.

Erosión

La susceptibilidad a erosión dentro del SAR se encuentra condicionada por la naturaleza de los materiales superficiales, el tipo de suelo, la cobertura existente, la concentración de escurrimientos y la influencia de los procesos fluviales y costeros.

Como se observa en la siguiente Figura, la distribución de las categorías de erosión permite identificar los sectores donde las condiciones del terreno favorecen en mayor o menor grado la pérdida y movilización de materiales, teniéndose una tendencia de leve a extrema en el SAR.

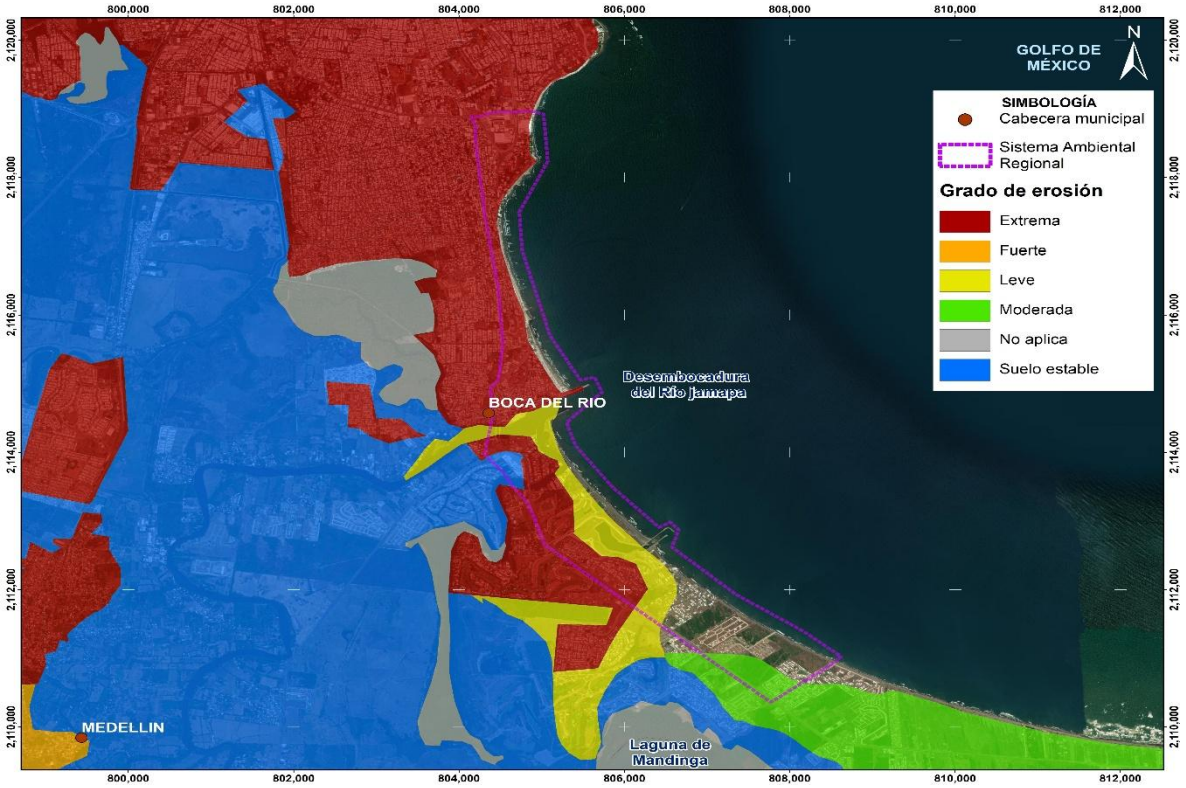


Figura 17 Mapa edafológico del SAR

En los terrenos interiores y urbanizados, la erosión puede relacionarse con la concentración de escurrimientos, la exposición temporal de superficies y la modificación del drenaje natural. En las áreas próximas al río y a los esteros, la acción del agua puede favorecer la remoción de materiales de las márgenes.

En la franja litoral, la erosión se encuentra asociada principalmente con el oleaje, las corrientes, el transporte de sedimentos y la presencia de infraestructura costera. Debido a que estos procesos presentan características y escalas distintas a la erosión terrestre, su análisis detallado se desarrollará posteriormente dentro del apartado correspondiente a la dinámica litoral y a la evolución de la línea de costa.

En conjunto, la geología, geomorfología, edafología y erosión muestran que el SAR corresponde a una planicie costera ampliamente modificada, pero integrada por materiales y formas del terreno que continúan respondiendo a procesos fluviales, estuarinos y marinos activos.

c) Hidrología superficial y régimen de avenidas del río Jamapa

La hidrología superficial constituye uno de los componentes de mayor relevancia para la caracterización del Sistema Ambiental Regional, debido a que el proyecto cruza directamente la desembocadura del río Jamapa, donde convergen los escurrimientos provenientes de su cuenca con los procesos marinos del Golfo de México.

El comportamiento hidrológico del sitio se encuentra determinado por la extensión y características de la cuenca de aportación, la distribución estacional de las lluvias, los caudales conducidos por los ríos Jamapa y Cotaxtla y las condiciones particulares de la planicie costera. Durante la temporada de lluvias y ante eventos meteorológicos extremos, los escurrimientos pueden incrementarse de manera considerable y modificar temporalmente los niveles, velocidades de flujo y transporte de sedimentos en la desembocadura.

Región, cuenca y subcuenca hidrológica

El SAR se localiza dentro de la **Región Hidrológica RH28 Papaloapan**, específicamente en la cuenca denominada **Río Jamapa y Otros (RH28B)** y en la subcuenca del **río Jamapa**.

La cuenca río Jamapa y Otros comprende diversos escurrimientos que desembocan en la vertiente del Golfo de México. Dentro de esta cuenca, el río Jamapa constituye el principal elemento hidrológico relacionado con el proyecto, ya que su desembocadura cruza el SAR y será atravesada por la estructura del puente.

La subcuenca del río Jamapa presenta una superficie aproximada de **3,870.57 km²**. Su cauce principal tiene una longitud estimada de **205.54 km** y conduce los escurrimientos desde las zonas montañosas del interior del estado hasta su desembocadura en Boca del Río.

Se trata de una cuenca exorreica, debido a que sus escurrimientos desembocan directamente en el Golfo de México. La diferencia altitudinal entre las partes altas y la desembocadura genera una respuesta hidrológica variable: en las zonas montañosas se

presentan mayores pendientes y velocidades de escurrimiento, mientras que en la planicie costera el relieve se vuelve bajo y poco inclinado, favoreciendo la acumulación temporal de agua y la formación de superficies inundables.

Red hidrográfica y desembocadura

El sistema hidrológico se encuentra dominado por los ríos Jamapa y Cotaxtla, cuyos escurrimientos confluyen antes de alcanzar la zona costera. Ambos ríos reciben aportaciones de diversos cauces y superficies de drenaje distribuidos dentro de la cuenca.

En la parte baja, el río Jamapa mantiene relación con esteros, humedales y cuerpos de agua costeros. Su desembocadura constituye una zona de transición donde las condiciones fluviales interactúan con las mareas, el oleaje y las corrientes marinas.

Dentro del SAR, el cauce del río Jamapa y su desembocadura representan los principales cuerpos de agua. También se presentan esteros y sectores bajos que mantienen conexiones hidrológicas variables con el río y con la zona marina, particularmente durante la temporada de lluvias y los eventos extraordinarios.

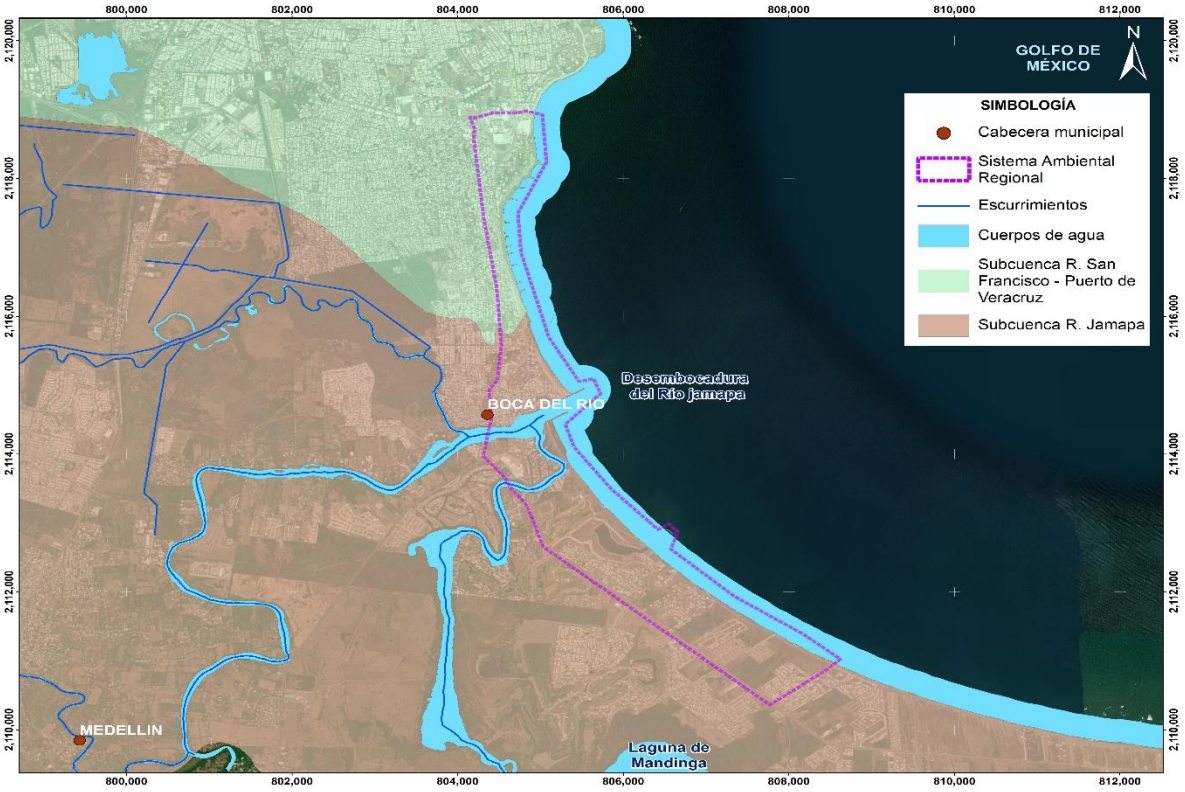


Figura 18 Hidrología Superficial del SAR

La configuración actual del sistema también se encuentra condicionada por la presencia de infraestructura urbana y costera. Las vialidades, superficies impermeables, escolleras y demás obras existentes han modificado localmente los patrones de escurrimiento y la forma en que el agua es conducida hacia el río y la costa.

Variación estacional de los escurrimientos

El régimen de escurrimientos del río Jamapa presenta una marcada relación con la distribución anual de la precipitación.

Durante la temporada de estiaje disminuyen los aportes procedentes de la cuenca y se reduce el caudal conducido hacia la desembocadura. En estas condiciones, la influencia de las mareas y de los procesos marinos puede adquirir una mayor importancia relativa dentro de la parte baja del río.

Durante la temporada de lluvias, el incremento de los escurrimientos superficiales aumenta el caudal, la velocidad de flujo y el transporte de sedimentos y materiales de origen continental. Esta respuesta puede intensificarse durante tormentas tropicales, ciclones y lluvias extraordinarias.

La variación estacional del caudal constituye una condición natural del sistema y determina cambios temporales en la interacción entre el río y el mar. La descripción detallada de esta interacción será desarrollada dentro del apartado correspondiente a la oceanografía física y dinámica de la desembocadura.

Análisis hidrológico del proyecto

Para estimar los gastos máximos que pueden alcanzar la zona de estudio se realizó un análisis hidrológico que consideró tanto las superficies de la cuenca que cuentan con registros hidrométricos como la porción final no aforada.

Las cuencas aforadas fueron analizadas mediante la información de las estaciones hidrométricas:

- **28040 El Tejar**, localizada sobre el río Jamapa.
- **28039 Paso del Toro**, localizada sobre el río Cotaxtla.

Los registros de ambas estaciones permitieron estimar los gastos máximos asociados con diferentes periodos de retorno mediante el método de distribución de Gumbel. Para la porción no aforada de la cuenca se realizó un análisis lluvia-escurrimiento mediante la Fórmula Racional.

El gasto máximo de diseño para la desembocadura del río Jamapa se obtuvo mediante la suma de las aportaciones estimadas para las cuencas aforadas y la porción no aforada. Los resultados se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 4. Gastos máximos de diseño estimados para el río Jamapa

Periodo de retorno	Gasto máximo de diseño
5 años	1,517.34 m³/s
10 años	2,113.03 m³/s
25 años	2,497.70 m³/s
50 años	2,784.86 m³/s
100 años	3,369.57 m³/s
500 años	4,112.11 m³/s
1,000 años	4,016.30 m³/s

Fuente: estudio hidrológico y modelos de inundación elaborados para el proyecto.

Los resultados muestran que el río Jamapa puede conducir caudales elevados durante eventos extraordinarios. Esta condición resulta especialmente relevante en la desembocadura, donde el flujo fluvial interactúa con la baja elevación de la planicie costera y con los procesos marinos.

El valor estimado para el periodo de retorno de 1,000 años resulta ligeramente inferior al correspondiente a 500 años, por lo que deberá verificarse en la memoria de cálculo antes de utilizarlo como gasto definitivo de diseño o como condición de frontera en otros análisis.

El estudio hidrológico también generó hidrogramas para diferentes periodos de retorno. Para efectos de la caracterización ambiental, no resulta necesario incorporar la totalidad de estos gráficos en el cuerpo de la MIA, pero puede consultarse el estudio incluido en Anexos.

Condición hidrológica dentro del SAR

La desembocadura del río Jamapa constituye un ambiente hidrológicamente dinámico, sujeto a variaciones estacionales y a incrementos importantes de caudal durante lluvias extraordinarias.

La baja elevación de los terrenos próximos al cauce, la presencia de superficies urbanizadas y la interacción entre los escurrimientos continentales y las condiciones marinas favorecen la susceptibilidad de determinados sectores a inundaciones temporales.

El proyecto se desarrollará directamente sobre este sistema, por lo que la conservación de la capacidad hidráulica del cauce y la prevención de obstrucciones durante la construcción constituyen aspectos relevantes para la evaluación ambiental.

El análisis detallado de las zonas inundables, los niveles de agua, las velocidades de flujo y los escenarios asociados con avenidas y sobreelevación marina será desarrollado posteriormente en el apartado correspondiente a inundación y vulnerabilidad hidrometeorológica.

Condición actual y tendencia del componente

La hidrología superficial del SAR se encuentra dominada por el río Jamapa y por su interacción con la planicie costera y el Golfo de México. El régimen hidrológico mantiene una marcada variación estacional y responde de manera importante a la ocurrencia de lluvias intensas y fenómenos meteorológicos extremos.

La expansión urbana y la impermeabilización de superficies han modificado localmente los patrones de escurrimiento y pueden incrementar la rapidez con la que el agua alcanza los sistemas de drenaje y cuerpos receptores. No obstante, las avenidas del río y la susceptibilidad a inundación constituyen procesos preexistentes asociados con las características naturales de la cuenca y de la desembocadura.

Estas condiciones deberán considerarse durante la evaluación de impactos del proyecto, particularmente en relación con la ocupación temporal del cauce, la colocación de estructuras, el manejo de materiales y la prevención de modificaciones adversas sobre el flujo y la capacidad hidráulica.

f) Oceanografía física y dinámica de la desembocadura.

La ubicación del Sistema Ambiental Regional en la desembocadura del río Jamapa determina la interacción permanente entre los escurrimientos continentales y los procesos marinos del Golfo de México. En esta zona, el comportamiento del agua se encuentra condicionado principalmente por el oleaje, las mareas, las corrientes costeras, los vientos y las variaciones estacionales del caudal fluvial.

La desembocadura constituye un ambiente dinámico, en el cual la influencia relativa del río y del mar varía a lo largo del año. Durante la temporada de lluvias aumentan los aportes fluviales y el transporte de materiales hacia la costa, mientras que durante el estiaje adquieren mayor relevancia las mareas y la circulación marina. Durante eventos de norte y ciclones tropicales pueden presentarse modificaciones importantes en la altura del oleaje, el nivel del agua y la dirección e intensidad de las corrientes.

Para caracterizar estas condiciones se elaboró un estudio oceanográfico específico para Boca del Río, mediante el cual se analizaron el oleaje normal y ciclónico, las mareas, los vientos, las corrientes y la sobreelevación por tormenta. La memoria completa del estudio, sus procedimientos de cálculo, series históricas, tablas y figuras se incorporan como anexo técnico de la presente Manifestación de Impacto Ambiental.

Oleaje

El oleaje ordinario fue caracterizado mediante los registros históricos de la estación 42055 Bay of Campeche, perteneciente al National Data Buoy Center, correspondientes al periodo 2005–2024. Los registros analizados incluyen altura de ola significante, periodo dominante y dirección de procedencia.

Los resultados indican que el rango de altura de ola que se presenta con mayor frecuencia es de **0.51 a 1.00 m**, seguido de los intervalos de **1.01 a 1.50 m** y **1.51 a 2.00 m**. En conjunto, estos intervalos representan aproximadamente el 80.89 % de los registros analizados.

El comportamiento del oleaje presenta variaciones estacionales. La altura de ola significante de mayor magnitud se presenta durante el invierno, cuando alcanza aproximadamente **2.35 m**, mientras que para el conjunto del periodo analizado se determinó una altura significante de **1.98 m**.

Tabla 5. Régimen estacional de altura de ola significante.

Estación	$H_{1/3}$ (m)
Invierno	2.35
Primavera	1.84
Verano	1.42
Otoño	2.22

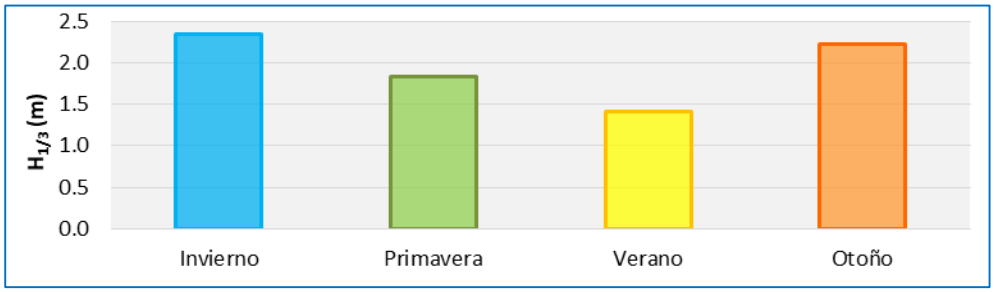


Figura 19 Gráfica del régimen estacional de altura de ola significante.

La dirección de procedencia del oleaje también influye en la distribución de energía sobre la costa. Para el periodo analizado, la mayor incidencia corresponde al sector este,

aunque se presentan variaciones relacionadas con la época del año y con la incidencia de frentes fríos y ciclones tropicales.

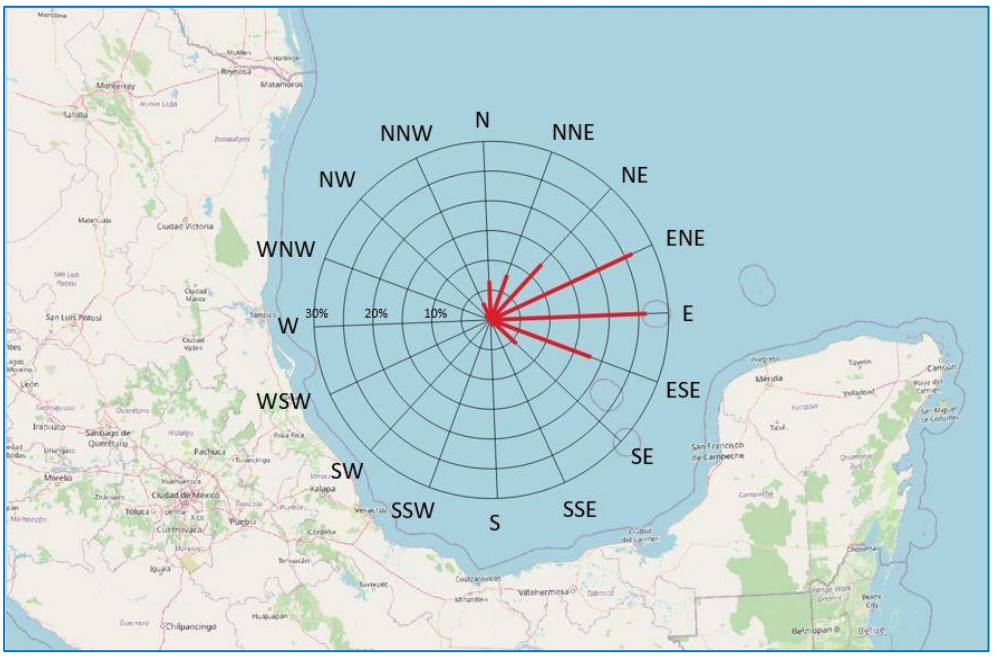


Figura 20 . Incidencia del oleaje en el frente marítimo indicado en rosa de 16 direcciones.

Durante eventos ciclónicos, el oleaje puede alcanzar alturas y periodos considerablemente superiores a los observados bajo condiciones normales. El análisis de los eventos históricos seleccionados estimó una altura de ola significante máxima de **9.67 m** y un periodo de **12.01 s** para un evento con condiciones semejantes a las del huracán Janet de 1955.

Debido a que estas condiciones corresponden a situaciones extraordinarias, sus efectos sobre la sobreelevación del nivel del mar y la inundación costera se desarrollarán posteriormente en el apartado correspondiente.

Mareas

Las mareas producen variaciones periódicas en el nivel del mar e influyen en el intercambio de agua entre el río Jamapa y el Golfo de México.

El régimen de mareas de la región corresponde al tipo diurno. Durante la pleamar aumenta la influencia marina dentro de la desembocadura, mientras que durante la bajamar se favorece la salida de agua hacia el mar. La intensidad de este intercambio depende también del caudal fluvial y de las condiciones meteorológicas presentes.

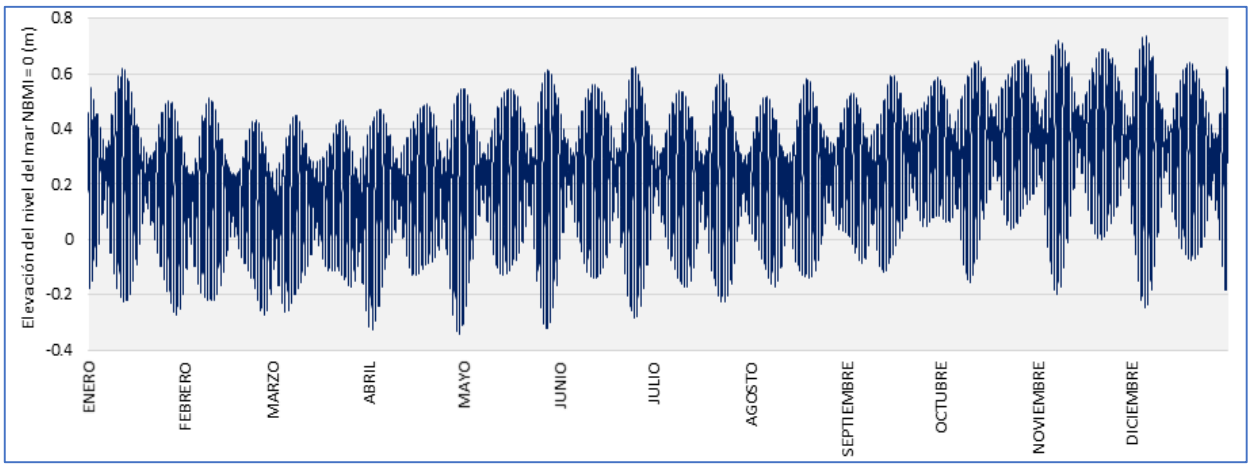


Figura 21 Predicción anual de marea 2025, Veracruz, Veracruz (CICESE, 2025).

La predicción anual permite observar las variaciones temporales del nivel del mar y diferenciar los periodos de mayor y menor amplitud mareal. Los niveles de marea constituyen además una condición relevante para interpretar el comportamiento de las corrientes y la extensión temporal de las superficies cubiertas por agua.

Corrientes marinas y costeras

Las corrientes presentes en la zona de estudio se encuentran condicionadas por la circulación regional del Golfo de México, el régimen de vientos, las mareas, la forma de la costa y la descarga del río Jamapa.

Su dirección y velocidad no permanecen constantes a lo largo del año. Durante los eventos de norte pueden presentarse modificaciones importantes en la circulación costera,

mientras que dentro de la desembocadura el comportamiento de las corrientes depende también del caudal fluvial y de las condiciones de pleamar y bajamar.

Interacción entre el río y el mar

La desembocadura del río Jamapa funciona como una zona de intercambio entre aguas continentales y marinas. Durante los periodos de mayor caudal, el flujo fluvial favorece la salida de agua y sedimentos hacia la costa. Durante el estiaje, la reducción de los aportes continentales permite una mayor influencia de las mareas y de las condiciones marinas dentro de la parte baja del río.

La presencia de escolleras y otras obras costeras modifica localmente la circulación y la propagación del oleaje. Estas estructuras forman parte de la configuración actual de la desembocadura e influyen en la distribución de sedimentos y en las diferencias existentes entre las playas ubicadas al norte y al sur del río.

Condición actual del componente

La condición oceanográfica del SAR se encuentra determinada por la interacción entre el río Jamapa y el Golfo de México. El oleaje, las mareas y las corrientes presentan variaciones estacionales y extraordinarias que influyen en el intercambio de agua, la movilidad de sedimentos y la configuración de la desembocadura y de la franja litoral.

Aunque el entorno se encuentra ampliamente modificado por la urbanización y la infraestructura costera existente, los procesos fluviales y marinos continúan activos. Estas condiciones forman parte del escenario ambiental previo y deberán considerarse durante la evaluación de los impactos asociados con la construcción y operación del proyecto.

g) Dinámica litoral y evolución de la línea de costa

Análisis de la evolución de la línea de costa

Debido a las obras que se pretenden desarrollar para puente vehicular que conectará la zona de Boca del Río con Alvarado en el estado de Veracruz, cruzando por el río Jamapa y abarcando la zona federal marítimo terrestre de una franja costera frente a la

zona de la Riviera Veracruzana, es necesario llevar a cabo un análisis de la evolución de línea de costa.

Paricularmente, la zona costera del presente estudio se encuentra en la margen derecha de la desembocadura del Río Jamapa, en el municipio de Alvarado, Veracruz. La franja litoral a analizar presenta una playa arenosa con pocas sinuosidades, con una extensión de aproximadamente 5 km delimitado al extremo Oeste por la escollera Este de la dembocadura del río Jamapa cuyas coordenadas geográficas son Latitud 19°6'1.66"N y Longitud 96°6'2.06"O, mientras que del lado Este llega hasta el fraccionamiento Lomas del Sol cuyas coordenadas geográficas son Latitud 19°4'5.31"N y Longitud 96°4'7.01"O.

El objetivo de este análisis es analizar el comportamiento que ha presentado la línea de costa de la franja litoral del estudio durante los últimos 30 años, con lo cual se podrán identificar las zonas donde existe erosión, azolvamiento o si no existen cambios significativos durante el periodo de análisis. Los resultados estarán cuantificados basándose en los cambios identificados en términos de la variación de las líneas de costa históricas del lugar, y las cuales seran obtenidas a partir de fotografías aéreas disponibles para el sitio.

Delimitación espacial del sistema costero (celda litoral)

En algunas zonas costeras existen compartimentos o áreas naturales que ayudan a definir el comportamiento de una playa, conocidas como celdas litorales. Estas celdas su pueden identificar dentro de las formaciones costeras tales como zonas de generación de corrientes de retorno, pequeñas bahías, ensenadas, puntas, desembocaduras de los ríos, bocas de lagunas costeras, así como también se pueden considerar las construcciones antropogénicas, tal es el caso de las obras marítimas como rompeolas, espigones, muros de contención, escolleras, entre otros.

Para delimitar la longitud de la celda litoral del presente análisis, se tomó en cuenta el Sistema Ambiental Regional (SAR) del proyecto, considerando solamente la parte de la margen derecha a la desembocadura del Río Jamapa, que abarca desde la escollera Este hasta la zona del fraccionamiento Lomas del Sol. Por lo tanto, la longitud de costa considerada para el analisis de línea de costa será de 5 km aproximadamente.

Es importante notar que practicamente a la mitad de la celda litoral se construyeron dos rompeolas que delimitan un canal de acceso hacia una marina. Dicha obra se construyo entre el 2009 y 2011, lo que pudiera delimitar la franja litoral en dos celdas litorales, sin embargo, como el análisis considerará un periodo anterior a esto (cuando existía continuidad de la playa en esta zona), se determinó analizar el sistema costero como una sola celda litoral.

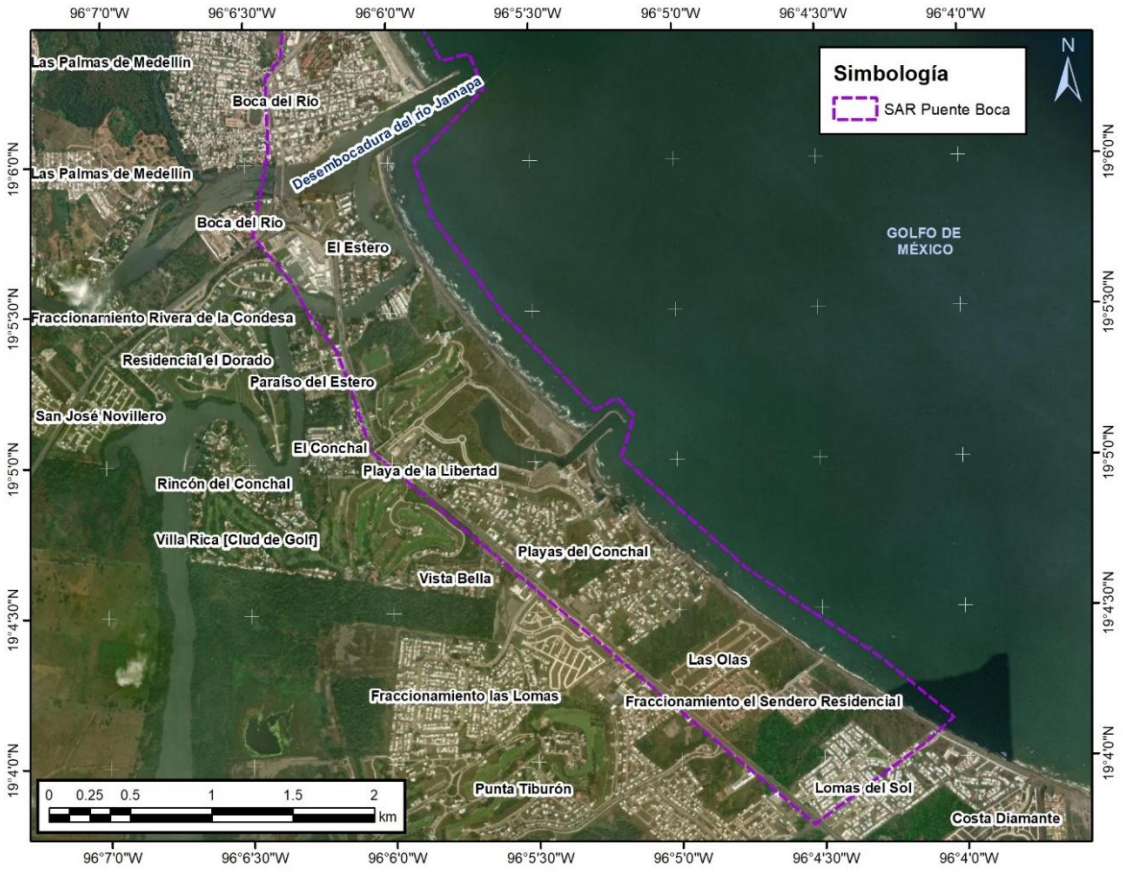


Figura 22 Celda litoral del estudio de dinámica costera en el SAR.

En general la celda litoral es una extensión de playa arenosa con poca pendiente y anchos variables que pueden alcanzar hasta 35 m, además de contar con algunas dunas costeras. Adyacente a la escollera Este se ubica una zona conocida localmente como la Isla del Amor, que si bien no es una isla es más como un tipo barra (donde en la parte trasera se ubica un estero) y que se conecta con la playa de la zona conocida como la Riviera Veracruzana mediante una franja de unos 20 m de ancho.

Delimitación temporal del periodo de análisis

La delimitación del periodo de análisis de evolución de la línea de costa de este estudio estuvo sujeta a la disponibilidad de las imágenes aereas utilizadas para tal análisis. Para este tipo de analisis es necesario apreciar la linea de costa de manera clara, por lo que es importante contar con imágenes de alta resolución espacial (con un pixel menor a 2 m). Por otra parte, la fecha de captura de las imágenes debe ser preferentemente en la misma epoca del año para que las condiciones de la marea sean similares.

Tomando en cuenta lo anterior, solamente se consideraron para este análisis dos Ortofotos Digitales de INEGI correspondientes al año 1995 y 2007, además de cinco ortomosaicos generados a partir vuelos con drone para el monitoreo de línea de costa de las obras de ampliación del puerto de Veracruz, y que corresponden a los años 2016, 2017, 2018, 2019 y 2026.

Por lo tanto, considerando las fechas de las imágenes utilizadas, se analizaron 7 líneas de costa que abarcan del año 1995 al 2026, por lo que para este análisis se cuenta con un periodo 31 años.

Tabla 1. Fecha de las imágenes disponibles para el análisis

Imagen (Fuente)	Fecha
Ortofoto Digital (INEGI)	Febrero 1955
Ortofoto Digital (INEGI)	Diciembre 2007
Ortofoto (Vuelo aerofotogramétrico)	Enero 2016
Ortofoto (Vuelo aerofotogramétrico)	Diciembre 2016
Ortofoto (Vuelo aerofotogramétrico)	Noviembre 2017
Ortofoto (Vuelo aerofotogramétrico)	Enero 2019
Ortofoto (Vuelo aerofotogramétrico)	Febrero 2026

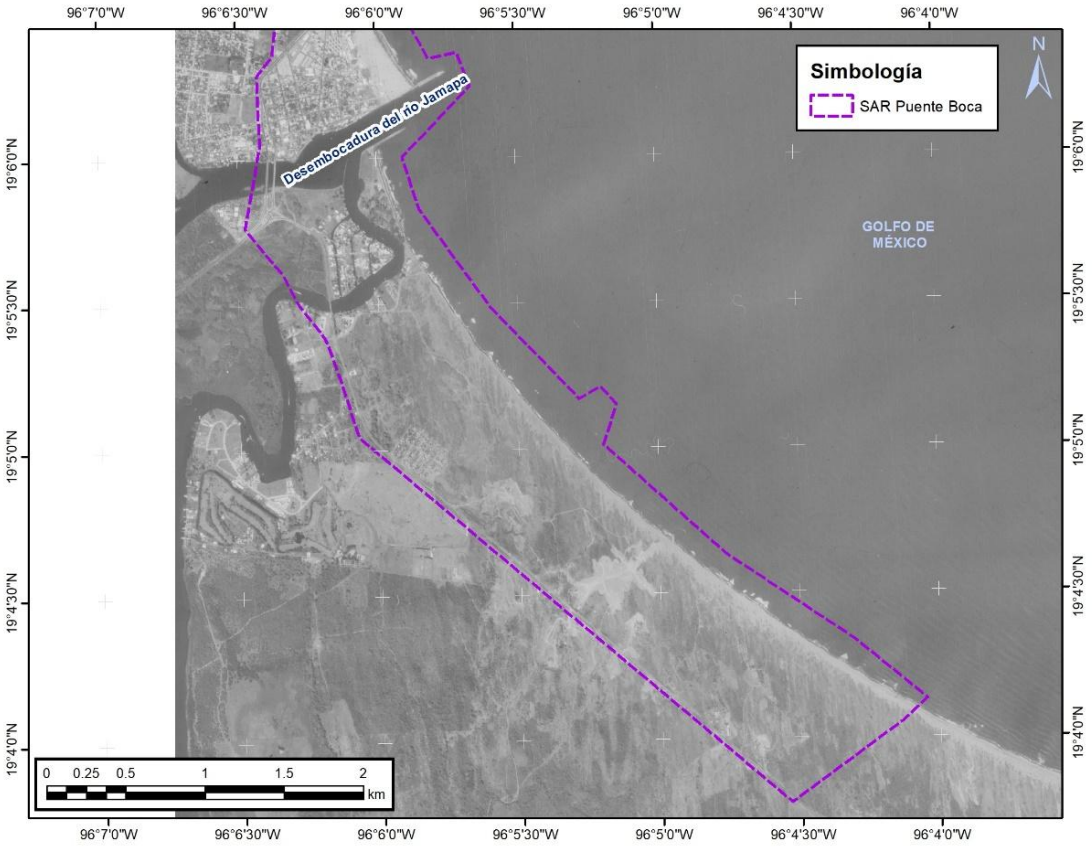


Figura 23 Ortofoto Digital obtenida de INEGI, febrero de 1995.

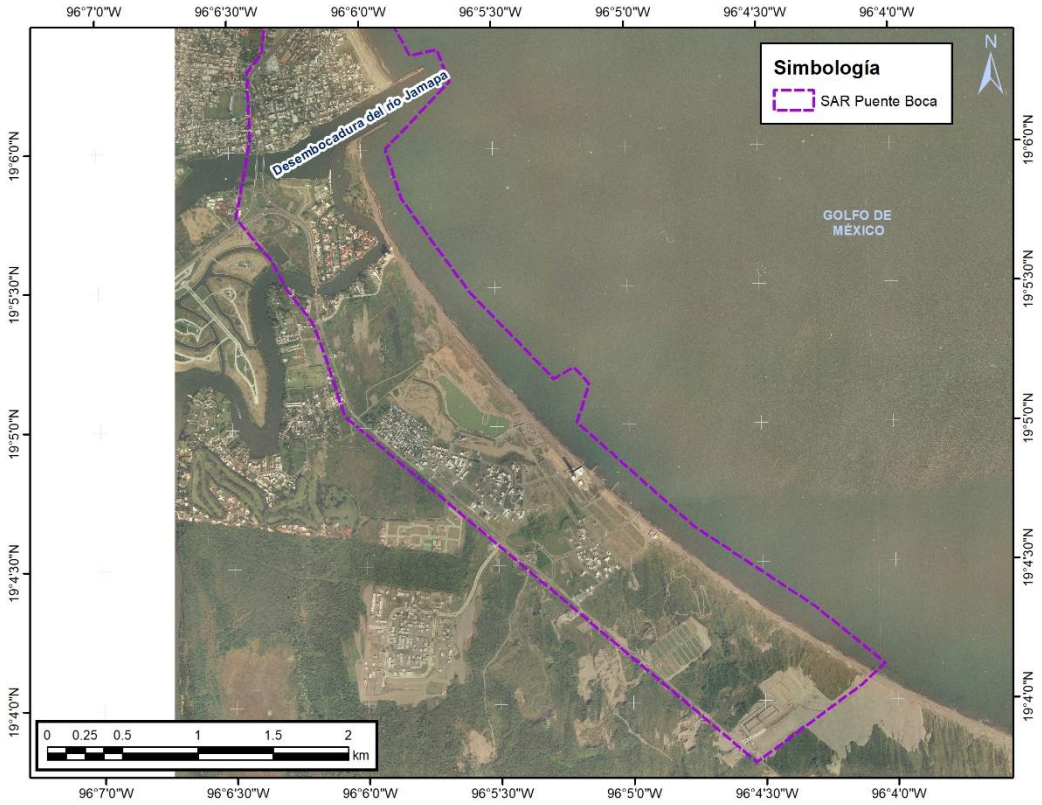


Figura 24 Ortofoto Digital obtenida de INEGI, diciembre de 2007.

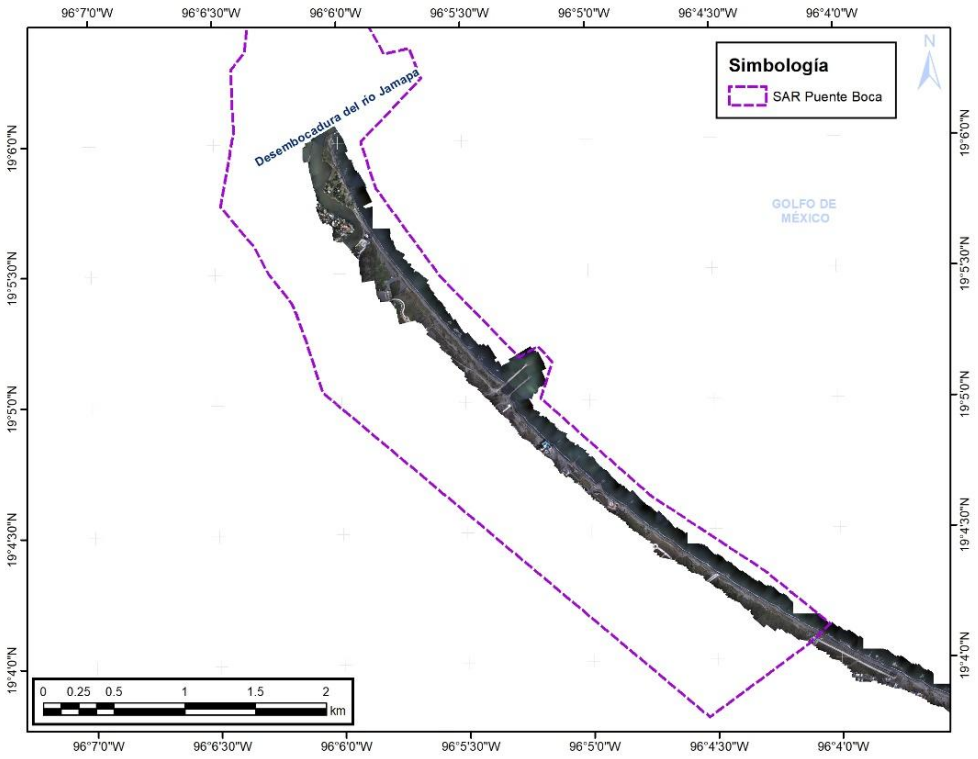


Figura 25 Ortofoto obtenida de un levantamiento fotogramétrico, diciembre de 2016.

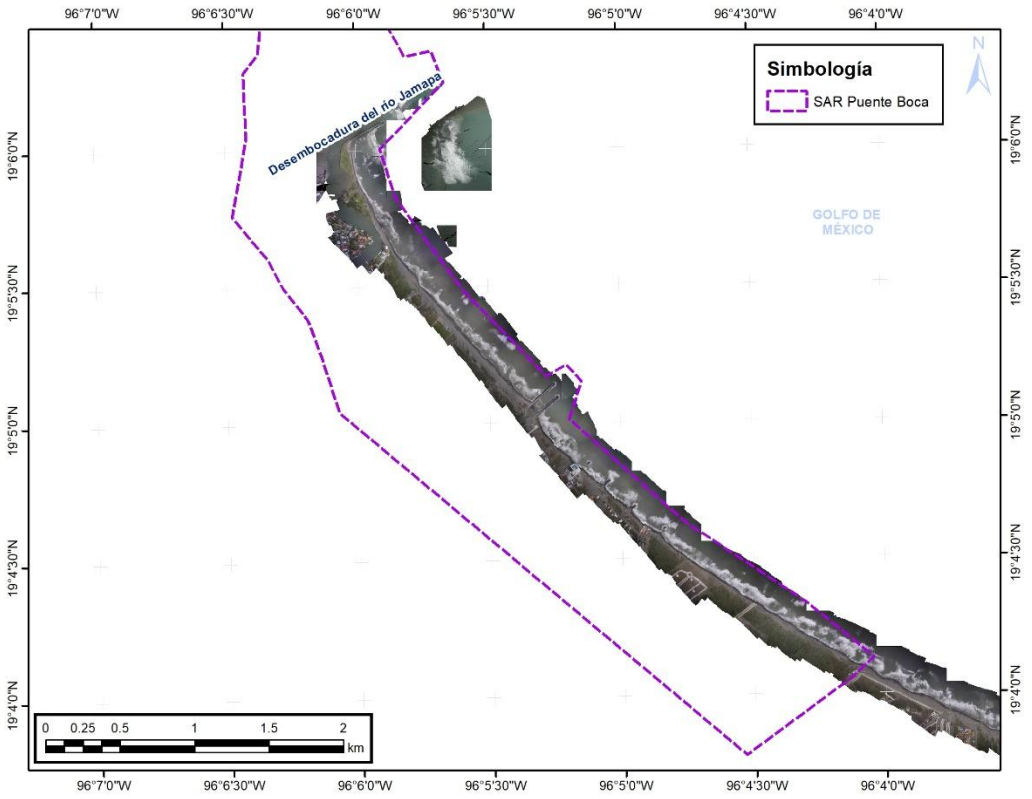


Figura 26 Ortofoto obtenida de un levantamiento fotogramétrico, noviembre de 2017.

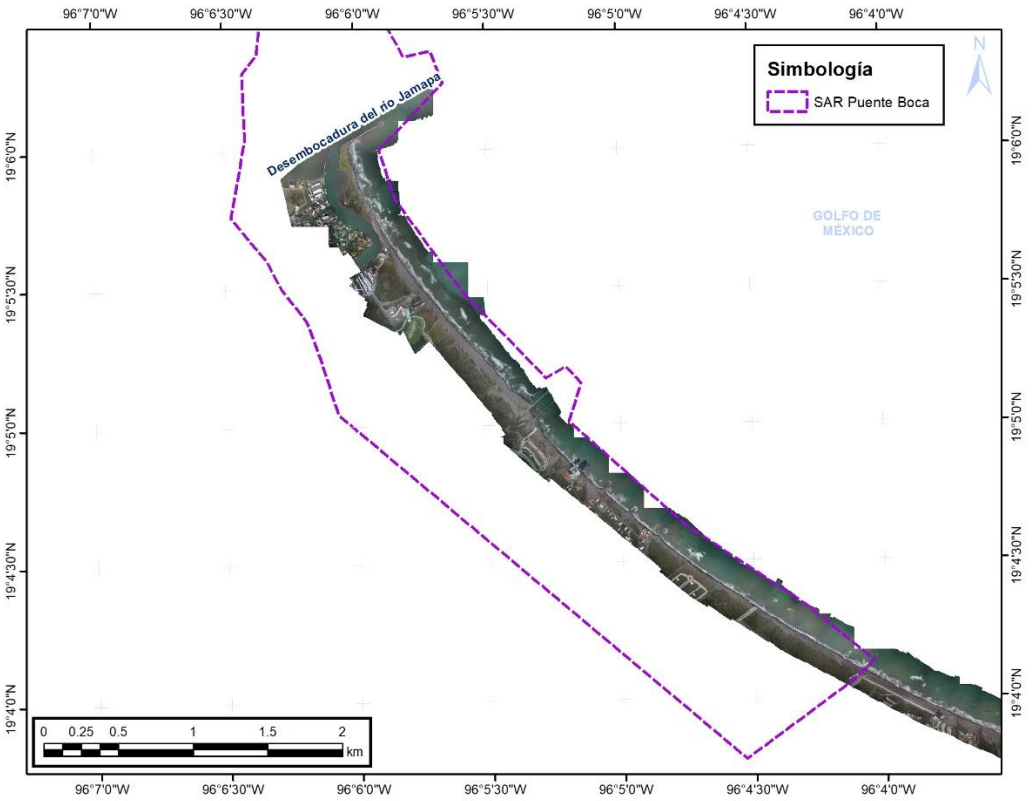


Figura 27. Ortofoto obtenida de un levantamiento fotogramétrico, enero de 2019.

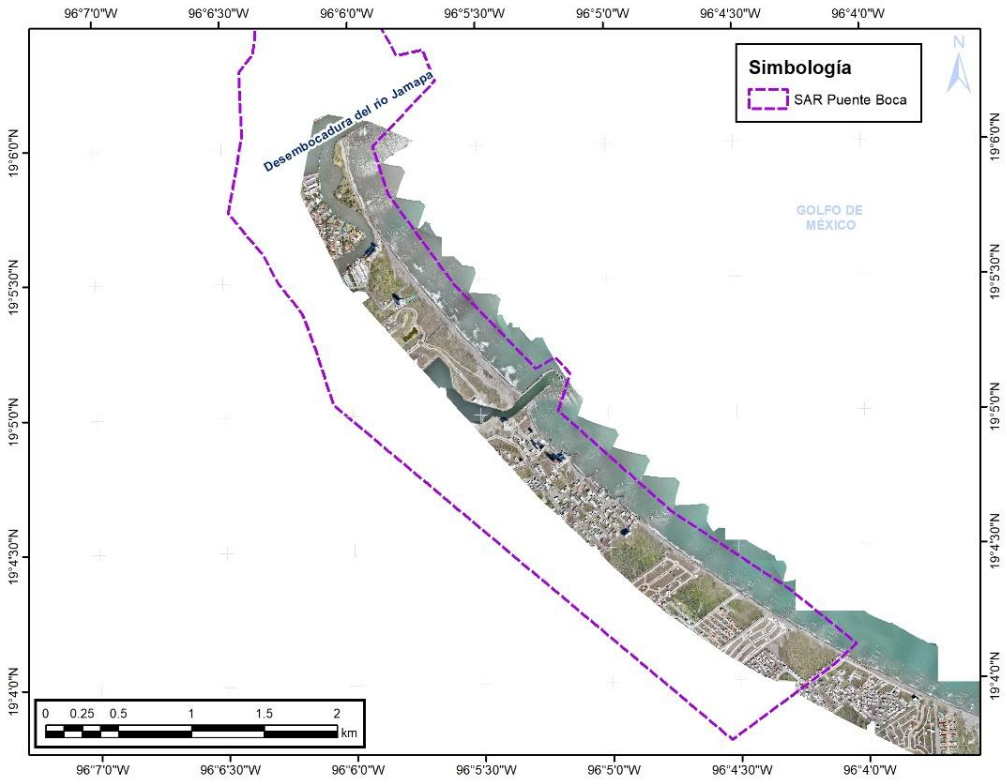


Figura 28. Ortofoto obtenida de un levantamiento fotogramétrico, febrero de 2026.

Digitalización de lineas de costa

Todas las imágenes disponibles fueron manipuladas por medio de las herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Tanto para las ortofotos de INEGI como para las ortofotos de los vuelos aerofotogramétricos se manejaron en la proyección UTM Zona 14N con datum WGS84.

Posteriormente, utilizando también las herramientas SIG, se digitalizó de forma manual la linea de costa de cada una de las imágenes. El criterio utilizado para la digitalización fue seguir la marca de agua dejada por la ultima pleamar observada en la imagen, la cual se pudo determinar mediante el cambio de coloración entre la arena seca y la arena mojada de la playa. Para el caso de las zonas con obras de proteccion costera o zonas rocosas, la línea de costa considerada fue seguir el contorno de tales estructuras

(***Figura 30***). La longitud de costa digitalizada para cada año disponible fue de 5 km aproximadamente.



Figura 29. Digitalización de línea de costa en playa arenosa.



Figura 30 Digitalización de línea de costa en zonas rocosas.

En la ***Figura 31*** se muestran las lineas de costa digitalizadas de todos los años disponibles del sitio de estudio. Las lineas fueron montadas sobre una capa layer obtenida del servidor de ESRI Digital Globe. Se observa que a partir del año 2016 en la zona central de la celda ya se habian construido un par de rompeolas y se abrío un canal para una marina, perdiendose la continuidad de la playa que habia en ese sitio y por lo tanto la zona del canal no será considerada para el análisis de evolución de línea de costa.

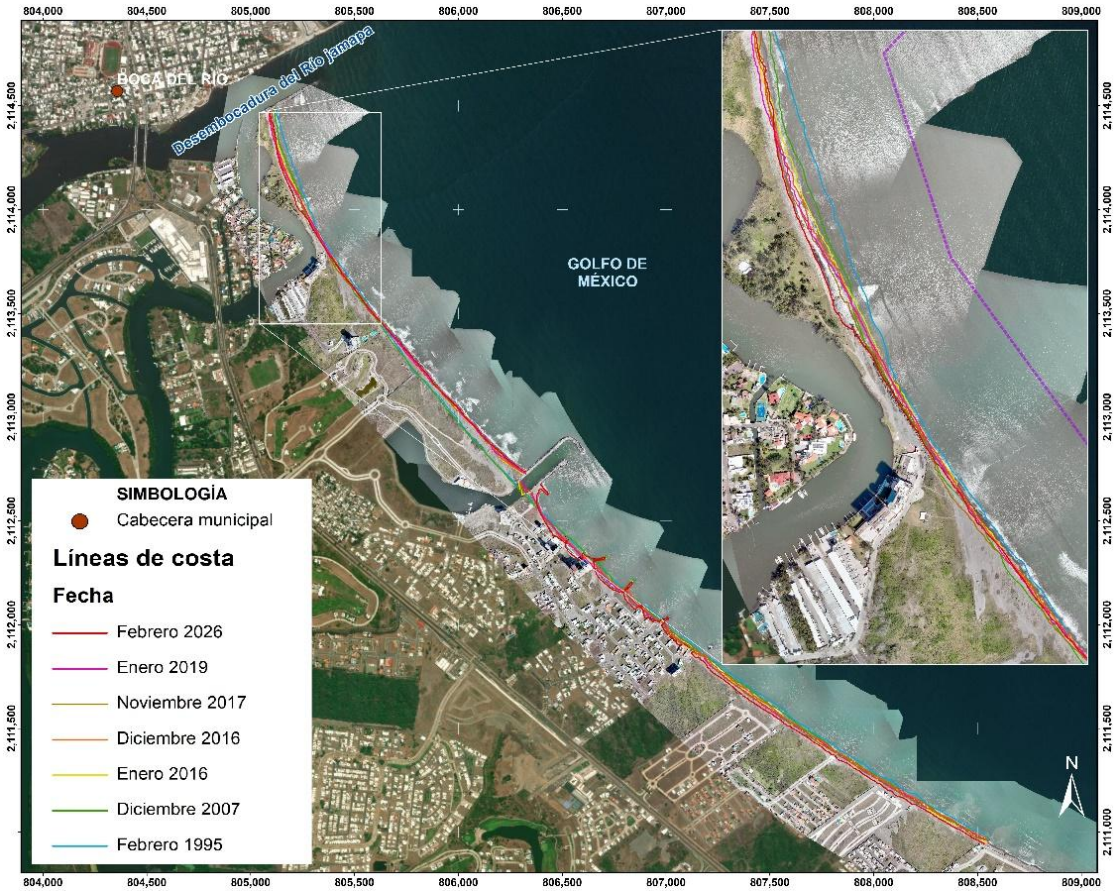


Figura 31 Líneas de costa disponibles para el análisis (1995-2026).

Es importante mencionar que las líneas digitalizadas tienen una aproximación sujeta a variaciones de interpretación debido a que la digitalización se realiza de forma manual (Casal *et al*., 2010), por lo que existe cierto grado de error del cual se debe estar consciente.

Además, la diferencia de la hora y fechas en que fueron tomadas cada una de las imágenes disponibles es otro factor que influye en la incertidumbre del trazo de la línea de costa, ya que la variación de la marea entre temporadas puede variar de manera considerable. En este caso se consideró una incertidumbre en el trazo de la línea de costa de +/- 5 m.

Análisis de la tendencia de la línea de costa

Para conocer la tendencia que ha tenido la línea de costa del sitio de estudio durante el periodo de análisis (1996-2026), se utilizó el programa DSAS Versión 5.1 (Digital Shoreline Analysis System), el cual es una herramienta que permite calcular los cambios de variacion horizontal por métodos estadísticos para multiples posiciones de líneas de costa históricas. Este programa es una aplicación de uso libre desarrollada por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), y que se utiliza como una extension en conjunto con plataformas SIG (Himmelstoss *et al*., 2021).

Métodologia

La metodología utilizada para analizar la tendencia de las líneas con DSAS fue el siguiente (Moreno, 2016):

I. Creación de un Geodatabase que contenga todas las líneas de costa a analizar. Para este caso fueron 7 líneas de costa (1995-2026).

II. Creación de una línea base. Esta línea debe ser trazada lo más pararelamente posible al comportamiento general de las líneas de costa, y también debe estar guardada dentro del Geodatabase que contiene las líneas de costa.

III. Edición de los parámetros que requiere el programa DSAS para obtener la variación de linea de costa. Para su edicion se accede pulsando el icono *Default Parameters*, y su procedimiento se describe a continuación:

a) De la pestaña *Baseline Settings* se seleccionó la línea base a utilizar y sus atributos, como por ejemplo si esta colocada sobre el agua o en la tierra, asi como definir su orientación relativa con base a la tierra

b) De la pestaña *Shoreline Settings* se eligió el archivo que contiene todas las líneas de costa, y se seleccionó el atributo que contiene la fecha de las líneas de costa. También se debe seleccionar el atributo de la incertidumbre y el valor, que anteriormente se explicó que sería de +/- 5 m. Después se eligió que el cálculo de la tendencia se haría con la intersección de la línea más próxima a tierra.

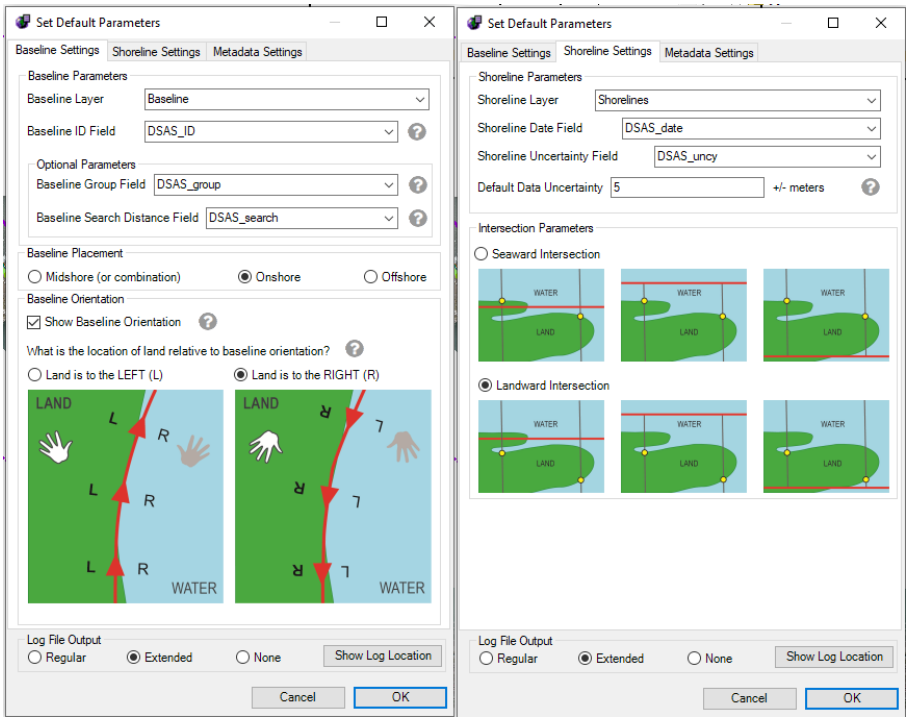


Figura 32. Edición de parámetros de la línea base y de las líneas de costa.

IV. Creación de los transectos mediante el DSAS. Esto se hizo con la herramienta *Cast Transects*, que también la incluye el DSAS. Se asignó un nombre a los transectos los cuales se almacenan automaticamente dentro del archivo Geodatabase inicial. Por otra parte, se definió un espaciamiento entre transectos de 10 m con una longitud de hasta 150 m, de manera que se abarcara la envolvente de todas las líneas de costa utilizadas en el analisis. Al dar clic en OK se comienza con el proceso de la generación de los transectos.

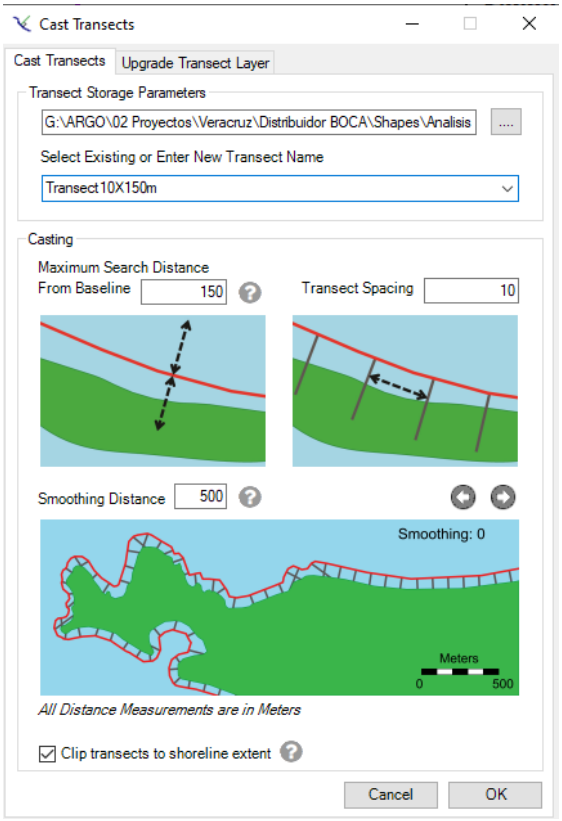


Figura 33 Ventana para crear transectos con DSAS.

En la ***Figura 13*** se muestra como quedo definida la línea base y los transectos, que como ya se mencionó, se generaron a cada 10 m de separacion partiendo desde tierra hasta el mar, por lo que en total se generaron 498 transectos.



Figura 34. Línea base y transectos para el análisis.

V. Posteriormente, con la herramienta *Calculate Rates* se calculó la tendencia de la línea de costa. DSAS permite hacer el cálculo por varios métodos, sin embargo para nuestro caso se decidió utilizar el método de Análisis de Regresión Lineal (LRR), indicando que se hiciera cuando hubiera mínimo 4 líneas y estableciendo una confianza de más del 95%.

Una vez que le damos calcular, la herramienta DSAS comienza a hacer los cálculos. Dependiendo del número de transectos y del número de líneas de costa es el tiempo de ejecución, el cual relativamente no es tardado.

VI. Finalmente, con la herramienta *Data Visualization* fue posible recortar los transectos a las envolventes de linea de costa y clasificar su tendencia en varios rangos, visualizandolas en una escala de colores de rojos (erosion) a verdes (acrecion).

Resultados

Se realizó un análisis general que abarcó la zona de estudio considerando un periodo de 31 años (1995 al 2026), analizandose un total de 494 transectos (4940 m de linea de costa). La tendencia horizontal de la línea de costa a lo largo de los 5 km de costa analizados fue de un retroceso máximo de -2.01 m/año y un avance máximo de 3.13 m/año durante el periodo analizado. Estas variaciones de línea de costa se clasificaron en 10 rangos para poder determinar las zonas en donde existe acreción o erosión, donde dichos rangos abarcan rangos de 0.5 m/año o más y sus colores indican lo siguiente: los tonos naranjas a rojos indican los retrocesos (de mínimos a máximos); el azul representa un estado de equilibrio, ya que abarca un rango entre -0.2 a +0.2 m/año, para lo cual se ha considerado que esos avances o retrocesos son mínimos y pueden consideranse insignificantes o nulos; y los colores de amarillos a verdes indican los avances (de mínimos a máximos). En la ***Figura 35*** se observa la tendencia de la linea de costa para el periodo analizado de la celda litoral analizada.

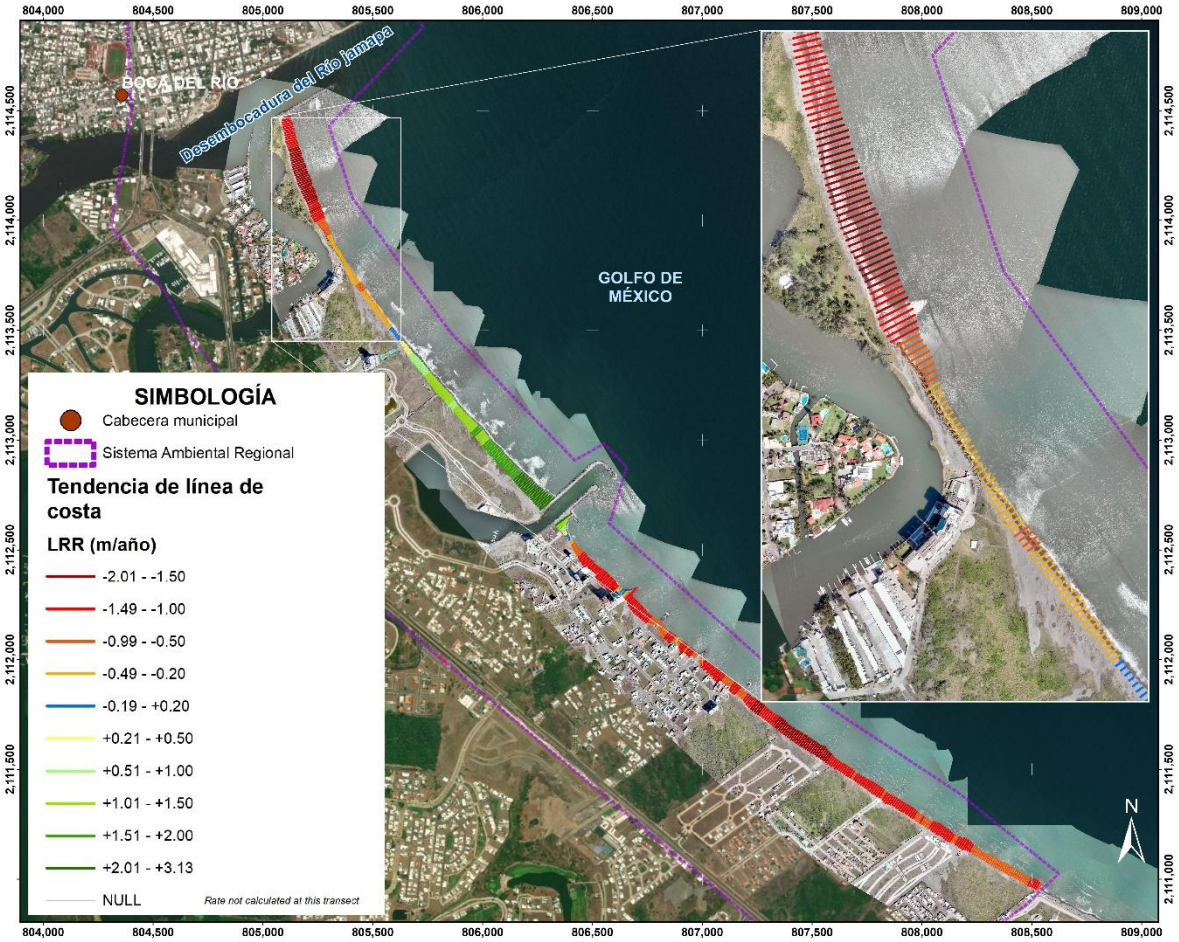


Figura 35 Tendencia de la línea de costa del periodo de 1995 al 2026.

Se observa que la celda litoral presenta en su mayoria zonas en erosión que han perdido desde 6 hasta 65 m de playa en el periodo de análisis. Solamente en muy pocos transectos la costa esta equilibrada, ya que el cambio ha sido menor a 6 m durante los últimos 31 años, lo cual se debe a que esta zona es de transición entre la playa que se erosiona y la que se esta azolvando. Por otra parte, existen zonas de azolvamiento de la playa en donde se han ganado desde 6 m hasta 97 m durante el periodo de análisis.

Adicionalmente, se muestra la gráfica de Avance/Retroceso de la celda litoral, en donde se aprecia la tendencia resultante del análisis para cada transecto analizado, los cuales van de Oeste a Este. El color rojo indica que se tiene una tendencia de retroceso,

mientras que el verde indica acreción de la playa o que línea ha ido avanzando con el paso del tiempo.

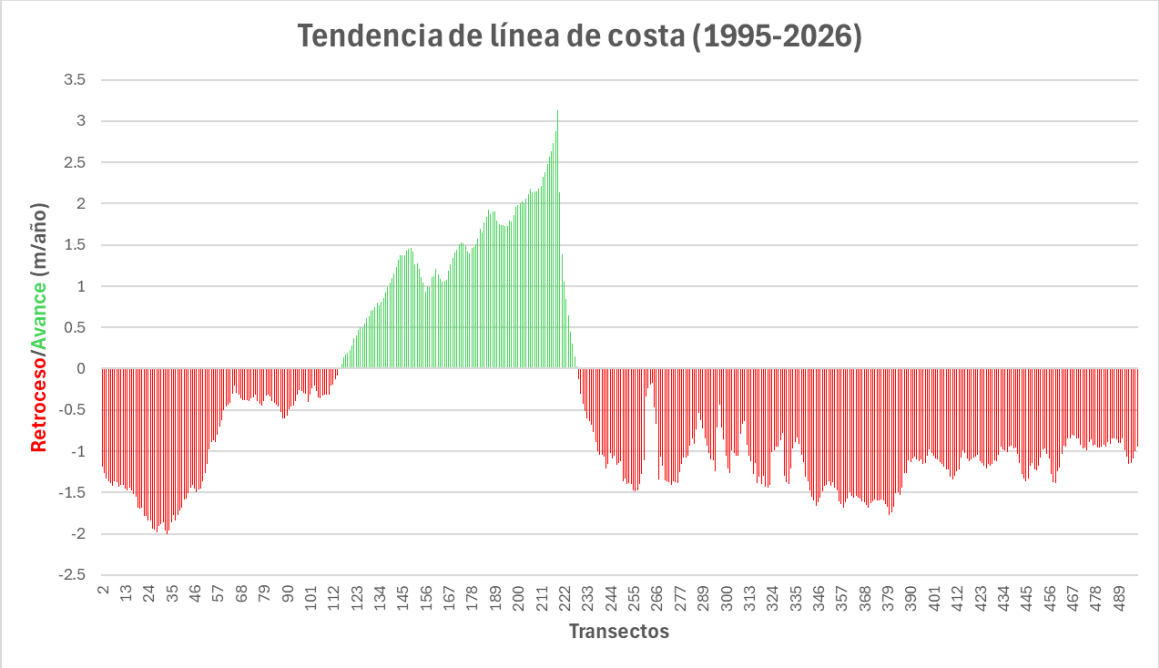


Figura 36. Grafica de la tendencia de línea de costa del periodo de 1995 al 2026.

De acuerdo con lo observado en la gráfica la mayoria de los transectos son de erosión, ya que de los 494 transectos analizados casi el 77% presentan valores negativos (380 transectos), mientras que los transectos restantes (23%) presentan valores positivos o de acreción. Además existe una zona de transición entre la erosión y la acreción que se encuentra entre el transecto 112 al 119 (80 m de línea de costa), que es la única zona de la celda que se encuentra en equilibrio.

Por otra parte, la única zona de acreción dentro de la celda se encuentra a partir de la zona transición y hasta la zona de los rompeolas que se construyeron para el canal de acceso a la marina (del transecto 120 al 219), lo cual era esperado debido al patrón del trasporte de sedimentos de la zona, en donde del lado izquierdo de una obra de protección perpendicular a la playa los sedimentos se acumulan, y del lado derecho de las obras se

empieza a perder playa al no tener sedimentos que se puedan depositar en la zona adyacente.

Análisis del Balance litoral

La erosión en una playa es el resultado que se obtiene cuando se pierde más arena de la que se gana en la costa, es decir, hay un déficit de arena. Por el contrario, el azolvamiento en una playa es cuando se gana más arena de la que se pierde, es decir, existe acrecion. Este tipo de análisis se conoce como "Balance litoral de sedimentos" o "Littoral Budget", el cual es una aplicación del principio de continuidad o de la conservación de la masa, debido a que en cada celda litoral todas las posibles pérdidas y ganancias de sedimentos se ponen en balance para determinar su comportamiento y conocer si existe erosión, azolvamiento o si está en equilibrio.

Para realizar un balance litoral de sedimentos de un sitio en específico, es necesario primeramente identificar todas y cada una de las aportaciones y salidas del sedimento de cada celda litoral. Entre las posibles aportaciones naturales de sedimento podemos encontrar la arena proveniente de los ríos, la erosión de acantilados por el mar, así como el transporte de sedimentos de la línea de costa dentro del área constituida de forma natural, tanto longitudinal como transversal. Las perdidas naturales pueden incluir el transporte hacia altamar a zonas muy profundas como cañones submarinos, el transporte de la línea de costa que acarrea el sedimento del litoral fuera del área de estudio.

Los factores inducidos por el hombre como las obras de dragado o los relleno de playas también influyen en el balance litoral, debido a que esto genera ganancias o pérdidas de sedimento dentro de las celdas litorales. En la F***igura 37***se resumen varias de las posibles pérdidas y ganancias que pueden existir en un balance cualitativo de transporte de sedimentos.

Para realizar un balance litoral de sedimentos es necesario realizar una evaluación cuantitativa de todas las ganancias y pérdidas que se presentan en una celda litoral. Esto incluye una estimación de la descarga anual de sedimentos que aportan los ríos cercanos a la zona de estudio, la cantidad de sedimento que se aporta a la playa desde las dunas, y una estimación del volumen de sedimento aportado mediante el transporte litoral, entre

otros. Todos estos volúmenes se utilizan en el balance y se obtienen como resultados los volúmenes de erosión o acumulación de sedimento.

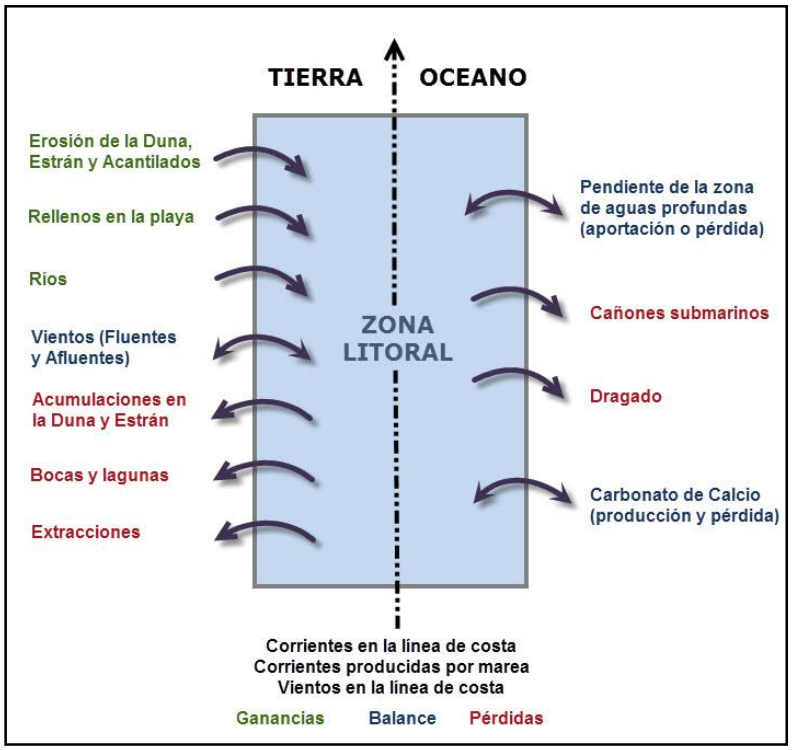


Figura 37 Posibles pérdidas y ganancias de sedimentos en una celda litoral.

Método empleado

En la práctica, obtener una estimación de los volúmenes de sedimento que ingresan o salen de una celda litoral es complicado, pues se requiere de un largo periodo de tiempo en campañas de campo, eso sin mencionar los recursos economicos necesarios para llevarlas a cabo. Por esta razón, el balance litoral de sedimentos para ésta zona se estimará a partir de los resultados de la tendencia de línea de costa del sitio, ya que este analisis permite apreciar la dinámica costera del sitio mediante la comparación de lineas de costa de varios años, de tal manera que promediando las variaciones obtenidas en cada transecto, se puede determinar si existe perdida o ganancia de sedimentos para cada una de las celdas litorales.

Resultados

Se realizó un solo análisis general que abarca la zona de estudio, considerandose un periodo de 31 años (de 1996 al 2026). Se determinó que la tendencia promedio obtenida para la celda litoral es de -0.52 m/año con una incertidumbre de +/- 0.15, es decir, en promedio se han pérdido 16 m de playa a lo largo de toda la celda litoral, por lo que en este caso se tiene un balance de pérdida de sedimentos para la celda litoral.

Proyección de línea de costa

Para poder conocer la posible evolución de la línea de costa en un futuro, se realizó una proyección de la línea de costa a partir de la tendencia de línea de costa obtenida en el análisis. Esta proyección se generó utilizando la herramienta *"BETA Shorline forecasting"* del programa DSAS, la cual utiliza el método del filtro de Kalman para predecir la evolución de la línea de costa, en donde además se obtiene una incertidumbre para dicha proyección.

Considerando lo anterior, fue posible proyectar la línea de costa para 10 y 20 años, tomando en cuenta que la línea de costa más reciente disponible para el análisis fue del año 2026. Es importante mencionar que esta herramienta es una versión en desarrollo, además de que la proyección solamente considera las líneas de costa analizadas, por lo que solo sirve para tener una idea de cómo puede evolucionar la línea de costa a partir de las tendencias obtenidas anteriormente. En la **figura 17** se observa la línea de costa proyectada a 10 y 20 años, con sus envolventes de incertidumbre respectivos.

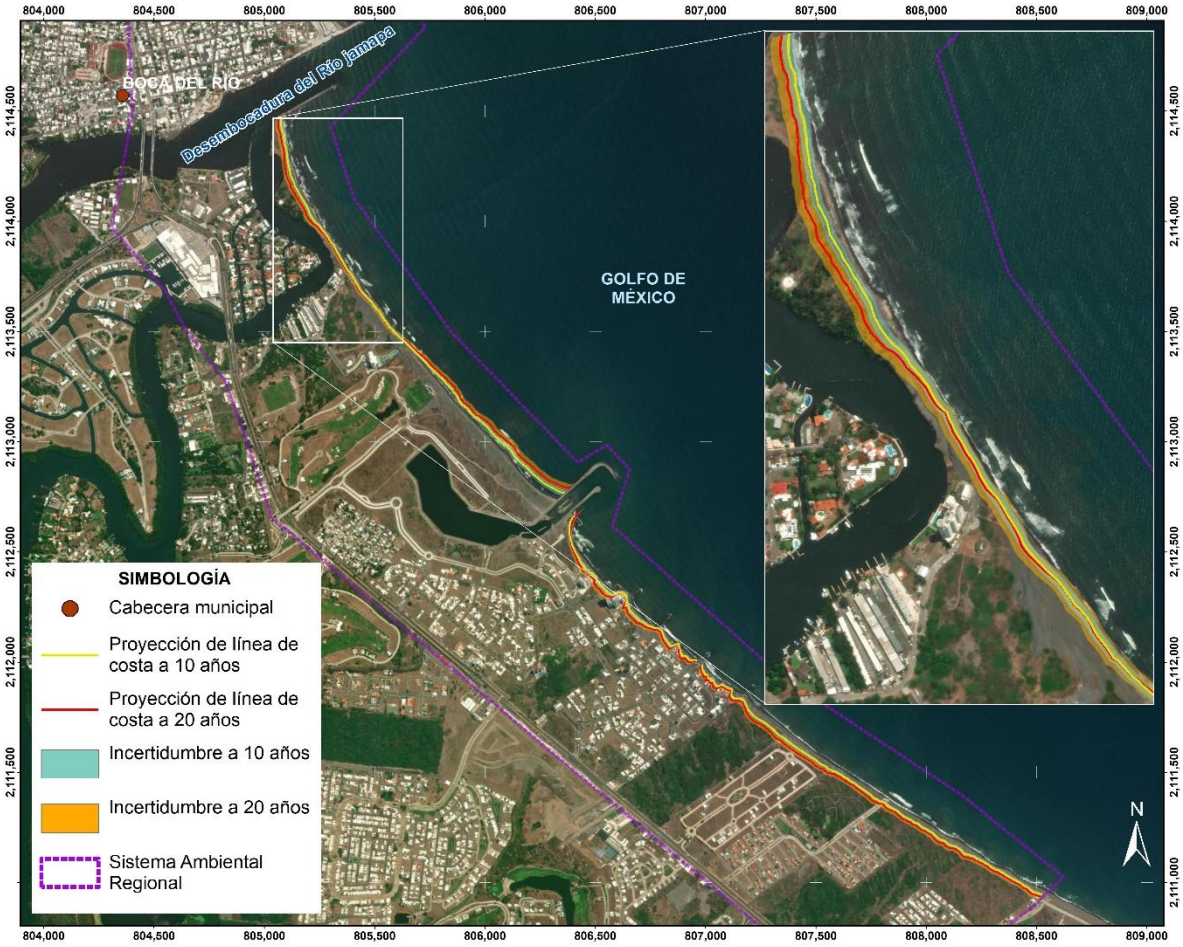


Figura 38. Evolución de línea de costa a 10 y 20 años.

Por lo tanto, se puede observar que la zona adyacente a la escollera Este de la desembocadura del río Jamapa (unos 700 m de playa), conocida localmente como la Isla del Amor, seguirá erosionándose y en unos 20 años podría quedar aislada de la playa adyacente, convirtiéndose en una verdadera isla.

Por otra parte, la zona adyacente a la margen izquierda del rompeolas del canal de la marina seguirá azolvándose y podría ganar hasta 75 m. La ganancia de sedimentos en esta zona implicaría que toda la playa Oeste posterior a estos rompeolas seguirá erosionándose, y en algunos casos el mar alcanzaría las edificaciones que se encuentran más cercanas a la playa.

Conclusiones de la evolución de la línea de costa.

Se realizó un análisis de la evolución de línea de costa para una extensión de 5 km sobre la margen derecha de la desembocadura del Rio Jamapa, municipio de Alvarado Veracruz, para los últimos 31 años considerando todo el sistema como una sola celda litoral.

Del análisis de la tendencia de la línea de costa se determinó que el 77% de los transectos analizados presentan erosión, mientras que los restantes (23%) presentan acreción, y solamente existe una zona de transición o equilibrio entre la erosión y la acreción de unos 80 m de línea de costa.

Por lo tanto, la playa ha perdido hasta 65 m sobre todo en la zona de la Isla del Amor, y ha ganado hasta 95 m en la zona Oeste a los rompeolas que se construyeron después del año 2009. Es importante recalcar que la construcción de los rompeolas contribuyó a ganar sedimentos en las zonas adyacentes, lo cual tal vez no hubiera sucedido ya que al comparar las líneas de costa de 1995 y 2007, ya existía un evidente retroceso o pérdida de playa desde antes que se construyeran.

Con el análisis del balance litoral se sustentó lo observado en el análisis de la tendencia de línea de costa, ya que se tiene un balance de pérdida de sedimentos para la celda litoral debido a que el promedio obtenido fue de -0.52 m/año con una incertidumbre de +/- 0.15, es decir, en promedio se han perdido 16 m de playa a lo largo de toda la celda litoral.

Finalmente, con el análisis de la proyección de la línea de costa se pronosticó que de seguir la tendencia de los últimos 31 años (de 1995 a 2026), en aproximadamente 20 años la zona de la Isla del Amor quedaría asilada de la celda litoral, lo cual no solamente podría significar un cambio en la geomorfología costera de la zona, sino también de la hidrodinámica debido a que esa zona esta influenciada por un estero que se conecta a la desembocadura del Río Jamapa.

De aquí la importancia de que el diseño y construcción de las obras consideren la dinámica litoral identificada, de manera que la infraestructura proyectada no incremente los procesos erosivos ni altere de forma no prevista el transporte local de sedimentos, particularmente en los sectores próximos a la Isla del Amor y a la desembocadura del río Jamapa. En este sentido, el análisis de línea de costa constituye un insumo técnico para

orientar la prevención de impactos, la planeación de frentes de obra y el seguimiento ambiental durante la construcción y operación del proyecto.

Como síntesis del medio abiótico, el SAR presenta la coexistencia de un entorno ampliamente modificado por infraestructura urbana, vial, turística y costera, con procesos físicos activos asociados con la desembocadura del río Jamapa, la franja litoral, la playa, las dunas remanentes, los escurrimientos superficiales y la dinámica histórica de la línea de costa. Esta condición indica que el proyecto no se inserta en un sistema físico prístino; sin embargo, sí se localiza en un espacio donde los procesos hidrológicos, sedimentarios y costeros mantienen relevancia ambiental y deben conservarse funcionalmente.

La dinámica litoral constituye uno de los aspectos abióticos de mayor importancia para la evaluación ambiental del proyecto. El análisis de evolución de línea de costa muestra que la franja litoral presenta una tendencia general de retroceso en una proporción importante de los transectos analizados, así como sectores puntuales de acreción asociados con la configuración costera y la presencia de infraestructura de protección existente. Por ello, el diagnóstico abiótico no debe interpretarse como evidencia de que las obras revertirán automáticamente los procesos erosivos, sino como una base técnica para establecer medidas que eviten incrementar la erosión, alterar innecesariamente el transporte local de sedimentos o modificar la estabilidad de la franja litoral.

En relación con la desembocadura del río Jamapa, el SAR conserva procesos de interacción entre escurrimientos continentales, influencia marina, mareas, corrientes costeras y transporte de sedimentos. Aunque sus márgenes se encuentran modificadas por escolleras, vialidades, infraestructura urbana y ocupación antrópica, la desembocadura mantiene una función hidrológica relevante como conexión entre el sistema fluvial y el Golfo de México. En consecuencia, durante la construcción y operación del proyecto deberá evitarse cualquier acción que obstruya el flujo, reduzca la capacidad hidráulica, genere aportes no controlados de sedimentos o introduzca residuos, concreto, aceites, combustibles u otros contaminantes hacia el río, la playa, el estero o la zona marina adyacente.

Desde el punto de vista de la evaluación de impactos, los componentes abióticos que requieren mayor atención son la calidad del agua, la turbidez, el manejo de sedimentos, la estabilidad de suelos, la disposición de residuos, la operación de maquinaria, la integridad

de la zona federal, la funcionalidad hidráulica de la desembocadura y la interacción del proyecto con la dinámica litoral. Estos elementos deberán retomarse en la identificación de impactos ambientales, en la valoración de impactos acumulativos y residuales, así como en las medidas de prevención, mitigación y vigilancia ambiental del proyecto.

IV.2.2 Medio biótico.

A nivel nacional, Veracruz es considerado el tercer estado con más diversidad en fauna, solo después de Chiapas y Oaxaca alberga una mayor riqueza de vertebrados silvestres para el mantenimiento de la biodiversidad del país (Alcántara, 1993; González-Romero y López-González, 1993; SEMARNAT, 2002; CONABIO, 2011). De acuerdo con los reportes de la CONABIO (2011) en el estado, existen actualmente 103 especies de anfibios, 220 de reptiles, 719 de aves y 191 de mamíferos.

A lo largo de la costa existen y se desarrollan diversos tipos de ambientes, una amplia variedad de biomas, selvas, bosques tropicales, pastizales, matorrales o vegetación típica de playas y dunas costeras (Castillo y Moreno, 1998; Espejel et al., 2017; Reyes-Ortiz et al., 2017). Las playas y dunas costeras son sistemas sumamente dinámicos, debido a que están formadas por el transporte y el movimiento constantes de sedimentos por las mareas, el oleaje y el viento.

Las dunas costeras en Veracruz suman un total de 106,092 ha; siendo el segundo estado en el país con la mayor extensión (Martínez et al 2014). En Alvarado, Veracruz se localizan los sistemas de dunas costeras de mayor extensión y altura, llegando a alcanzar los 60 m de altura y cubriendo varios kilómetros tierra adentro y a lo largo de la costa (Moreno-Casasola et al., 2011); su superficie abarca 825.8 km2, lo que representa el 1.04% del total de la superficie del estado de Veracruz. Además, Veracruz posee una extensa superficie de lagunas costeras y humedales interconectados, paralelos a la costa, que suman 360.8 kilómetros de costa interna (Silva et al., 2023). De acuerdo con la extensión territorial, a nivel nacional el estado de Veracruz ocupa el onceavo lugar (Flores y Gerez, 1994).

A nivel nacional, la flora en playas y dunas costeras está representada en 153 familias, 897 géneros y 2,076 especies de plantas vasculares. Sin embargo, sólo 95 especies se definen como preferentes de playas y dunas costeras, lo que refleja que son pocas las especies especializadas para las condiciones extremas de estos ambientes

(Espejel et al., 2017). Para Veracruz se ha reportado una composición florística en dunas costeras de hasta 653 especies, entre las que se han incluido algunas exclusivamente costeras, endémicas, o con potencial alimenticio, forrajero, farmacéutico y hasta tóxicas (Reyes-Ortiz et al., 2017). De acuerdo a la carta de INEGI (2017), la vegetación de dunas costeras, se define como una comunidad vegetal que se establece a lo largo de las costas, caracterizada por la presencia de plantas pequeñas y suculentas.

En Veracruz existen 26 áreas naturales protegidas (ANP) destinadas a la conservación y protección de los ecosistemas representativos del Estado. Las ANP son zonas del territorio estatal en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad de ser humano con el fin de preservar e interconectar ambientes naturales, salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres, lograr el aprovechamiento sustentable de los recursos y mejorar la calidad del ambiente en los centros de población y sus alrededores. Para el municipio de Veracruz se han decretado como áreas naturales protegidas los sitios denominados Médano del Perro, Tembladeras-Laguna Olmeca y Archipiélago de Lagunas Interdunarias de la Zona Conurbada de los Municipios de Veracruz y La Antigua.

Frente a las costas de los municipios de Veracruz, Boca del Río y el poblado de Antón Lizardo perteneciente al municipio de Alvarado, se encuentra el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV), formado por 23 arrecifes y 5 islas, de los cuales 11 se localizan frente a Antón Lizardo y el resto enfrente del Puerto de Veracruz, tiene una superficie de 2,238 ha (Gutiérrez et al., 1993). Se encuentra una Región Prioritaria (RTP 123), tiene reconocimiento internacional como sitio RAMSAR 1346 en términos de la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas. También, en México, la región es considerada una Área de Importancia para la Conservación de las Aves (centro de Veracruz, AICA 150), categoría G-1, A1, A2, A4i; ya que el sitio contiene poblaciones de una especie globalmente amenazada, en peligro o vulnerable según el libro rojo de Birdlife, especies de distribución restringida y el 1% de una población biogeográfica de una especie acuática congregatoria (Arizmendi y Márquez, 2000).

También, en el municipio de Boca del Río se encuentra el área natural protegida Arroyo Moreno (ANP-AM), como zona sujeta a conservación ecológica con una extensión de 308 ha aproximadamente. Tiene una flora representativa de 111 especies vegetales,

entre las que destacan cuatro especies de mangle, además de zapote domingo (Mammea americana), chico zapote (Manilkara zapota) y helecho de manglares (Acrostichum aureum).

a). Vegetación

Vegetación del Sistema Ambiental Regional

Se encuentran diversos tipos de vegetación, los manglares, la vegetación de dunas costeras, la selva baja caducifolia, popal y tular. De los diferentes tipos de vegetación, el manglar es ecosistema más importante de la zona. En el ANP Arroyo moreno considerado el principal pulmón verde urbano de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río-Alvarado, la mayor parte de la vegetación está constituida por árboles de manglar, conformado en su mayoría por mangle rojo, Rhizophora mangle, mangle negro, Avicennia germinans y mangle blanco, Laguncularia racemosa, además de la presencia del mangle botoncillo, Conocarpus erectus, especies que se encuentran en la categoría de "Amenazadas" dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

En la vegetación secundaria de selva baja caducifolia, entre otras especies vegetales representativas y abundantes como el huizache, Acacia pennatula, cornizuelo, Acacia cornígera, el uvero, Coccoloba barbadensis y el barbasco, Jacquinia aurantiaca, también se han registrado la Cícada, *Zamia loddigesii*, otra especie amenazada (A) en la NOM-059-SEMARNAT-2010.





Figura 39. Vegetación de manglar, considerada la más importante de la zona.

Por medio de recorridos en lancha con observaciones de gran visión y a través de caminatas por las áreas más próximas al proyecto, se pudo registrar la vegetación más próxima al sitio del proyecto. Mediante la identificación y reconocimiento de las especies de flora presentes, tomando en cuenta sus características fisonómicas, estructurales y fenológicas; mediante el método de barrido florístico (Guízar-Nolazco *et al*., 2010).

El área con vegetación más próximo al área de influencia del proyecto que pudiera verse afectada, se encuentra a 50 m. La "Isla del Amor", una superficie de vegetación aproximadamente de 700 metros de largo con un ancho que varía entre los 30 y los 145 m, ubicada entre el mar y el estero hacia la Laguna de Mandinga. En esta área registramos individuos de mangle rojo, *Rhizophora mangle*, mangle negro, *Avicennia germinans* y mangle blanco, *Laguncularia racemosa*; así como de mangle botoncillo (*Conocarpus erectus* var. *sericeus*) del cual se encontraron únicamente dos individuos que aparentemente fueron sembrados en una parte de la Isla, destacando que la distribución de esta especie no está registrada para el manglar de la ANP Arroyo moreno.

Por lo anterior, se tomó en cuenta cada una de las especies presentes, el registro de los individuos y sus abundancias, incluidas la palma de coco (*Cocos nucifera*), la casuarina (*Casuarina equisetifolia*) y el almendro (*Terminalia catappa*). Los cuales, se

encontraron a una distancia con respecto del proyecto de 30 m hasta 145 m. En total se registraron 97 individuos vegetales en fase de adultos, juveniles y plántulas.



Figura 40. individuos de mangle blanco y mangle negro ubicados dentro de la "Isla del Amor" del lado del estero, a 145 m lineales del trazo del proyecto.



Figura 41. Mangle botoncillo (*Conocarpus erectus var. sericeus*) en etapa de fructificación.

Listado de las especies arbóreas y su abundancia registrada en la "Isla del amor".

Familia	Nombre científico	Nombre común	Cantidad	Fase	CR
Acanthaceae	*Avicennia germinans*	Mangle negro	23	Juvenil	A
Acanthaceae	*Avicennia germinans*	Mangle negro	16	Adulto	A
Combretaceae	*Laguncularia racemosa*	Mangle blanco	29	Juvenil	A
Combretaceae	*Laguncularia racemosa*	Mangle blanco	22	Adulto	A
Rhizophoraceae	*Rhizophora mangle*	Mangle rojo	2	Plántula	A
Rhizophoraceae	*Rhizophora mangle*	Mangle rojo	3	Juvenil	A
Combretaceae	*Conocarpus erectus* var. *Sericeus*	Mangle botoncillo	2	Juvenil	A
Arecaceae	*Cocos nucifera*	Cocotero	Adultos		
Casuarinaceae	*Casuarina equisetifolia*	Casuarina	Adultos		
Combretaceae	*Terminalia catappa*	Almendro	Plántulas, juveniles y adultos		

La vegetación de manglar presente dentro del Sistema Ambiental Regional no será afectada de manera directa por la ejecución del proyecto, toda vez que el trazo y las superficies de intervención fueron definidos evitando la remoción, poda o daño de individuos de mangle. Con el propósito de verificar esta condición y contar con una línea base precisa, se realizó un levantamiento exhaustivo de los individuos de manglar localizados en las áreas próximas al proyecto, registrando su ubicación, especie, condición de desarrollo, diámetro, altura y dimensiones de copa, además de evaluar la presencia de plántulas y la regeneración natural. Este levantamiento permitió identificar y georreferenciar los individuos existentes, confirmar que se mantienen fuera de las superficies de afectación directa y establecer elementos de referencia para su protección y seguimiento durante las distintas etapas del proyecto.

Caracterización estructural y regeneración natural del manglar

Los manglares mexicanos son ecosistemas estructuralmente heterogéneos debido a la amplia gama de características ambientales de los lugares donde se desarrollan, resultado de la combinación de factores climáticos, biofísicos, geomorfológicos, hidrológicos y biológicos.

Los manglares son bosques inundables que se distribuyen en los climas tropicales, en zonas litorales donde confluye agua salada del mar con agua dulce de los ríos; abarca orillas de lagunas, esteros, ríos, deltas, marismas y barras. Estos ecosistemas se distinguen por sus adaptaciones a la salinidad.

Un bosque de manglar es un sistema de transición entre ambientes terrestres y marinos, constituyéndose en soporte de la gran diversidad biológica y los procesos ecológicos propios de tales entornos. Por lo que, se consideran como los bosques más productivos en el mundo. Esto gracias a la acumulación de sedimentos y la descomposición de la materia orgánica, los cuales se transforman y transfieren nutrientes hacia ríos, lagunas y finalmente al mar, formando la base de la cadena alimenticia de los esteros. Estos procesos que derivan de los bosques de mangle sustentan a las poblaciones de diferentes grupos taxonómicos, familias, géneros y especies como mamíferos, peces, reptiles, anfibios, insectos, aves, crustáceos y más.

La presencia de los bosques de manglar y su salud contribuyen a un sinfín de servicios ambientales entre ellos se encuentran los siguientes:

- La salud de los arrecifes de coral y pastos marinos también depende de la conservación de los manglares.
- Los manglares brindan zonas de alimentación, refugio, reproducción y anidación de especies.
- Los manglares brindan sustrato para el desarrollo de especies bentónicas.
- Los manglares funcionan como trampas de sedimentos.
- Los manglares favorecen la carga y recarga del manto freático.
- Los manglares favorecen el mantenimiento de la calidad del agua.
- Los manglares favorecen la regulación microclimática del área.
- Las zonas de manglar se consideran áreas de amortiguamiento ante el impacto de huracanes y nortes.
- Los manglares son los ecosistemas más ricos en almacenes de carbono, se considera que juegan un papel trascendental en la regulación y mitigación del cambio climático al capturar y secuestrar grandes cantidades de carbono (principalmente en los suelos) que contrarrestan las emisiones de CO^2 antropogénico.

Especies de manglar

En México, las cuatro especies de mangle se encuentran bajo la categoría de amenazadas (A) en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

- ***Rhizophora mangle*** (Mangle rojo), se encuentran en las condiciones de mayor inmersion del suelo y menor salinidad (Cintron *et al*. 1978; Teas 1979); se consideran especies pioneras en los limites terrestres y marinos.
- ***Avicennia germinans*** (Mangle negro), se encuentra en las condiciones de menor inmersión del suelo, solo en las mareas más altas y de mayor salinidad (McKee 1995a).
- ***Laguncularia racemosa*** (Mangle blanco), se encuentra en las condiciones de mayor inmersión del suelo, tiempo de residencia del agua y de menor salinidad (Jiménez 1994).
- ***Conocarpus erectus*** (Mangle botoncillo), se localiza en las comunidades del interior con bajas concentraciones de salinidad altas (Tomlinson 1986).

Metodología para el registro de manglar

A continuación, se describen las metodologías para las variables a considerar para una caracterización estructural del manglar, con el fin de identificar características que sirvan de soporte para cualquier estudio o programa de monitoreo a diferentes escalas.

Identificación de especies

Se recorrió el área con la presencia de mangle y se identificó la presencia de árboles, arbustos y plántulas de las cuatro especies de mangle, la identificación se realizó a través de la observación de las raíces, hojas y frutos.

Mangle rojo (*Rhizophora mangle*)



Raíces: Raíces aéreas en forma de arco o "zancos" de color grisácea, rojiza que se anclan al lodo.

Hojas: Verde brillante, elípticas, con algunas hojas amarillas (hojas mártires) donde se concentran sal.

Frutos: Propágulos en forma de lápiz que germinan mientras aún cuelgan del árbol.

Mangle negro (*Avicennia germinans*)



Raíces: Posee neumatóforos, raíces que sobresalen del suelo para respirar en suelos pobres en oxígeno.

Hojas: Verde grisáceo, alargadas, a menudo cubiertas de cristales de sal que expulsan por glándulas.

Corteza: Oscura y agrietada.

Flores: Verdosas, crema o blanquecinas; la corola es serícea.

Mangle blanco (***Laguncularia racemosa***)



Hojas: Ovaladas, claras (verde amarillentas), carnosas, con glándulas excretora de sal notables en la base de la hoja.

Tallo: Tonos rojizos, la corteza es fisurada, rugosa de grisácea a café.

Inflorescencias: Son espigadas, arregladas en panículas terminales y de color blanco-verdoso.

Mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*)



Corteza: Fisurada y rugosa; profusa e irregularmente ramificados.

Hojas: Largas de color verde oscuro con glándulas excretoras de sal.

Ubicación: Es la especie que crece más alejada del mar.

Inflorescencia: Arreglada en panículas terminales integradas por cabezuelas globosas.

Registro de variables para el levantamiento de la línea base

Para el registro de las variables como el Diámetro Normal (DN), Altura total y Área de copa para individuos adultos y arbustivos, así como, para el registro de plántulas. Se tomó como referencia lo establecido en los "Métodos para la caracterización de los manglares mexicanos: un enfoque espacial multiescala" de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2018) Ciudad de México. 272 pp.

Los datos recabados en este primer levantamiento permiten establecer una línea de base rápida y defendible en una sola visita, reduciendo el número de variables a aquellas que pueden medirse y registrarse en campo sin instrumentación compleja.

Registro del Diámetro Normal (DN)



Figura 42 Registro del DN en árboles se utilizó el D130 y en arbustos el D30.

El diámetro normal (DN), también conocido como diámetro a la altura del pecho (DAP), es una variable básica en UM (Unidad de Medida) temporales o permanentes. La medición del DN se tomó en diferentes alturas, esto debido a la variabilidad de la edad entre los individuos y su forma de crecimiento en comunidades menores a 2 m (manglares de tipo arbustivo) se midió a 30 cm (D30) y en comunidades mayores a 2 m (manglares de tipo arbóreo) se midió a 130 cm (D130), considerando también un diámetro mínimo de 2.5 cm.

Altura total

La altura total es la longitud de la línea recta que va desde el nivel del suelo hasta la terminación de la copa, para el caso de *Rhizophora mangle* se registró desde las raíces aéreas hasta la copa.

Para el registro de la altura total en ejemplares arbustivos o en individuos juveniles se utilizó un flexómetro, mientras que, para los manglares tipo arbóreo (mayores a 2 m) se registraron mediante un clinómetro digital.



Figura 43 Registro de la altura total desde el nivel del suelo (en el caso de R. mangle, incluyendo raíces aéreas) hasta la terminación de la copa.

Área de copa

Aunque existen diversas técnicas para calcular el área de la copa, la estimación ocular de los dos diámetros mayores es el método de campo más implementado por su relación costo-eficiencia (Bechtold *et al*. 2002), en el cual, se midieron los dos ejes más largos de la copa de manera perpendicular (eje mayor y eje menor) a partir del centro del fuste de cada individuo.



Figura 44 Registro del área de la copa midiendo perpendicular el eje mayor y eje menor a partir del centro del fuste de cada individuo.

Registro de plántulas

La dinámica de crecimiento de las plántulas de manglar es una variable que puede aplicarse a manglares tipo arbóreo y tipo arbustivo, ya que en ambos se presentan las dos clases de crecimiento. Para la ubicación de los cuadrantes se realizó un recorrido y se identificaron zonas con mayor presencia de plántulas y se registraron las coordenadas.

Tabla 6. Ubicación de los cinco cuadrantes de muestreo de plántulas de mangle.

Cuadro	Coordenadas UTM 14	
	Este	Norte
1	805059	2114067
2	805092	2114051
3	805133	2114026
4	805056	2114076
5	805265	2113917



Figura 45. Ubicación de los cinco cuadrantes de muestreo de plántulas de mangle.

Para el registro de las plántulas se implementaron cinco unidades de muestreo de 1 m^2 dentro del cual se tomaron datos como la coordenada central, abundancia, especie, altura y condición de la plántula. Cabe resaltar que solo se registraron tres especies de mangle como el Mangle rojo (*Rhizophora mangle*), Mangle negro (*Avicennia germinans)* y Mangle blanco (*Laguncularia racemosa*).



Figura 46 Ubicación georreferenciada del cuadrante de muestreo de 1 m^2 y registro de la altura de las plántulas.



Figura 1. a) Identificación de especie por especialista, b) Mangle rojo, c) Mangle blanco y d) Mangle negro.

Conclusión

El levantamiento realizado permitió establecer una línea base confiable sobre la estructura y composición de los manglares en la zona de estudio. Se identificaron las cuatro especies predominantes de mangle presentes en México como lo son: *Rhizophora mangle* (rojo), *Avicennia germinans* (negro), *Laguncularia racemosa* (blanco) y *Conocarpus erectus* (botoncillo), aunque en las plántulas registradas a excepción del mangle botoncillo las otras tres especies fueron registradas.

Los datos obtenidos de diámetro normal (DN), altura total y área de copa brindan un panorama inicial sobre la condición de los individuos adultos y arbustivos, mientras que el registro de plántulas aporta información clave sobre la dinámica de regeneración natural.

Del total de los 167 registros de individuos (árboles y arbustos) de mangle, las especies de mayor predominancia fueron *Laguncularia racemosa* (blanco) con 100 registros, seguida de *Avicennia germinans* (negro) con 60 registros, las otras dos especies presentaron registros muy bajos, *Rhizophora mangle* (rojo) apenas presento 4 registros, mientras que, *Conocarpus erectus* (botoncillo) solo presentó 3 registros. El número de registros por especie se describen puntualmente en la siguiente tabla, así también, se describen los promedios de DN y altura por condición de arbusto y árbol.

Tabla 7 Datos de los individuos censados

Especie	Registro	Arbusto	Promedio		Árbol	Promedio	
			DN	Altura		DN	Altura
Mangle blanco	100	48	8.5	1.2	52	45.8	5.1
Mangle botoncillo	3	2	15.5	1.6	1	30.0	4.5
Mangle negro	60	19	9.0	1.4	41	40.3	6.6
Mangle rojo	4	3	6.0	1.2	1	8.5	2.4

Respecto a los registros de las plántulas se establecieron 5 cuadrantes de monitoreo de 1 m^2, registrando que *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) es la especie predominante con 63 registros, siendo el Cuadrante 2 el más representativo para esta especie, seguida de *Avicennia germinans* (mangle negro) con 52 registros, siendo el Cuadrante 1 el más representativo para esta especie, finalmente *Rhizophora mangle* (rojo) apenas presentó 9 registros. El número de registro de especies y su altura promedio por cuadrante se describen en la siguiente tabla.

Tabla 8. Datos del muestreo de plántulas de mangle

Cuadrante	Registros	Mangle rojo	Mangle blanco	Mangle negro	Altura Promedio
1	26	4	0	22	13.5
2	43	1	36	6	22
3	17	0	8	9	9
4	17	4	2	11	9
5	21	0	17	4	11

Entre los hallazgos más relevantes destacan:

- ✓ La variabilidad en la altura y diámetro refleja la heterogeneidad estructural típica de los manglares.
- ✓ La identificación de especies en distintas condiciones de salinidad y anegamiento reafirma su adaptación ecológica y su papel en la transición entre ambientes terrestres y marinos.
- ✓ La presencia de plántulas en diferentes cuadrantes confirma la capacidad de regeneración del ecosistema.

En conjunto, los resultados muestran que el manglar estudiado mantiene una estructura funcional y resiliente, capaz de sostener procesos ecológicos esenciales como la captura de carbono, la protección costera y el soporte de biodiversidad.

Este monitoreo constituye un punto de partida para futuros seguimientos, permitiendo evaluar cambios en la cobertura, estructura y regeneración del manglar, así como diseñar estrategias de conservación y manejo que garanticen la permanencia de estos ecosistemas frente a presiones ambientales y antrópicas y especialmente cono centinelas del buen desempeño del proyecto.

Recorrido para caracterización sobre las vialidades existente y la zona de proyecto.

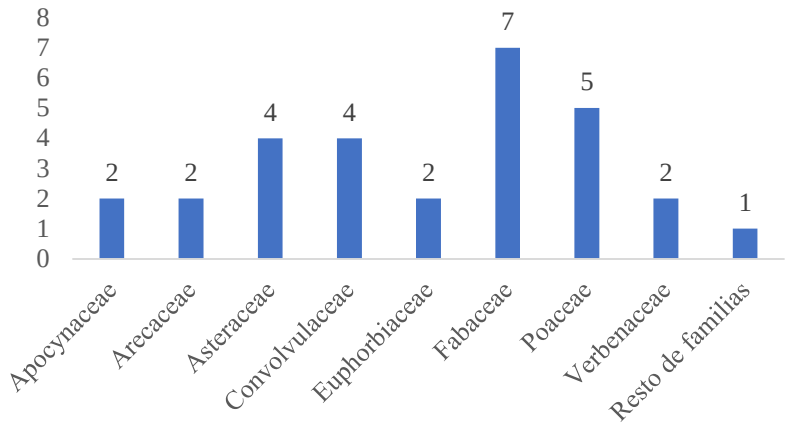
A lo largo del trayecto del proyecto, se realizaron recorridos lineales, directos y puntuales para reconocer las diferentes especies vegetales. Las especies más comunes se

identificaron en el lugar, mientras que otras fueron colectadas y herborizadas, siguiendo técnicas ordinarias para su determinación taxonómica hasta nivel de familia, género y especie. Se elaboró un listado florístico incluyendo todas las especies vegetales en sus diferentes formas de crecimiento (árboles, arbustos, herbáceas y enredaderas). Una vez elaborado el listado florístico se hizo una revisión de las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, buscando identificar especies en alguna categoría de riesgo (Carmona y Morales, 2008; Silva-Sáenz, 2010).

En las zonas urbanas se registraron escasas especies arbóreas, individuos que fueron sembradas entre los camellones de las avenidas, no corresponden a vegetación que se haya establecido de forma natural. La mayoría de las especies vegetales fueron registradas en una fracción del área de influencia del proyecto, sobre la vegetación de dunas costeras, caracterizada por la presencia de plantas pequeñas y suculentas.

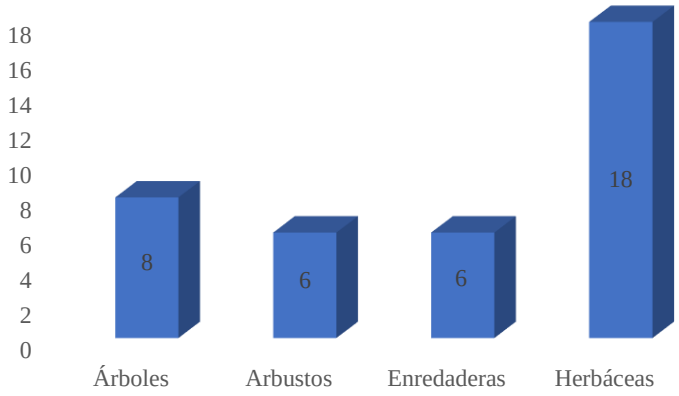
Las especies que conforman a la vegetación de dunas costeras juegan un papel importante como pioneras y fijadoras de arena, evitando con ello que la arena sea arrastrada por el viento y el oleaje. Entre las especies se encuentran el nopal (*Opuntia* spp.), el bejuco de playa (*Ipomoea pes-caprae*), la alfombrilla (*Abronia maritima*), los croton (*Croton* spp.), la verdolaga (*Sesuvium portulacastrum*), entre otras. También se pueden encontrar algunas especies leñosas como el uvero (*Coccoloba uvifera* o *Coccoloba barbadensis*), el pepe (*Chrysobalanus icaco*), el cruceto (*Randia* spp.), el cornizuelo (*Acacia* spp.), el mezquite (*Prosopis juliflora*), y algunas gramíneas como el zacate salado (*Distichlis spicata*) y otros zacates (*Sporobolus* spp.) (INEGI, 2017).

En total registramos 38 especies, clasificadas en 34 géneros y 18 familias botánicas. La familia que registró mayor diversidad vegetal fue Fabaceae con 7, seguida por Poaceae con 5, así como Asteraceae y Convolvulaceae con 4; otras como Apocynaceae, Arecaceae, Euphorbiaceae y Verbenaceae presentaron 2 especies, mientras que las 10 familias restantes registraron una sola especie cada una.



Se muestran las familias botánicas que registraron la mayor diversidad de especies vegetales.

Tomando en cuenta el hábito o forma de crecimiento de la vegetación registrada se encontró que las herbáceas fueron las más abundantes con 18 especies; mientras que los árboles registraron 8 y los arbustos y enredaderas 6 especies respectivamente.



Se muestra la diversidad florística registrada y clasificada por forma de crecimiento.

Listado florístico, la mayoría a especies representativas de vegetación de dunas costeras.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Forma Biológica
Aizoaceae	*Sesuvium portulacastrum*	Verdolaga de playa	Herbácea
Apocynaceae	*Asclepias curassavica*	Algodoncillo tropical	Herbácea
Apocynaceae	*Nerium oleander*	Clavelito	Arbusto
Arecaceae	*Cocos nucifera*	Cocotero	Árbol
Arecaceae	*Sabal mexicana*	Palma apachite	Árbol
Asteraceae	*Bidens pilosa*	Amor seco	Herbácea
Asteraceae	*Palafoxia texana*	Oreja de mula	Herbácea
Asteraceae	*Tridax procumbens*	Cadillo	Herbácea
Asteraceae	*Verbesina* sp.	Ninguno	Herbácea
Burseraceae	*Bursera simaruba*	Palo mulato	Árbol
Cactaceae	*Opuntia stricta*	Nopal tunero costero	Arbusto
Combretaceae	*Terminalia catappa*	Almendro	Árbol
Commelinaceae	*Commelina erecta*	Matlalí	Herbácea
Convolvulaceae	*Ipomoea batatas*	Camote morado	Enredadera
Convolvulaceae	*Ipomoea imperati*	Campanilla de playa	Enredadera
Convolvulaceae	*Ipomoea pes-caprae*	Bejuco de playa	Enredadera

Convolvulaceae	*Ipomoea tricolor*	Quebraplato	Enredadera
Euphorbiaceae	*Croton punctatus*	Hierba del jabalí	Arbusto
Euphorbiaceae	*Euphorbia dioeca*	Golondrina	Herbácea
Fabaceae	*Acacia cornigera*	Cornizuelo	Arbusto
Fabaceae	*Canavalia rosea*	Frijol de playa	Enredadera
Fabaceae	*Chamaecrista chamaecristoides*	Sensitive pea	Herbácea
Fabaceae	*Delonix regia*	Framboyán	Árbol
Fabaceae	*Leucaena leucocephala*	Guaje	Árbol
Fabaceae	*Macroptilium atropurpureum*	Frijol violeta	Enredadera
Fabaceae	*Mimosa pudica*	Dormilona	Herbácea
Moráceas	*Ficus obtusifolia*	Higuerilla	Árbol
Orobanchaceae	*Castilleja scorzonerifolia*	Garallona	Herbácea
Pandanaceae	*Pandanus dubius*	Bakong	Arbusto
Poaceae	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	Herbácea
Poaceae	*Cenchrus echinatus*	Cadillo	Herbácea
Poaceae	*Cynodon dactylon*	Zacate bermuda	Herbácea
Poaceae	*Dactyloctenium aegyptium*	Pata de pollo	Herbácea
Poaceae	*Megathyrsus maximus*	Camalote	Herbácea
Polygonaceae	*Coccoloba uvifera*	Uvero	Árbol
Solanaceae	*Physalis cinerascens*	Tomatillo	Herbácea

Verbenaceae	*Citharexylum ellipticum*	Capulincillo	Arbusto
Verbenaceae	*Lantana camara*	Lantana	Herbácea

Sobre el Boulevard Miguel Alemán se encuentran especies que fueron sembradas con fines ornamentales, únicamente se registraron tres individuos de la palma de coco (*Cocos nucifera*), 1 individuo de la palma apachite (*Sabal mexicana*) y tres colonias del clavelito (*Nerium oleander*).



Figura 2 Individuos registrados en la parte central del camellón

Mas adelante, en esa misma vialidad y continuando por el Boulevard Vicente Fox, se registraron 18 individuos de la palma de coco (*Cocos nucifera*), nueve individuos del uvero (*Coccoloba uvifera*) y siete individuos del arbusto bakong (*Pandanus dubius*), que también fueron sembrados con fines ornamentales. En una fracción del trayecto del proyecto, entre los metros 1,100 m y 1,450 por el cruce de la desembocadura del río Jamapa y la escollera no hay vegetación que reportar.



Figura 3 Individuos registrados a un costado de la avenida.



Figura 4 Desembocadura del río Jamapa y la escollera, el cruce del área de influencia del proyecto

Posteriormente, a partir de la escollera, en los 1,450 m hasta el 2,950 m, aproximadamente 1.5 km a lo largo de la playa, sólo en algunos sitios registramos escasa o abundante vegetación, principalmente de especies herbáceas mientras que en otros sitios la vegetación fue totalmente nula.



Se observa parte de la vegetación que se encuentra presente en la zona de la escollera.



Figura 5 Se observa la escasa vegetación de especies herbáceas en un tramo de la playa.



Figura 6 En un tramo de la playa por el área de influencia del proyecto, se aprecia la ausencia de vegetación.

Más adelante, , registramos la mayor abundancia de especies herbáceas, y algunas especies arbustivas representativas de la vegetación de dunas costeras, como el cornizuelo (*Acacia cornigera*) y el nopal tunero costero (*Opuntia stricta*).



Figura 7 Izq. cornizuelo (*Acacia cornigera*). Der. nopal tunero costero (*Opuntia stricta*)



Figura 8 Izq. cornizuelo (*Acacia cornigera*). Der. nopal tunero costero (*Opuntia stricta*)

Posteriormente, de la vialidad existente que conectará al Tramo D, a lo largo del área de influencia del proyecto, registramos 125 individuos vivos y 22 ejemplares muertos de la palma de coco (*Cocos nucifera*). También, se contabilizaron cinco individuos vivos y dos ejemplares muertos de palo mulato (*Bursera simaruba*); tres individuos vivos y 1 ejemplar muerto de framboyán (*Delonix regia*).



Figura 9 Individuos de palma de coco (*Cocos nucifera*) sobre el camellón.

b) Fauna

Fauna del Sistema Ambiental Regional

En el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) se han registrado hasta 118 especies de aves, pertenecientes a 13 órdenes y 34 familias. Estas especies representan el 11% de las que ocurren en México; el 30% son residentes reproductivas, 48% migratorias de invierno, 17% transitorias, 4% residentes no reproductivas y 1% residentes de verano. El 52% son terrestres, el 31% costeras y/o acuáticas, y el 17% marinas. Las aves marinas más abundantes son *Pelecanus occidentalis* y *Larus atricilla*. En la vegetación de dunas del centro de Veracruz, se han documentado 54 especies de aves frugívoras en 176 interacciones con 84 especies de plantas de manglar-matorral y selva; los investigadores concluyen que las semillas dispersadas por aves en fragmentos de matorral de dunas costeras, resalta el papel de las aves en la colonización de especies de plantas en los procesos de sucesión vegetal (Ortiz-Pulido, Laborde y Guevara 2000).

En el ANP Arroyo moreno se han registrado varias especies de macroinvertebrados de importancia comercial, algunas especies de camarón, langostinos, jaibas y algunos cangrejos, entre ellos el cangrejo azul (*Cardisoma guanhumi*) que se encuentra en categoría de riesgo, protegido a nivel local y regional.

Se han registrado hasta 62 especies de vertebrados acuáticos, probablemente el 21% de los peces que habitan en el estado. De las especies reportadas, 12 son importantes como alimento, 11 especies se utilizan en acuariofilia y tres para la pesca deportiva. Asimismo, alberga una fauna representativa de vertebrados terrestres, entre anfibios y reptiles destacan, los sapos y ranas. En el caso de los reptiles se han registrado tortugas, lagartijas e iguanas, como la iguana verde (*Iguana iguana*) y el cocodrilo (*Crocodylus moreletti*); ambas especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 sujetas a protección especial (Pr). Las aves son el grupo más diverso, se han registrado hasta 185 especies, entre ellas 27 especies en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010;

incluidas las aves rapaces como el halcón peregrino (*Falco peregrinus*), el halcón fajado, (*Falco femoralis*) y la aguililla negra menor (*Buteogallus anthracinus*).

En el sistema ambiental, para la observación y el registro de las aves, realizamos recorridos en lancha, entre el río y el estero más próximos al área de influencia del proyecto. Realizamos observaciones y registros directos utilizando binoculares (8x42) e indirectos (auditivos). También, realizamos recorridos en campo, caminatas terrestres por las áreas más próximas al proyecto e implementamos seis puntos de observación directa a lo largo de la playa y el trayecto del área de influencia del proyecto.

Las observaciones se realizaron por la mañana (8:00 a 12:00 hrs) y se consultaron las guías de campo de Howell y Webb (2001), Peterson y Chalif (2008) y Sibley (2001). Asimismo, se consultaron las guías de cantos de las aves de Veracruz, México, González-García (2006) y Celis-Murillo et al. (2008) y se utilizó la aplicación Merlin bird ID (The Cornellab Ornithology, 2014). La nomenclatura utilizada es la de la Unión de Ornitólogos Americanos (AOU 2011) y la de Berlanga et al. (2017). De aquellas especies prioritarias, se registró la coordenada UTM utilizando un geoposicionador global (GPS) y se colectó información fotográfica de algunas especies, utilizando una cámara profesional (Cannon 90D con y lente de 150-600 mm).

Para el registro de todos los grupos de fauna silvestre, llevamos a cabo la búsqueda intensiva en campo. Ejecutamos metodologías específicas para cada grupo animal, para la herpetofauna (anfibios y reptiles), se aplicó el método de recorridos libres y captura fotográfica oportunista (Aguirre-León, 2011). La búsqueda de los organismos se realizó observando con especial atención la copa, las ramas principales y la base de arbustos y árboles del sitio. Lo anterior, derivado de los hábitos terrestres y/o arborícolas de algunas especies. Asimismo, se efectuó la búsqueda de organismos levantando troncos caídos y revisando en oquedades. Cada ejemplar observado fue identificado a nivel de especie con base en la experiencia y cuando no se tuvo certeza de la especie avistada, se recurrió a la captura de algunos individuos. De manera indirecta se ubicaron algunos restos animales, muestras biológicas como la piel de una serpiente con la cual se determinó al organismo

hasta nivel de familia. Para la identificación de especies se emplearon las claves dicotómicas y guías de campo especializadas propuestas por Flores-Villela (1993), Flores-Villela et al., (1995); Flores-Villela y Canseco-Márquez (2004).

Para la determinación de las especies de mamíferos silvestres, la identificación de huellas y rastros, se realizó *in situ* con base en experiencia y se corroboró apoyándose de literatura especializada, como el manual para rastreo de mamíferos silvestres de México (Aranda 2012) y los mamíferos silvestres de México (Ceballos et al. 2005).

En general registramos 95 especies de fauna silvestre, la mayoría son especies de aves, algunos reptiles y mamíferos. El grupo de los anfibios estuvo ausente durante los muestreos en campo, la temporalidad, los escasos espacios que utilizan como y sus periodos de actividad coinciden con su nula presencia. Sin embargo, no descartamos su presencia en el sistema Ambiental. Los reptiles observados y registrados representan la existencia de por lo menos cuatro familias de la herpetofauna de la zona. Sabemos que existen más especies que podrán ser observadas y registradas a lo largo de las diferentes temporadas estacionales del ciclo anual. Del mismo modo que los mamíferos, en donde los registros aparentan una escasa presencia por sus hábitos nocturnos y amplio ámbito hogareño. Sin embargo, las aves con su capacidad de desplazamiento y movilidad, además de ser el grupo más carismático también representa el mayor número de registros.

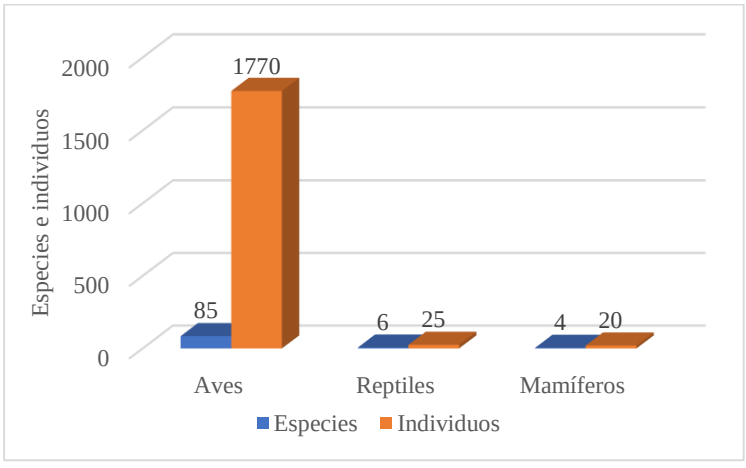


Figura 10 Riqueza y abundancia de fauna silvestre registrada en el sistema ambiental donde se ubica el proyecto.

Como especies residentes registramos seis especies de reptiles, localizadas sobre la vegetación de dunas costeras, en zonas con vegetación secundaria de selva baja y cercanas a la vegetación del bosque de manglar. Se registró la presencia de la iguana verde (*Iguana iguana*) y la iguana cola espinosa (*Ctenosaura acanthura*), por lo menos cuatro individuos de cada especie, ambas incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 sujetas a protección especial (Pr). También, entre las especies registramos la presencia de por lo menos dos especies de la familia Colubridae aún sin identificar. Las especies más abundantes son las lagartijas, ya que fueron observados y registrados hasta 11 individuos de dos especies.



Figura 11 Piel (muda) de una especie de la familia Colubridae aún sin identificar y restos de la iguana verde, *Iguana iguana* (Pr) en el sistema ambiental.

Tabla 9 Lista de las especies de reptiles registrados en el Sistema Ambiental.

Familia	Nombre científico	Nombre común	NOM-059
Teiidae	*Aspidoscelis guttatus*	Ticuiliche mexicano	sc
Iguanidae	*Ctenosaura acanthura*	Iguana de cola espinosa del golfo	Pr
Iguanidae	*Iguana iguana*	Iguana verde	Pr
Phrynosomatidae	*Sceloporus variabilis*	Lagartija espinosa vientre rosado	sc

Colubridae	*Sin identificar*	Serpiente	sc
Emydidae	*Trachemys sp.*	Tortuga jicotea	sc

Obtuvimos hasta 20 registros de los mamíferos, distribuidos en cuatro familias y representados por cuatro especies animales. Los cuales, presentan diferentes hábitos de acuerdo con el lugar que ocupan en la zona. De forma directa observamos hasta tres ardillas arborícolas de vientre rojo (*Sciurus aureogaster*), desplazándose sobre la copa de los árboles, algunas especies terrestres las registramos por sus huellas y excretas, como los tlacuaches de la familia Didelphidae, el conejo serrano (*Sylvilagus floridanus*) y el mapache (*Procyon lotor*); estos últimos con mayor abundancia y distribución en la zona. Es importante mencionar que ninguna de las especies de mamíferos se encuentra en alguna categoría de riesgo, listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.



Figura 12 Huellas del mapache, Procyon lotor en el sistema ambiental y el conejo serrano (*Sylvilagus floridanus*).

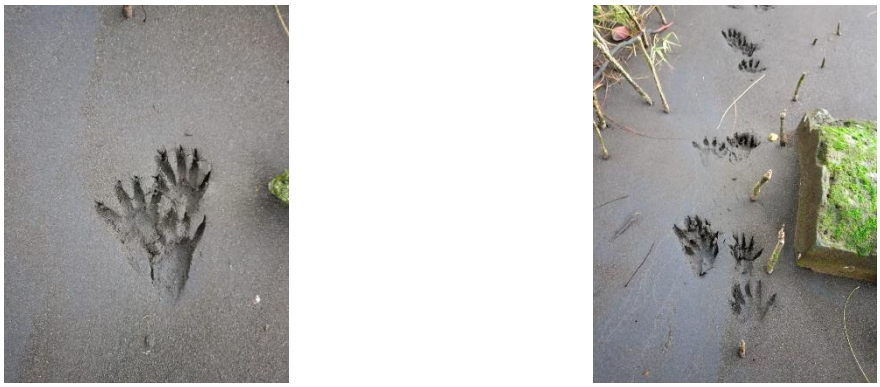


Figura 13 Huellas y rastro del mapache, *Procyon lotor* en el sistema ambiental, específicamente en la "Isla del amor".

Tabla 10 Lista de especies de mamíferos registrados en el sistema ambiental regional

Familia	Nombre científico	Nombre común
Procyonidae	*Procyon lotor*	Mapache
Sciuridae	*Sciurus aureogaster*	Ardilla de vientre rojo
Didelphidae	*Sin identificar*	Tlacuache
Leporidae	*Sylvilagus floridanus*	Conejo serrano

En relación con los datos de la avifauna del sistema ambiental, registramos 1770 individuos que se encuentran distribuidas en 33 familias, representadas por 85 especies de aves. Las familias de aves más representativas Tyrannidae, Parulidae con siete especies de aves, Ardeidae, Icteridae y Laridae con seis especies. No obstante, la mayoría de las especies son acuáticas, costeras y marinas.

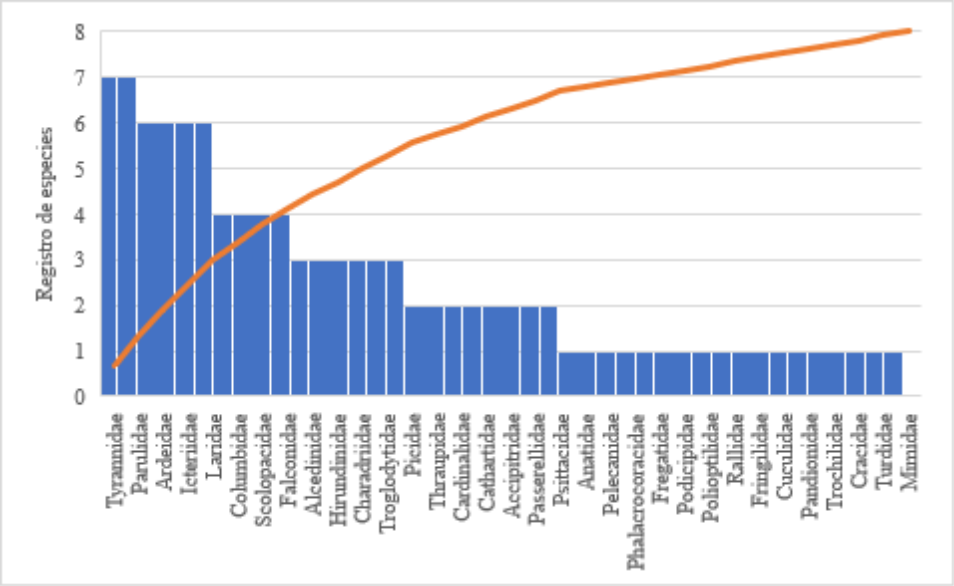
Tabla 11 Lista de especies de aves registradas en el sistema ambiental donde se ubica el proyecto.

Familia	Nombre científico	Nombre común
Hirundinidae	*Stelgidopteryx serripennis*	Golondrina alas aserradas
Columbidae	*Streptopelia decaocto*	Paloma de collar turca
Scolopacidae	*Actitis macularis*	Playero alzacolita
Trochilidae	*Amazilia yucatanensis*	Colibrí vientre canelo
Psittacidae	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca
Passerellidae	*Ammodramus savannarum*	Gorrión chapulín
Ardeidae	*Ardea alba*	Garza blanca
Ardeidae	*Ardea herodias*	Garza morena
Scolopacidae	*Arenaria interpres*	Vuelvepiedras rojizo
Accipitridae	*Buteogallus anthracinus*	Aguililla negra menor
Ardeidae	*Butorides virescens*	Garcita verde
Scolopacidae	*Calidris alba*	Playero blanco
Troglodytidae	*Campylorhynchus rufinucha*	Matraca veracruzana
Troglodytidae	*Campylorhynchus zonatus*	Matraca tropical
Falconidae	*Caracara plancus*	Caracara quebrantahuesos
Parulidae	*Cardellina pusilla*	Chipe corona negra
Cardinalidae	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal rojo
Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote aura
Charadriidae	*Charadrius semipalmatus*	Chorlo semipalmeado
Charadriidae	*Charadrius vociferus*	Chorlo tildío
Alcedinidae	*Chloroceryle americana*	Martín pescador verde
Laridae	*Chroicocephalus philadelphia*	Gaviota de bonaparte
Columbidae	*Columba livia*	Paloma común
Columbidae	*Columbina inca*	Tortolita cola larga
Cathartidae	*Coragyps atratus*	Zopilote común

Cuculidae	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapaero pijui
Anatidae	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije alas blancas
Icteridae	*Dives dives*	Tordo cantor
Picidae	*Dryobates scalaris*	Carpintero mexicano
Picidae	*Dryocopus lineatus*	Carpintero lineado
Mimidae	*Dumetella carolinensis*	Maullador gris
Ardeidae	*Egretta caerulea*	Garza azul
Ardeidae	*Egretta thula*	Garza dedos dorados
Falconidae	*Falco femoralis*	Halcón fajado
Falconidae	*Falco peregrinus*	Halcón peregrino
Falconidae	*Falco sparverius*	Cernícalo americano
Fregatidae	*Fregata magnificens*	Fragata tijereta
Parulidae	*Geothlypis trichas*	Mascarita común
Laridae	*Hydroprogne caspia*	Charrán de caspio
Icteriidae	*Icteria virens*	Chipe grande
Icteridae	*Icterus galbula*	Calandria de baltimore
Icteridae	*Icterus gularis*	Calandria dorso negro mayor
Icteridae	*Icterus spurius*	Calandria castaña
Laridae	*Larus smithsonianus*	Gaviota plateada americana
Parulidae	*Leiothlypis celata*	Chipe oliváceo
Parulidae	*Leiothlypis peregrina*	Chipe peregrino
Laridae	*Leucophaeus atricilla*	Gaviota reidora
Alcedinidae	*Megaceryle alcyon*	Martín pescador norteño
Alcedinidae	*Megaceryle torquata*	Martín pescador de collar
Tyrannidae	*Megarynchus pitangua*	Luis pico grueso
Picidae	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero cheje
Tyrannidae	*Myiarchus tuberculifer*	Papamoscas triste
Psittacidae	*Myiopsitta monachus*	Perico monje argentino
Tyrannidae	*Myiozetetes similis*	Luis común

Phalacrocoracidae	*Nannopterum brasilianum*	Cormorán neotropical
Ardeidae	*Nyctanassa violacea*	Garza corona clara
Cracidae	*Ortalis vetula*	Chachalaca oriental
Pandionidae	*Pandion haliaetus*	Aguila pescadora
Passerellidae	*Passerculus sandwichensis*	Gorrión sabanero
Columbidae	*Patagioenas flavirostris*	Paloma mora
Pelecanidae	*Pelecanus occidentalis*	Pelicano café
Cardinalidae	*Piranga rubra*	Piranga roja
Tyrannidae	*Pitangus sulphuratus*	Luis bienteveo
Charadriidae	*Pluvialis squatarola*	Chorlo grís
Podicipedidae	*Podilymbus podiceps*	Zambullidor pico grueso
Polioptilidae	*Polioptila caerulea*	Perlita azulgris
Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mayor
Rallidae	*Rallus crepitans*	Racón costero del atlántico
Accipitridae	*Rupornis magnirostris*	Aguililla caminera
Tyrannidae	*Sayornis phoebe*	Papamoscas fibí
Parulidae	*Setophaga aestiva*	Chipe amarillo norteño
Parulidae	*Setophaga citrina*	Chipe encapuchado
Parulidae	*Setophaga dominica*	Chipe garganta amarilla
Fringillidae	*Spinus psaltria*	Jilguero dominico
Thraupidae	*Sporophila morelleti*	Semillero de collar
Hirundinidae	*Stelgidopteryx serripennis*	Golondrina alas aserradas
Hirundinidae	*Tachycineta albilinea*	Golondrina manglera
Laridae	*Thalasseus maximus*	Charrán real
Laridae	*Thalasseus sandvicensis*	Charrán de sandwich
Scolopacidae	*Tringa semipalmata*	Playero pihuihuí
Troglodytidae	*Troglodytes aedon*	Saltapared común norteño
Turdidae	*Turdus grayi*	Mirlo café
Tyrannidae	*Tyrannus melancholicus*	Tirano pirirí

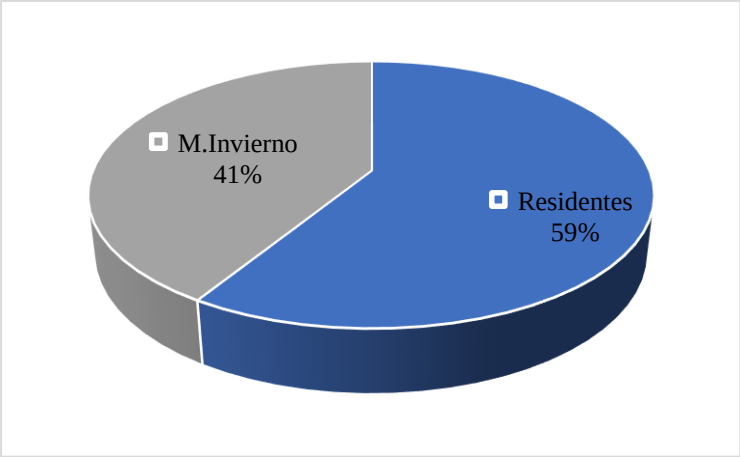
Tyrannidae	*Tyrannus savana*	Tirano tijereta gris
Thraupidae	*Volatinia jacarina*	Semillero brincador



Familias representativas de la avifauna registrada en el sistema ambiental del proyecto.

La mayoría de las aves son residentes de la zona (59%) y algunas especies migratorias de invierno (41%). Es decir, la mayoría de las especies se encuentran presentes en México a lo largo de todas las estaciones del año y las especies que son visitantes de México en invierno, después de venir de sus sitios de anidación y parten en primavera. Entre las aves que registramos se encuentran seis especies incluidas en las listas de la NOM-059-SEMARNAT-2010, tres especies de aves rapaces, una especie amenazada (A) y dos sujetas a protección especial (Pr), al igual que el loro frente blanca (*Amazona albifrons*) (Pr), la matraca veracruzana, *Campylorhynchus rufinucha* (A), el rascón costero del atlántico, *Rallus crepitans* (A).

Por otro lado, sabemos que existen más especies de aves residentes y migratorias que seguramente estaremos registrando y que por lo tanto el número de especies puede variar a lo largo de las diferentes temporalidades del año.



Estacionalidad de las especies de aves registradas en el Sistema Ambiental.

Lista de especies de aves incluidas en alguna categoría de riesgo en la NOM-09-SEMARNAT-2010; A = amenazada, Pr = sujeta a protección especial.

Familia	Nombre científico	Nombre común	NOM-059
Accipitridae	*Buteogallus anthracinus*	Aguililla negra menor	Pr
Falconidae	*Falco femoralis*	Halcón fajado	A
Falconidae	*Falco peregrinus*	Halcón peregrino	Pr
Psittacidae	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca	Pr
Rallidae	*Rallus crepitans*	Rascón costero del atlántico	A
Troglodytidae	*Campylorhynchus rufinucha*	la matraca veracruzana	A

De igual manera, encontramos una especie considerada vulnerable (VU) a nivel internacional, el chorlo gris, *Pluvialis squatarola,* incluida en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). Además, algunas especies

están listadas en dos de los diferentes niveles y tipos de protección, Apéndices (II y III) de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).

Familia	*Nombre científico*	Nombre común	CITES
Accipitridae	*Buteogallus anthracinus*	Aguililla negra menor	AII
Accipitridae	*Rupornis magnirostris*	Aguililla caminera	AII
Cracidae	*Ortalis vetula*	Chachalaca oriental	AIII
Falconidae	*Caracara plancus*	Caracara quebrantahuesos	AII
Pandionidae	*Pandion haliaetus*	Aguila pescadora	AII
Trochilidae	*Amazilia yucatanensis*	Colibri vientre canelo	AII

De igual manera, registramos una especie de ave endémica de México, la matraca veracruzana, *Campylorhynchus rufinucha* (EN) y una especie cuasiendémica (CE), el colibrí vientre canelo (*Amazilia yucatanensis*), una especie que en algunas de sus áreas de distribución y en alguna temporada del ciclo anual, se extiende fuera de México; así como, tres especies exótico-invasoras (Exo), la paloma común (*Columba livia*), la paloma de collar turca (*Streptopelia decaocto*) y el perico monje argentino (*Myiopsitta monachus*), cuyas poblaciones se han establecido en la zona, se están reproduciendo y dispersan sin control causando daños al ecosistema y sus especies nativas.

Es importante mencionar que específicamente en la "Isla del amor" observamos y registramos la residencia de varias especies de aves. Localizamos y ubicamos geográficamente (GPS) un nido de la aguililla negra menor, *Buteogallus anthracinus* (Pr), la presencia de un volantón con su padre del colibrí vientre canelo, *Amazilia yucatanenis* (CE), entre otras especies de fauna silvestre prioritarias para México, como la iguana verde, *Iguana iguana* (Pr) y la iguana cola espinosa, *Ctenosaura acanthura* (Pr). Además, localizamos madrigueras activas del cangrejo

azul de tierra, *Cardisoma guanhumi,* una especie protegida a nivel local y regional que pertenece al semáforo de consumo marino responsable.



Figura 14 Nido de pájaro carpintero, familia Picidae y volanto, juvenil colibrí vientre canelo, *Amazilia yucatanensis*.



Figura 15 Iguana cola espinosa, *Ctenosaura acanthura* (Pr) y restos del cangrejo azul de tierra, *Cardisoma guanhumi*.



Figura 16 Aguililla negra menor, *Buteogallus anthracinus* (Pr) y su nido establecido sobre una casuarina, *Casuarina equisetifolia*.

Por lo antes mencionado, llevamos a cabo recorridos específicos y puntuales en la zona, buscando y registrando a través de observaciones directas, las madrigueras del cangrejo azul de tierra, *Cardisoma guanhumi.* Consideramos huecos sobre el terreno arenoso que presentaran el movimiento y remoción de suelo, excavaciones recientes y rastros de ocupación. Para corroborar las madrigueras aparentemente activas, se utilizó una cámara de inspección endoscópica.

A lo largo de 10 días como esfuerzo de trabajo de campo, ubicamos y registramos 169 madrigueras activas del cangrejo azul de tierra, *Cardisoma guanhumi.* Como evidencia, colectamos material fotográfico de la presencia del cangrejo al interior de algunas madrigueras activas.

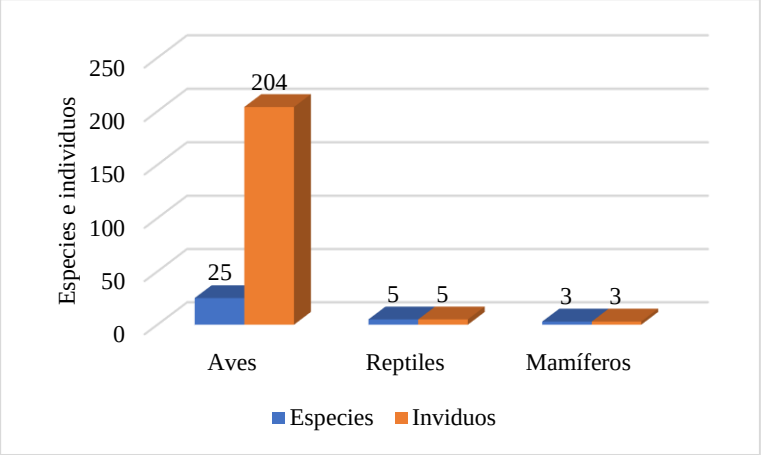


Figura 17 Madriguera activa del cangrejo azul de tierra, *Cardisoma guanhumi*.

En el área de influencia del proyecto

A lo largo del trayecto del área de influencia del proyecto, a través de las observaciones directas e indirectas y mediante los recorridos en campo con el apoyo del equipo, registramos pocas especies de fauna silvestre. Registramos algunos reptiles, mamíferos terrestres y aves haciendo uso de la escasa vegetación de la zona urbana y la vegetación de dunas costeras. La mayoría de las aves fueron observadas y registradas en los pequeños fragmentos de vegetación de dunas costeras, especies de aves acuáticas, costeras y marinas.

De manera general, registramos 34 especies de fauna silvestre; cinco especies de reptiles, por lo menos un individuo de cada especie, tres especies de mamíferos y hasta 206 individuos de 26 especies de aves, distribuidas en 11 familias avifaunisticas. La familia mayormente representa es Laridae con cinco especies de aves costeras y marinas.



Riqueza y abundancia de especies de fauna silvestre registradas sobre el área de influencia del proyecto.

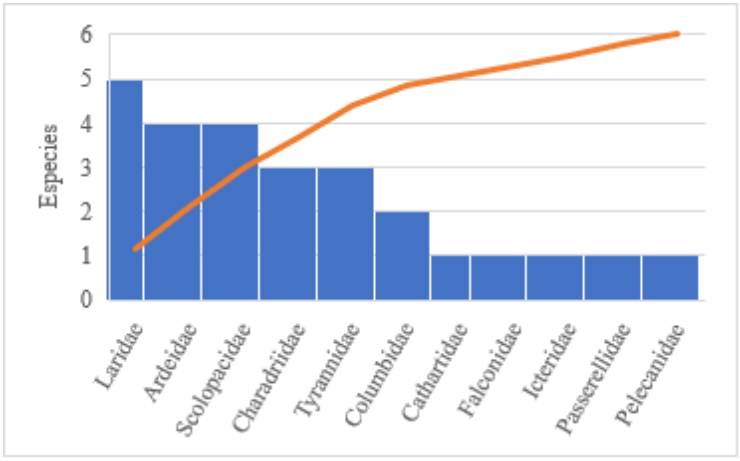
Entre todas las especies de fauna silvestre registradas en el área de influencia del proyecto, encontramos por lo menos tres especies bajo riesgo a nivel nacional, dos especies de reptiles sujetas a protección especial (Pr) y una especie de ave amenazada (A). Del mismo modo, encontramos una especie de ave vulnerable a nivel internacional (VU).

Lista de especies registradas en el área de influencia del proyecto.

Familia	*Nombre científico*	Nombre común	NOM-059	UICN
Scolopacidae	*Actitis macularis*	Playero alzacolita	sc	LC
Ardeidae	*Ardea alba*	Garza blanca	sc	LC
Scolopacidae	*Arenaria interpres*	Vuelvepiedras rojizo	sc	LC
Scolopacidae	*Calidris alba*	Playero blanco	sc	LC
Charadriidae	*Charadrius semipalmatus*	Chorlo semipalmeado	sc	LC
Charadriidae	*Charadrius vociferus*	Chorlo tildío	sc	LC
Columbidae	*Columbina inca*	Tortolita cola larga	sc	LC
Cathartidae	*Coragyps atratus*	Zopilote común	sc	LC
Ardeidae	*Egretta caerulea*	Garza azul	sc	LC

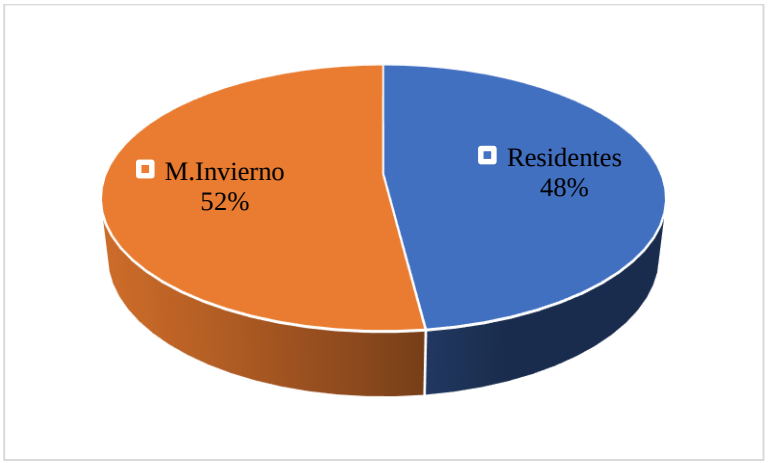
Ardeidae	*Egretta thula*	Garza dedos dorados	sc	LC
Falconidae	*Falco femoralis*	Halcón Fajado	A	LC
Parulidae	*Geothlypis poliocephala*	Mascarita Pico Grueso	sc	LC
Laridae	*Hydroprogne caspia*	Charrán de caspio	sc	LC
Laridae	*Larus smithsonianus*	Gaviota plateada americana	sc	LC
Laridae	*Leucophaeus atricilla*	Gaviota reidora	sc	LC
Tyrannidae	*Myiozetetes similis*	Luis común	sc	LC
Ardeidae	*Nyctanassa violacea*	Garza nocturna corona clara	sc	LC
Passerellidae	*Passerculus sandwichensis*	Gorrión sabanero	sc	LC
Pelecanidae	*Pelecanus occidentalis*	Pelicano café	sc	LC
Tyrannidae	*Pitangus sulphuratus*	Luis bienteveo	sc	LC
Charadriidae	*Pluvialis squatarola*	Chorlo grís	sc	VU
Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mayor	sc	LC
Laridae	*Thalasseus maximus*	Charrán real	sc	LC
Laridae	*Thalasseus sandvicensis*	Charrán de sandwich	sc	LC
Scolopacidae	*Tringa semipalmata*	Playero pihuihuí	sc	LC
Tyrannidae	*Tyrannus melancholicus*	Tirano pirirí	sc	LC

Entre las especies de aves registradas encontramos una especie amenazada (A) listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, el halcón fajado, *Falco femoralis.* De igual manera, encontramos una especie considerada vulnerable (VU) a nivel internacional, el chorlo gris, *Pluvialis squatarola,* incluida en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN).



Familias representativas de la avifauna registrada en el área de influencia del proyecto.

Las especies registradas son aves residentes y migratorias de invierno. Sin embargo, la mayoría de los registros fueron de aves visitantes en invierno, que han dejado sitios de anidación y parten en primavera.



Estacionalidad de las aves registradas en el área de influencia del proyecto.

En los primeros 0 + 300 m al inicio del área de influencia del proyecto, en la zona urbana sobre el camellón no se observaron individuos de ninguna especie animal. Sin

embargo, existen palmeras y arbustos que pudieran utilizar algunas aves comunes de la zona.

Más adelante entre los 300 m + 1100 m se observaron y registraron algunos individuos y especies de aves terrestres, costeras y marinas haciendo uso de la escasa vegetación o explotando los escasas recursos que el lugar les ofrece.



Figura 18 Zanate mexicano, *Quiscalus mexicanus* y la paloma común, *Columba livia*, en la zona urbana, sobre el área de influencia del proyecto.



Figura 19 Individuos de la gaviota reidora, *Leucophaeus atricilla* sobre el trayecto que llevará el área de influencia del proyecto.

Entre los 1,100 m y 1,450, en una fracción del trayecto del proyecto por el cruce de la desembocadura del río Jamapa y la escollera, se observaron y registraron al menos cuatro familias distribuidas en seis especies de aves acuáticas. El 50% residentes y abundantes de la zona junto a las especies migratorias de invierno. El zanate mexicano, *Quiscalus mexicanus,* la tortolita cola larga, *Columbina inca,* el tirano pirirí, *Tyarannus melancholicus,* la garza dedos dorados, *Egretta thula,* la gaviota reidora, *Leucophaeus atricilla,* el zopilote común, *Coragyps atratus* y el pelicano café, *Pelecanus occidentalis.*

Entre las especies visitantes de invierno, están el gorrión sabanero, *Passerculus sandwichensis,* el playero alzacolita, *Actitis macularius.* el charrán real, *Thalasseus maximus,* el charrán de sadwich, *Thalasseus sandvicensis,* el chorlo gris, *Pluvialis squatarola,* el playero phuihui, *Tringa semipalmata* y la garza azul, *Egretta caerulea.*

Las especies más abundantes observadas y registradas en esta zona fueron el chorlo gris, *Pluvialis squatarola* (40 individuos) y la gaviota reidora, *Leucophaeus atricilla* (13 individuos).



Figura 20 Pelícano café, *Pelecanus occidentalis* y el playero alzacolita, *Actitis macularius*.

Entre los 1,450 m + 2,950 m, a partir de la escollera 1.5 km aproximadamente de playa, en algunos sitios registramos por lo menos 16 especies de aves haciendo uso de la vegetación de dunas costeras y la playa. Las especies más abundantes fueron el chorlo semipalmado, *Charadrius semipalmatus* (18 individuos) y el playero blanco, *Calidris alba* (12 individuos). Entre otras especies encontramos el garrapatero pijui, *Crotophaga culcirostris,* el maullador gris, *Dumetella carolinensis,* la calandria castaña, *Icterus spurius,* el tirano tijereta gris, *Tirano savana,* el playero pihuihui, *Tringa semipalmata,* la garza blanca, *Ardea alba,* el zopilote común, *Coragyps atratus,* el chorlo tildío, *Charadrius vociferus,* el chorlo gris, *Pluvialis squatarola,* el zanate mexicano, *Quiscalus mexicanus,* la gaviota plateada, *Larus smithsonianus,* el playero alzacolita, *Actitis macularius,* Luis común, la tortolita cola larga, *Columbina inca, Myiozetetes similis* y el tirano pirirí, *Tyrannus melancholicus.*



Figura 21 Garrapatero pijui, *Crotophaga culcirostris*, el maullador gris, *Dumetella carolinensis*



Figura 22 Calandria castaña, *Icterus spurius*, el tirano tijereta gris, *Tyrannus savana*.

Del mismo modo, al inicio de la escollera entre las rocas encontramos a la iguana de cola espinosa del Golfo, *Ctenosaura acanthura* (Pr), más adelante a lo largo de la línea de costa, entre la escasa vegetación herbácea localizamos la piel (muda) de una serpiente. También, haciendo uso de la playa sobre la arena con madrigueras y alimentándose, encontramos al cangrejo fantasma del atlántico, *Ocypode quadrata,* una especie nativa de México que no se encuentra en riesgo. Entre los restos de materia orgánica, ramas y troncos, encontramos lagartijas vientre rosado, *Sceloporus variabilis* y el ticuiliche mexicano, *Aspidoscelis guttatus.* Del mismo modo, muy cerca del área de influencia del proyecto encontramos huellas y rastros de algún tlacuache de la familia Didelphidae y mapache, *Procyon lotor.*



Figura 23 Chorlo tildío, *Charadrius vociferus* y el playero pihuihui, *Tringa semipalmata*.



Figura 24 Tortolita cola larga, *Columbina inca* y el cangrejo fantasma del atlántico, *Ocypode quadrata.*



Figura 25 Lagartija vientre rosado, *Sceloporus variabilis* y el ticuiliche mexicano, *Aspidoscelis guttatus.*

Entre los 2,950 m y 3,129 m registramos especies sobre la vegetación de dunas, algunas aves terrestres, la mayoría acuáticas, costeras y marinas como la garza blanca, *Ardea alba,* la garza dedos dorados, *Egretta thula,* la garza nocturna corona clara, *Nyctanassa violácea,* el chorlo tildío. *Charadrius vociferus,* el charrán de caspio, *Hydropogne caspia,* la gaviota reidora, *Leucophaeus atricilla,* el charrán real, *Thalasseus maximus,* el pelicano café, *pelecanus occidentalis,* el playero alzacolita, *Actitis macularis,* vuelve piedras rojizo, *Arenaria inerpres,* el playero blanco, *Calidris alba,* el playero pihuihuí, *Tringa semipalmata,* el Luis común, *Myiozetetes similis,* el Luis bienteveo, *Pitangus sulphuratus* y el tirano pirirí, *Tyrannus melancholicus.*

Posteriormente, a partir de los 3,150 m hasta el 3,800 m a lo largo del área de influencia del proyecto, registramos nueve especies de aves. Entre ellas la garza blanca, *Ardea alba,* el playero alzacolita, *Actitis macularius,* la garza dedos dorados, *Egretta thula,* la gaviota reidora, *Leucophaeus atricilla,* la garza nocturna corona clara, *Nyctanassa violácea,* el zopilote común, *Coragyps atratus,* el chorlo tildio, *Charadrisu vociferus,* el chorlo gris, *Pluavialis squatarola,* el charrán de caspio, el playero blanco, *Calidris alba,* el halcón fajado, *Falco femoralis* (Pr), el zanate mayor, *Quiscalus mexicanus*, el carpintero cheje, *Melanerpes aurifrons,* la mascarita pico grueso, *Geothlypis poliocephala* y el tirano pirirí, *Tyrannus melancholicus.* También, en este tramo del trayecto del proyecto, ubicamos huellas



Figura 26 Mascarita pico grueso, *Geothlypis poliocephala* y la garza blanca. *Ardea alba.*



Figura 27 Una pareja de halcón fajado, *Falco femoralis* (A).

Finalmente, en una fracción de 250 m aproximadamente entre los 3,800 m y 4,051 m del área de influencia del proyecto, sólo registramos un par de individuos de dos especies comunes, el zanate mexicano, *Quiscalus mexicanus* y el tirano pirirí, *Tyrannus melancholicus.*

En conjunto, los resultados del medio biótico permiten reconocer que el SAR corresponde a un sistema costero-urbano transformado, pero que conserva componentes de importancia ecológica. La vegetación natural y secundaria se encuentra fragmentada y su continuidad ha sido reducida por el crecimiento urbano, turístico y vial; sin embargo, los remanentes de vegetación costera, los cuerpos de agua, las márgenes del río Jamapa, la Isla del Amor, los esteros y las barras arenosas mantienen funciones de refugio, alimentación, reproducción y desplazamiento para la fauna silvestre.

La presencia de individuos adultos, arbustivos y plántulas de mangle confirma la existencia de componentes vegetales de alta sensibilidad ecológica y normativa dentro del SAR. Aunque no se prevé la remoción ni afectación directa de manglar como parte de las obras, su cercanía relativa con el área del proyecto exige mantener inventario, delimitación, monitoreo fitosanitario y medidas preventivas para evitar afectaciones indirectas por depósito de materiales, cambios en escurrimientos superficiales, compactación, tránsito no autorizado o manejo inadecuado de residuos.

La fauna registrada confirma que el SAR todavía conserva funcionalidad ecológica, particularmente por la presencia de aves, reptiles, mamíferos, aves rapaces, especies bajo alguna categoría de riesgo y organismos asociados con ambientes costeros y estuarinos. La presencia de un nido activo de aguililla negra menor y de madrigueras activas de cangrejo azul en la Isla del Amor constituye un indicador de sensibilidad local alta, ya que evidencia procesos de reproducción, refugio y relaciones tróficas que deben mantenerse durante la preparación del sitio, construcción y operación del proyecto.

Por lo anterior, la sensibilidad biótica del SAR se considera heterogénea. Las áreas urbanizadas, vialidades y superficies previamente intervenidas presentan menor sensibilidad relativa; en cambio, la Isla del Amor, los fragmentos de vegetación costera, los sitios con mangle, las zonas de anidación, las áreas con madrigueras activas de cangrejo azul, los cuerpos de agua y las rutas de desplazamiento de fauna presentan sensibilidad moderada a alta. Estas conclusiones deberán reflejarse de manera explícita en la evaluación de impactos ambientales, particularmente en la identificación y valoración de

impactos sobre vegetación, fauna silvestre, especies en riesgo, hábitats de refugio y reproducción, así como en la definición de medidas específicas dentro del Programa de Vigilancia Ambiental. De esta manera, la información biótica generada en el diagnóstico no se limita a una caracterización descriptiva, sino que constituye la base técnica para prevenir, mitigar, monitorear y, en su caso, corregir afectaciones directas o indirectas sobre los componentes bióticos sensibles del SAR.

IV.2.3 Medio socioeconómico

Contexto General

El municipio de Boca del Río se localiza en la zona conurbada de Veracruz y Boca del Río, en la región central costera del estado de Veracruz. Se caracteriza por su ubicación estratégica frente al Golfo de México y por su integración funcional con el puerto de Veracruz, lo que genera un corredor urbano-metropolitano con alta dinámica económica, turística y cultural (Gobierno Municipal de Boca del Río, 2021).

El proyecto se insertará en un corredor urbano-costero con alta dinámica de movilidad, actividad turística, servicios, comercio y crecimiento residencial. Su trazo se relaciona funcionalmente con la cabecera municipal de Boca del Río, áreas residenciales consolidadas y en desarrollo, espacios recreativos y culturales como Playa Boca del Río y Foro Boca, así como zonas comerciales y de servicios localizadas en el entorno de la Riviera Veracruzana. Esta condición permite analizar el proyecto dentro de un contexto socioeconómico activo, donde la conectividad, el turismo, la recreación, el comercio y el uso cotidiano del espacio público constituyen elementos relevantes para la evaluación ambiental.

Población y demografía

De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI, 2020) en Boca del Río hay una población de 185,052 habitantes; en donde se estima que la densidad poblacional es de 2,423 Hab/km², la cual se concentra principalmente en la cabecera municipal. Los rangos de edad que más se concentran son los de población joven y adulta (de 15 a 49 años, correspondiente al 59% de la población al año 2020). El crecimiento urbano se orienta hacia fraccionamientos residenciales en la periferia, mientras

que la zona centro conserva un carácter mixto habitacional y comercial (CONEVAL, 2022; INEGI, 2020).

Población y núcleos indígenas en el área de estudio

De acuerdo con la revisión general del Catálogo Nacional de Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas del Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (INPI), al momento no se han identificado núcleos indígenas formalmente registrados en los municipios de Boca del Río, ni en el área colindante de Alvarado, en el estado de Veracruz (INPI, 2024).

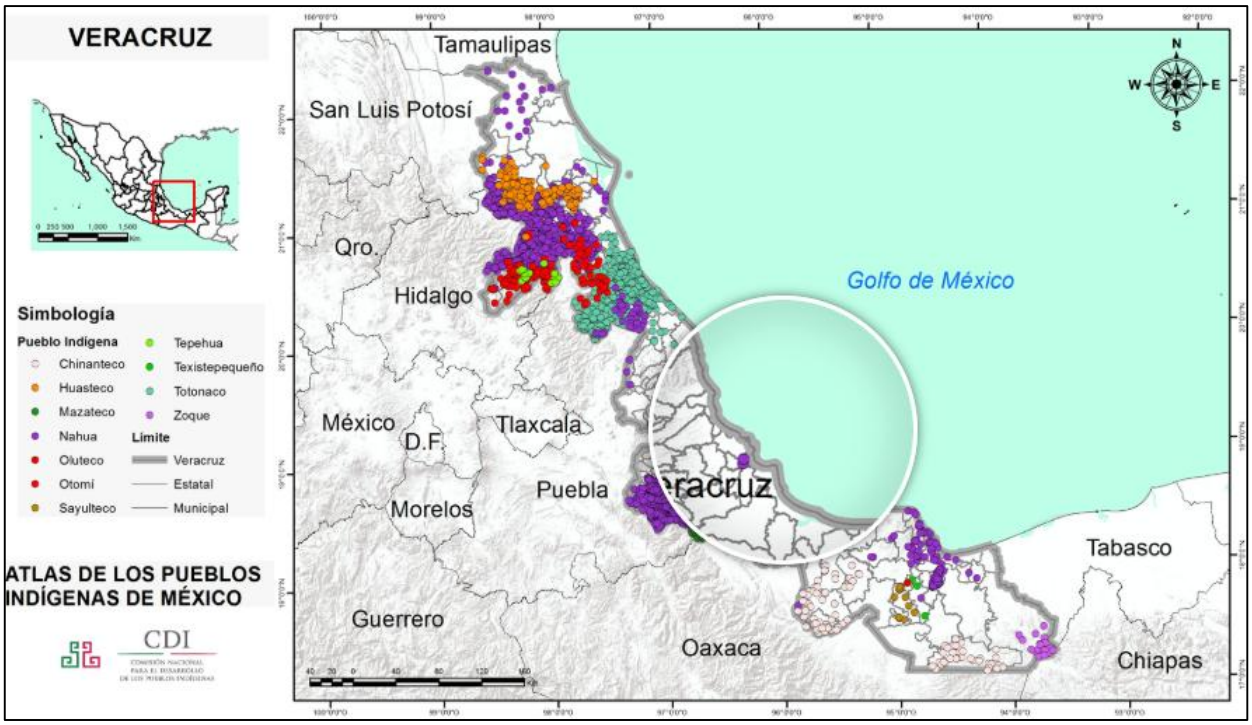


Figura 28 Pueblos Indígenas del Estado de Veracruz; Fuente: Atlas de Pueblos Indígenas, 2025.

No obstante, de acuerdo con datos del Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI, se puede identificar que en ambos municipios existe presencia de población que se identifica como indígena o habla alguna lengua indígena, ubicados de manera dispersa y

que se han asentado por diversos motivos de migración, relacionados a la búsqueda de empleo, familiares entre otros.

Vulnerabilidad poblacional y social

De manera general, se han detectado al momento, las siguientes situaciones en relación a la vulnerabilidad:

- Concentración de población flotante: La franja costera concentra turismo nacional e internacional, así como actividades recreativas y comerciales que incrementan la presión sobre la movilidad y elevan el riesgo de incidentes viales.
- Grupos vulnerables identificados: En el área cercana al trazo existen personas adultas mayores, población con discapacidad y familias en situación de pobreza (especialmente en colonias como La Tampiquera y Carranza), que requieren infraestructura accesible y segura.
- Percepción de inseguridad: La presencia de espacios poco iluminados y la saturación vehicular generan percepción de inseguridad para peatones, en particular para mujeres y jóvenes, lo que incrementa la vulnerabilidad social de estos grupos.

Actividades económicas

La economía de los municipios de Boca del Río y Alvarado, así como, del área de influencia del Proyecto, presenta una estructura diversificada que combina actividades modernas orientadas a los servicios y al turismo, con prácticas tradicionales vinculadas a la pesca y al aprovechamiento de los recursos naturales costeros; a continuación, se describen de manera general cada una de las actividades:

Turismo y servicios

El turismo constituye el motor principal de la economía en Boca del Río, y en menor medida en Alvarado. En esta franja costera, la vocación turística se expresa en una amplia

infraestructura de hoteles, restaurantes, bares, centros nocturnos, clubes de playa y marinas deportivas, que concentran buena parte de la oferta de servicios del litoral central veracruzano (SECTUR Veracruz, 2023).

Boca del Río es considerado uno de los principales polos turísticos del estado, junto con el puerto de Veracruz, recibiendo visitantes nacionales e internacionales atraídos por su gastronomía (particularmente los mariscos), playas, centros de entretenimiento, así como por la realización de eventos culturales, artísticos y deportivos a lo largo del año.

En el municipio de Alvarado, si bien, el turismo tiene un desarrollo menor en comparación con Boca del Río, se vincula principalmente con actividades de ecoturismo en los sistemas lagunares de la región, además de festividades locales que atraen visitantes por su valor cultural y gastronómico.

Comercio

El municipio de Boca del Río concentra parte importante de la infraestructura comercial de la zona conurbada Veracruz–Boca del Río. En donde destacan la presencia de centros comerciales de relevancia regional, tales como Plaza Américas, Plaza Andamar y El Dorado (muy cercano al área del Proyecto), los cuales se han consolidado como nodos de consumo y servicios que atraen no sólo a la población local, sino también a habitantes de municipios aledaños (Gobierno Municipal de Boca del Río, 2021).

El dinamismo generado por estos centros ha contribuido a fortalecer una economía urbana enfocada en el sector terciario, diversificando la base productiva y creando empleos en sectores como el comercio formal, los servicios financieros, la educación privada, la salud y el entretenimiento.

En el caso del municipio de Alvarado, el comercio se centra en los mercados municipales, expendios de productos del mar y el abastecimiento local. Aunque en los últimos años también se han impulsado desarrollos inmobiliarios y turísticos que generan dinámicas comerciales emergentes.

Pesca y actividades tradicionales

La pesca ribereña y el aprovechamiento de los recursos costeros constituyen uno de los pilares históricos de la economía en la región, particularmente en Alvarado, que es reconocido a nivel estatal por su tradición pesquera y acuícola (Universidad Veracruzana, 2020).

Las comunidades pesqueras de la zona operan tanto en el litoral como en los esteros, lagunas y cuerpos de agua del sistema Jamapa y Alvarado, donde se capturan especies de importancia comercial como mojarra, róbalo, camarón y jaiba. Estas actividades, aunque de menor peso económico en comparación con el turismo y el comercio, mantienen un papel relevante en términos culturales, de identidad local y de seguridad alimentaria para la población.

Además de la pesca, persisten otras actividades tradicionales, como la elaboración artesanal de productos derivados del mar, el comercio informal de alimentos y la participación en festividades locales donde la gastronomía es un elemento central. En Alvarado, estas tradiciones se vinculan con celebraciones populares y ferias, que a su vez aportan un componente turístico y cultural al municipio.

Infraestructura y Equipamiento Social

En el área donde se pretende desarrollar el proyecto, la infraestructura y el equipamiento social reflejan la consolidación de una zona urbana de Boca del Río y la transición a zonas rurales rumbo a Alvarado, donde aún predominan usos residenciales dispersos y actividades económicas tradicionales.

En materia de salud, dentro de la zona cercana al proyecto, en el municipio de Boca del Río, existe acceso a hospitales privados y públicos. En el caso de Alvarado, el equipamiento en salud presenta menor complejidad y se concentra principalmente en centros de salud comunitarios y clínicas de atención básica, por lo que parte de la población requiere trasladarse hacia Boca del Río o la ciudad de Veracruz para acceder a servicios médicos especializados. Esta condición muestra la dependencia funcional existente entre ambos municipios y permite identificar a la conectividad regional como un factor socioeconómico relevante dentro del SAR.

En relación con el equipamiento educativo, en el área más cercana al emplazamiento del proyecto predominan planteles de educación básica y media, con

presencia de instituciones privadas, mientras que en Alvarado las opciones educativas son más acotadas, particularmente en nivel medio superior y superior. Esta situación también refleja una relación funcional con la oferta académica de Boca del Río y Veracruz, lo cual debe considerarse dentro del análisis de movilidad, accesibilidad y organización territorial del SAR.

De manera preliminar no se detecta que el proyecto pudiera afectar equipamiento social sensible.

Cultura y recreación

La zona del Proyecto se caracteriza por su fuerte vocación turística y recreativa, con infraestructura que combina lo cultural, lo deportivo y lo comercial, destacando la siguiente infraestructura:

- Foro Boca. Corresponde a un centro cultural y artístico de relevancia regional, ubicado en el acceso al boulevard costero. Funciona como ícono urbano y como espacio de actividades culturales y sociales. No se prevén afectaciones físicas directas sobre esta infraestructura; sin embargo, por su cercanía funcional con el entorno del proyecto, deberán considerarse posibles molestias temporales asociadas con tránsito, señalización, ruido, accesos y movilidad durante la etapa constructiva.
- Playas públicas. Playa Boca del Río, Playa Santa Ana y Playa Mocambo representan puntos de reunión, recreación y esparcimiento tanto para la población local como para visitantes. Estos espacios forman parte de la dinámica turística y recreativa del SAR, por lo que su uso público deberá considerarse en la evaluación de impactos temporales asociados con obra, movilidad, ruido, residuos y percepción paisajística.
- Isla del Amor. Sitio en el que se desarrollan actividades recreativas como pesca, campismo, ecoturismo y deporte, entre otras. Presenta alta sensibilidad a los cambios por su valor recreativo, paisajístico y ambiental, así como por su relación con cuerpos de agua, vegetación costera, fauna silvestre y rutas de uso social del espacio.

- Clubes deportivos y marinas que fomentan actividades recreativas como el voleibol playero, torneos de pesca deportiva, navegación y deportes acuáticos.
- Centros comerciales. El Dorado, situado cerca del área de proyecto.

Observaciones generales

A continuación, se presentan algunas de las observaciones generales de la zona de emplazamiento del Proyecto.

La zona del Tramo A, está ubicada cerca del centro del Municipio de Boca del Río, sobre el Boulevard Miguel Alemán que conecta con el Boulevard Vicente Fox Quesada y que a su vez es el malecón costero; en esta área predominan asentamientos urbanos densamente poblados y establecimientos de servicios turísticos (restaurantes, hoteles y espacios recreativos), lo que genera alta demanda de movilidad de vehículos y personas.



Inicio del Tramo A, en donde se desviará hacia el malecón. Se observa la presencia de hoteles y establecimientos de servicios. Fuente: Google Earth, 2025.



Vista general del malecón, que colinda con la "Playa Boca del Río", que es un espacio de recreación social. Fuente: Google Earth, 2025.

Parte del Proyecto se desarrollará cerca de la franja de playa, en donde se prevé la ampliación de vialidades y la adecuación de accesos. Este tramo se caracteriza por su valor paisajístico y turístico, ya que bordea áreas de playa de alta afluencia de personas que realiza actividades recreativas.



Cerca del área de emplazamiento del Tramo A, se observa la presencia de zonas de casa habitación, actualmente en uso. Fuente: Google Earth, 2025.



Parte de la vialidad Vicente Fox Quesada, se observa la colindancia con la zona de litoral del Golfo de México, así como, con el Foro Boca del Río, espacio de recreación. Fuente: Google Earth, 2025.

En la zona en donde se prevé la construcción del Puente Boca del Río (Tramo C), hacia el municipio de Alvarado (el cual cruzará la desembocadura del sistema lagunar y el Río Jamapa), y que se constituye como el elemento principal del Proyecto, se observa la presencia de vialidades, así como parte del malecón que resultarán afectados por la construcción de infraestructura.

Caracterización de la Población Presente en el Área de Influencia del Proyecto

Con base en los resultados obtenidos durante la delimitación de las distintas zonas que conforman el Área de Influencia del Proyecto, se llevó a cabo la descripción de los principales atributos sociales presentes en cada una de ellas.

En este apartado se presenta la caracterización social correspondiente al Área de Influencia (Área Núcleo, Zona de Amortiguamiento, y las Áreas de Influencia Directa e Indirecta) con el propósito de ofrecer un panorama integral de las condiciones y tendencias de desarrollo social, urbano y económico que se manifiestan en la región de emplazamiento del Proyecto. Estas clasificaciones provienen de un estudio específico de factibilidad social y no debe confundirse con las delimitaciones de área de proyecto y SAR.

A partir de la delimitación del AI, se analizaron las principales variables sociodemográficas, económicas y culturales, así como su relación con la ejecución del Proyecto, con el fin de identificar y dimensionar los posibles impactos positivos o negativos que podrían generarse.

Dada la naturaleza del Proyecto, su ubicación en zonas urbanas y periurbanas con diferentes niveles de desarrollo, la caracterización de la población se realizó a partir de información oficial del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), específicamente del Censo de Población y Vivienda 2020, empleando las siguientes bases de datos:

- Listado de Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) y manzanas urbanas, 2020.
- Listado de localidades (ITER), 2020.

Estas bases de datos resultaron fundamentales para identificar con precisión las manzanas urbanas y las localidades comprendidas en el área de emplazamiento del Proyecto, permitiendo una caracterización actualizada y detallada de la población presente en el AI del Proyecto.

Con base en esta información, se proporciona un diagnóstico general claro sobre las interacciones sociales y económicas de las comunidades con el Proyecto, que sirvieron como base para la formulación de medidas de prevención, mitigación y compensación, así como para la maximización de los beneficios sociales en las zonas involucradas.

Resultados:

En función a la evaluación por medio de SIG, así como, la base de datos del INEGI, se presenta la caracterización correspondiente a cada una de las áreas y zonas que conforman el AI, las estadísticas se presentan agrupadas a aspectos relevantes del entorno social.

La caracterización del AI abarca la revisión de diversos componentes socioeconómicos y demográficos que permiten comprender el contexto de las comunidades y asentamientos ubicados en estas, en la revisión se abarcan indicadores sociales como:

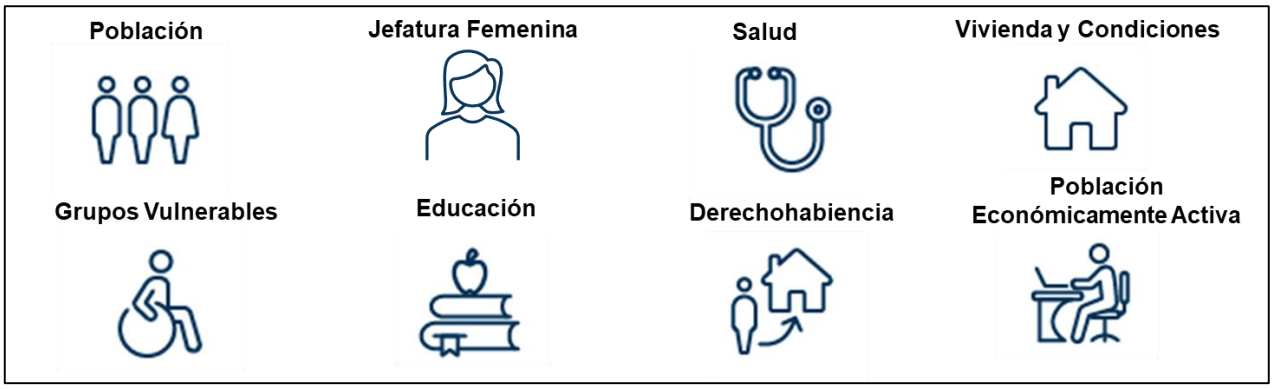


Figura 29 Principales indicadores sujetos a evaluación en la caracterización social.
Fuente: Grupo Cal y Mayor, 2025.

A continuación, se presentan las estadísticas revisadas, las cuales están en función a los indicadores reportados en el *Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI 2020*, en donde se reporta lo siguiente:

Vivienda

Se identificó la cantidad de viviendas u hogares presentes en el área de influencia, debido a que son elementos sociales más relevantes en la caracterización, ya que se pueden generar impactos directos e indirectos sobre la calidad de vida de las personas que habitan en esas zona.

En función al análisis se identifica un total de 61,409 viviendas ubicadas dentro del AI, de las cuales el 49,091 se encuentra deshabitadas, mientras que 49,069 son hogares de la población presente en la zona; en donde potencialmente se pueden generar afectaciones físicas, funcionales o sociales de carácter positivo o negativo y temporal o permanentemente.

Población

En función a los datos del INEGI en el Área de Influencia del Proyecto se localiza una población total de 148,577 habitantes (78,672 mujeres y 69,905 hombres), pertenecientes a todos los rangos de edad establecidos por el INEGI.

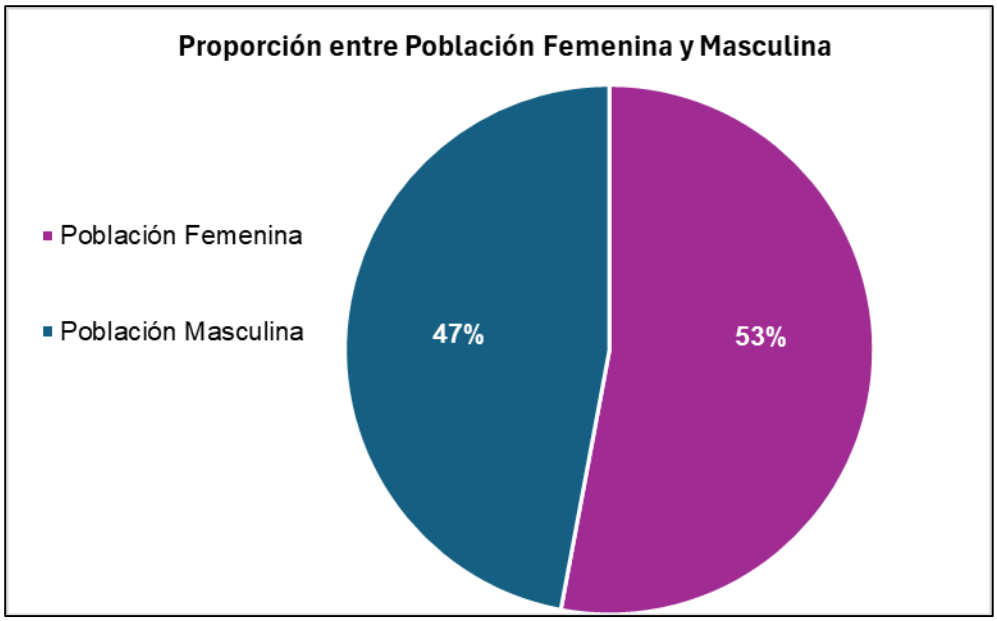


Figura 30 Gráfico de distribución de la población en el AID; Fuente: Grupo Cal y Mayor con base en información del INEGI (2020) Censo de Población y Vivienda 2020.

Se identifica que hay una diferencia del **5 %** entre la proporción de mujeres y hombres, en donde la población femenina es mayor en el AI, en consecuencia, el desarrollo del proyecto podría generar implicaciones importantes a las mujeres, debido a que pueden ser más vulnerables a ciertos riesgos sociales y económicos, ya que podrían tener menor acceso a recursos, empleo y toma de decisiones, y experimentar los impactos de forma diferenciada y desproporcionada ocasionados por el Proyecto.

Grupos Vulnerables

Por medio de los datos del *Censo de Población y Vivienda 2020*, se identificó el porcentaje de la población total que pertenece a algún grupo vulnerado por la sociedad y que pudiera enfrentar diversas formas de discriminación y exclusión social, lo que dificulta su acceso a derechos y oportunidades, dentro del AI, se identificaron los siguientes grupos:

- Adultos mayores (de 60 años y más);
- Niños, niñas y adolescentes (personas 0 a 14 años);

- Personas con alguna discapacidad (para caminar, subir o bajar, para ver, para hablar o comunicarse, aquellas que usan aparato auditivo, para vestirse, bañarse o comer, para recordar o concentrarse)
- Población indígena, de 3 años y más que habla alguna lengua indígena
- Población afrodescendiente
- Población con limitación (personas que tienen dificultades para moverse, oír, ver, comer y con problemas mentales)

Se identifica que más de la mitad de la población total (**59 %**) que habita en el AI pertenece a algún grupo catalogado como vulnerable, ya que **86,962 personas** se encuentran en alguna situación de vulnerabilidad.

La distribución de la población en los distintos grupos es la siguiente:

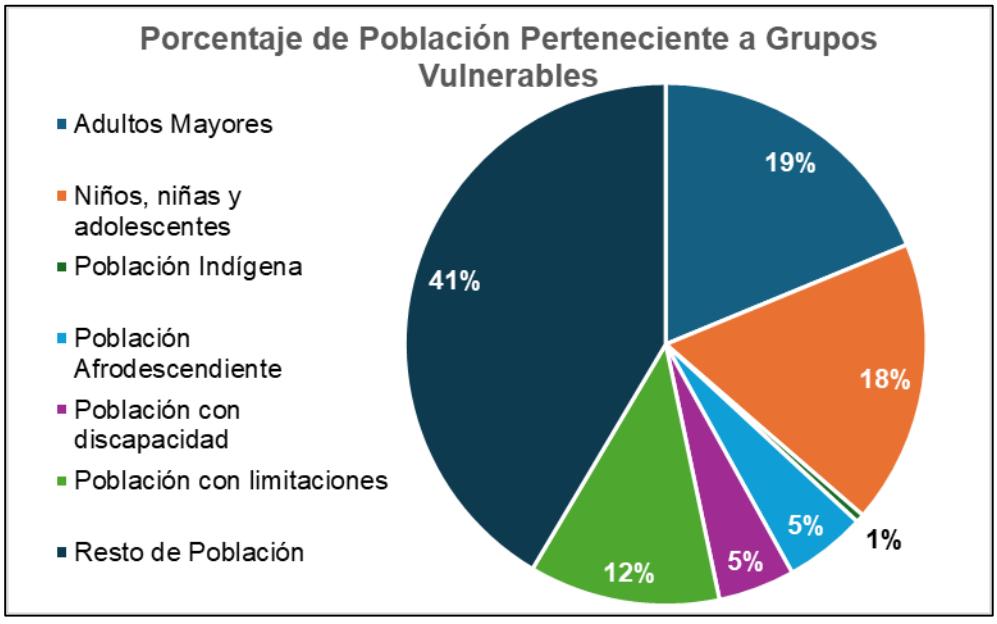


Figura 31 Gráfico de distribución de los grupos vulnerables de la población habitante en el AI; Fuente: Grupo Cal y Mayor con base en INEGI (2020) Censo de Población y Vivienda 2020

Se identifica que el grupo que ocupa mayor porcentaje es el de "Adultos Mayores a 60 años", dentro del AI, mientras que los de menor presencia son la "población indígena"; por otro lado, una quinta parte de la población se concentra en niños, niñas y adolescentes.

Se detecta que más de la mitad de la población del Área de Influencia pertenece a sectores sociales con mayor riesgo de exclusión, afectación o discriminación, debido a condiciones históricas, estructurales o territoriales. La composición de los grupos vulnerables en el AI evidencia que la implementación del Proyecto deberá integrar un enfoque de protección diferenciada, priorizando a los adultos mayores, niños, niñas y adolescentes, así como a las personas con limitaciones o discapacidad, ya que juntos representan una proporción significativa de la población y cualquier impacto derivado del Proyecto podría amplificarse en dichos sectores.

Asimismo, la presencia de población afrodescendiente e indígena subraya la necesidad de garantizar procesos participativos inclusivos, así como una comunicación culturalmente pertinente y medidas que eviten una vulnerabilidad social adicional.

Se refuerza la importancia de implementar un Plan de Gestión Social que atienda las necesidades particulares de cada grupo vulnerable durante las etapas de planificación, construcción y operación del Proyecto, con el fin de evitar impactos severos y promover condiciones de equidad y bienestar social.

Jefatura Femenina

En cuanto a las características de los temas de género de la población del AI es relevante conocer el porcentaje de hogares con jefatura femenina, es decir, la cantidad de hogares liderados por mujeres (solteras, separadas, viudas o con pareja ausente), ya que estos hogares suelen tener condiciones de mayor vulnerabilidad económica, social y estructural, lo que puede hacerlos más sensibles a los impactos generados por el desarrollo de actividades específicas.

De acuerdo con lo revisado, en la sección de vivienda y en comparación a los datos de los hogares con jefatura femenina, se identifica que **19,391 hogares son liderados por mujeres**, en función al total de hogares dentro del AI; la proporción queda de la siguiente manera:

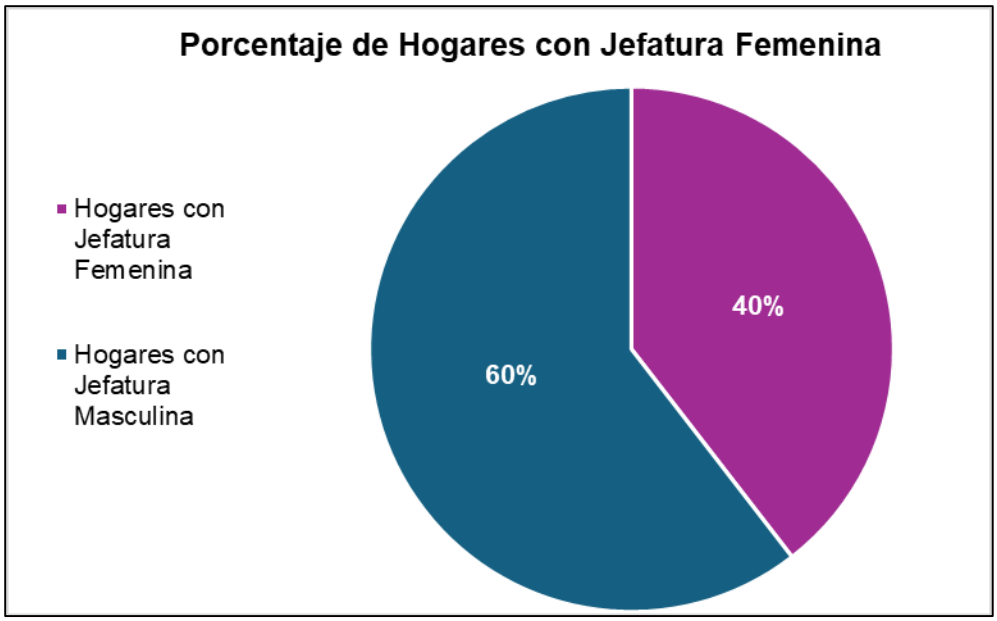


Figura 32 Distribución de hogares con jefatura femenina presentes en el AI; Fuente: Grupo Cal y Mayor con base en INEGI (2020) Censo de Población y Vivienda 2020.

Más de una tercera parte de los hogares presentes en el AI tienen como referencia a una mujer como jefa de familia, así mismo, la población que habita en estos hogares es de **55,517 personas**; en consecuencia, al momento de la implementación del Proyecto se deberá tener en cuenta que estos hogares son propensos a:

- Alta vulnerabilidad socioeconómica: debido a que las jefas de hogar muchas veces tienen ingresos informales, empleos precarios o presentan una doble carga de responsabilidades (económica y de cuidados en su núcleo familiar).
- Mayor riesgo ante el afectaciones por efectos temporales o permanentes: al encontrarse dentro del AI, existe la posibilidad de que sufran daños, a su vivienda o fuente ingresos.
- Acceso limitado a beneficios del Proyecto: podrían quedar fuera de programas de empleo o participación si no se consideran sus necesidades específicas.
- Menor participación en la toma de decisiones: debido a obstáculos como el cuidado de hijos o falta de tiempo, esta situación dificulta su presencia en consultas o reuniones.

En función a lo anterior, y previo al inicio de la construcción del Proyecto, se deberán gestionar las acciones necesarias para mitigar los riesgos e impactos generados o en caso contrario, priorizar las acciones con un enfoque de género.

Población Económicamente Activa

Determinar la Población Económicamente Activa (PEA) del AI permitirá identificar el porcentaje de población con oportunidades de empleo, riesgos de desplazamiento laboral (en su caso), y los potenciales beneficiarios de los programas de capacitación, empleo local y compensación que traerá consigo el desarrollo del Proyecto en cualquiera de sus etapas.

En función a lo anterior se calculó el porcentaje de la Población Económicamente Activa (PEA) respecto a la población total estimada dentro del AI, en donde se identifica que alrededor del **52 % de la población de 15 años o más** se encuentra trabajando, trabajaron, o en búsqueda de trabajo, como se muestra en la siguiente ilustración:

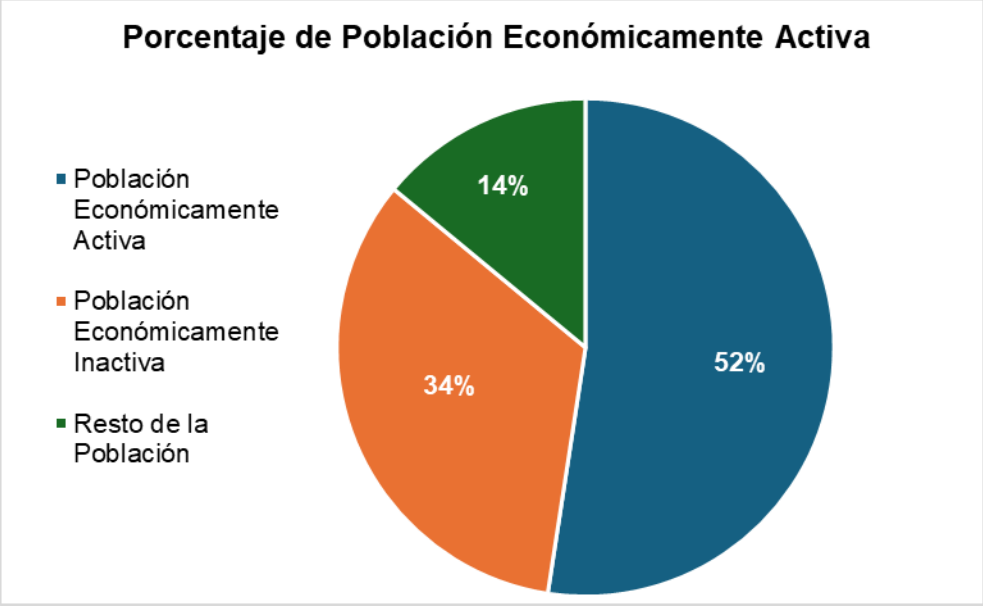


Figura 33 Distribución de la PEA en el AI; Fuente: Grupo Cal y Mayor con base en INEGI (2020) Censo de Población y Vivienda 2020

Al identificar que más de la mitad de la población del AI se encuentra activa y el resto se desconoce, se podrían presentar las siguientes situaciones:

- Presencia de alta proporción de población dependiente, es decir, el porcentaje de población inactiva se concentra en estudiantes, personas jubiladas, amas de casa, personas con discapacidad o menores de edad que no forman parte de la fuerza laboral en el AI.
- Desarrollo de la Informalidad, al no contar con datos certeros, se puede inferir que cierto porcentaje de la población se encuentra en empleos informales, temporales o no registrados al Registro Federal de Contribuyentes.
- Bajas oportunidades de empleo formal, debido al porcentaje de inactividad podría reflejar escasez de fuentes de trabajo formal en la zona, lo que influye en el desarrollo económico del AID.

Una vez iniciado el Proyecto se recomienda establecer mecanismos de contratación local prioritaria y diseñar programas de capacitación técnica para facilitar la incorporación de la población no activa a las etapas de construcción y operación del Proyecto, con enfoque especial en mujeres y jóvenes locales.

Salud

En materia de salud, se analizó la seguridad social de las personas que habitan dentro del AID del Proyecto, con el objeto de analizar el porcentaje de vulnerabilidad social, económica y de acceso a servicios de salud.

En función a la base de datos, se analizó la totalidad de personas que están afiliadas a servicios médicos en alguna institución de salud pública o privada como: el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE e ISSSTE estatal), Petróleos Mexicanos (PEMEX), la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA), la Secretaría de Marina Armada de México (SEMAR), el Instituto de Salud para el Bienestar (INSABI) o en otras.

En función al análisis, se identifica que **109,935 personas** que habitan en el AI se encuentran afiliadas a algún servicio se salud público, en donde la entidad con un mayor número de derecho habientes es el IMSS con **69,252 personas** registradas.

A continuación, se presenta la proporción de la población del AID que tiene acceso a servicios de salud:

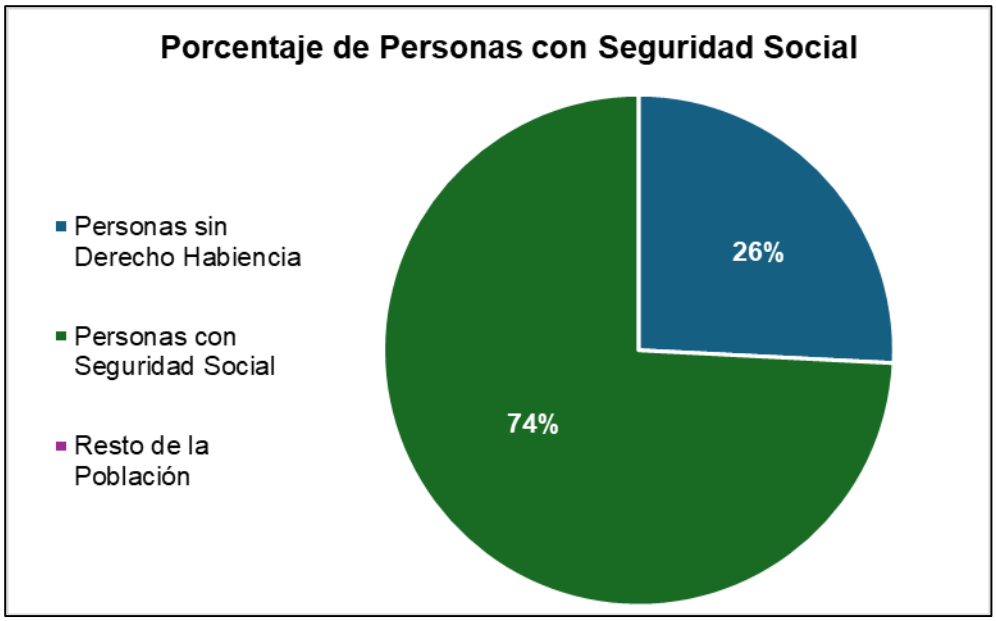
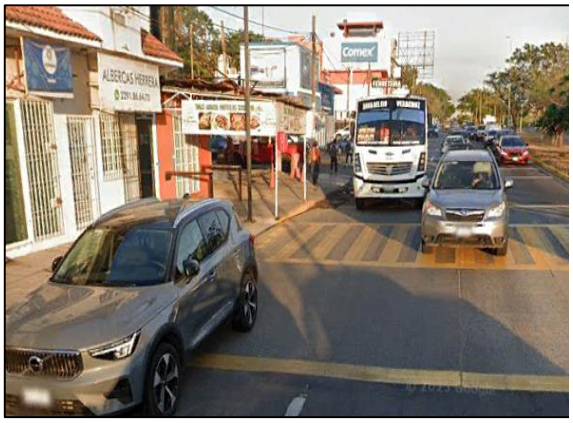


Figura 34 Distribución de la población del AID que cuenta con seguridad social; Fuente: Grupo Cal y Mayor con base en INEGI (2020) Censo de Población y Vivienda 2020

La identificación de este indicador permite entender cuántas personas están **protegidas por el sistema de salud, pensiones y prestaciones laborales**, y cuántas están **en situación de desprotección**, por lo que estas situaciones pudieran tener implicaciones directas para:

- El diseño de medidas de mitigación y compensación social aplicables.
- El acceso a servicios en caso de accidentes, enfermedades o desplazamientos.
- La planeación de estrategias de empleo formal dentro del proyecto.

Así mismo, el desarrollo del Proyecto traerá consigo beneficios para la incorporación de personas que pudieran afiliarse a algún servicio de salud.



El último tramo (F) del Proyecto incidirá sobre una vialidad principal del municipio de Alvarado, en donde hay la presencia de comercios y servicios, que pudieran resultar influenciados durante la implementación. Fuente: Google Earth, 2025.



El último tramo (F) del Proyecto colindará con la Colonia Playas de la Libertad, con un grado de rezago social bajo, en donde se documenta que se cuenta con disposición de los servicios básicos. Fuente: Google Earth, 2025.

En síntesis, el componente socioeconómico del SAR muestra una relación directa entre la dinámica urbana, turística, comercial y recreativa de Boca del Río y la expansión residencial, turística y de servicios hacia Alvarado. Esta condición explica la relevancia regional del proyecto en términos de conectividad, accesibilidad, movilidad y articulación territorial; sin embargo, también implica la necesidad de reconocer que la obra se insertará en un espacio socialmente activo, con presencia de población residente, visitantes, usuarios de playas, comercios, servicios turísticos, actividades recreativas, pesca ribereña y prácticas tradicionales asociadas con los cuerpos de agua y la franja costera.

Durante la etapa de preparación del sitio y construcción podrían presentarse afectaciones temporales asociadas con cierres parciales, desvíos, tránsito de maquinaria, ruido, polvo, restricciones de acceso, modificación temporal de rutas peatonales y vehiculares, así como molestias a usuarios de espacios recreativos, turísticos y comerciales. Estas afectaciones deberán ser consideradas en la evaluación de impactos y atendidas, en el marco de las medidas de manejo ya previstas para la obra, mediante señalización preventiva, delimitación segura de frentes de trabajo, canalización temporal del tránsito vehicular y peatonal, mantenimiento de accesos funcionales en la medida

técnicamente posible, limpieza permanente, control de residuos, supervisión ambiental y aplicación de horarios de trabajo compatibles con la seguridad operativa del proyecto.

En el mediano y largo plazo, el proyecto puede generar beneficios socioeconómicos asociados con la reducción de tiempos de traslado, fortalecimiento de la conectividad regional, mejora en el acceso a servicios, impulso al turismo y dinamización del comercio formal. No obstante, dichos beneficios deberán interpretarse junto con posibles presiones acumulativas derivadas de la mayor accesibilidad, tales como incremento del tránsito, consolidación urbana, mayor presencia de visitantes, presión sobre espacios recreativos y valorización inmobiliaria de la franja costera. Por ello, el diagnóstico socioeconómico constituye un insumo relevante para la evaluación de impactos acumulativos, la definición del alcance de las medidas de mitigación ya previstas y el diseño del Programa de Vigilancia Ambiental.

IV.3 Delimitación de la unidad paisajística

Para efectos de la presente evaluación, el Sistema Ambiental Regional se considera como **una sola unidad paisajística**, denominada:

Unidad paisajística costera-urbana de la desembocadura del río Jamapa y la Riviera Veracruzana.

La definición de una sola unidad se fundamenta en la continuidad visual y funcional existente entre la desembocadura del río Jamapa, el frente litoral del Golfo de México, la zona urbana de Boca del Río y los desarrollos de la Riviera Veracruzana.

Aunque dentro del SAR se presentan diferencias locales en el uso del suelo, la vegetación, la infraestructura y la configuración de la costa, estos elementos se encuentran visualmente conectados y forman parte de un mismo paisaje costero ampliamente modificado.

La unidad paisajística presenta como elementos dominantes los cuerpos de agua, el relieve plano, las playas, las barras arenosas, los esteros, los remanentes de vegetación costera, las áreas urbanizadas y la infraestructura vial y turística.

Descripción de los componentes de la unidad paisajística

La unidad paisajística se caracteriza por la combinación de componentes naturales y antrópicos que, en conjunto, determinan su calidad escénica y funcional.

Frente costero urbano de Boca del Río

La porción norte de la unidad paisajística corresponde a un frente costero urbano consolidado, integrado por vialidades, edificaciones, infraestructura turística, espacios públicos, servicios y obras costeras.

En este sector, los elementos urbanos dominan la percepción visual; sin embargo, su proximidad con el Golfo de México y con la desembocadura del río Jamapa permite conservar panorámicas abiertas y una relación visual permanente con los cuerpos de agua.

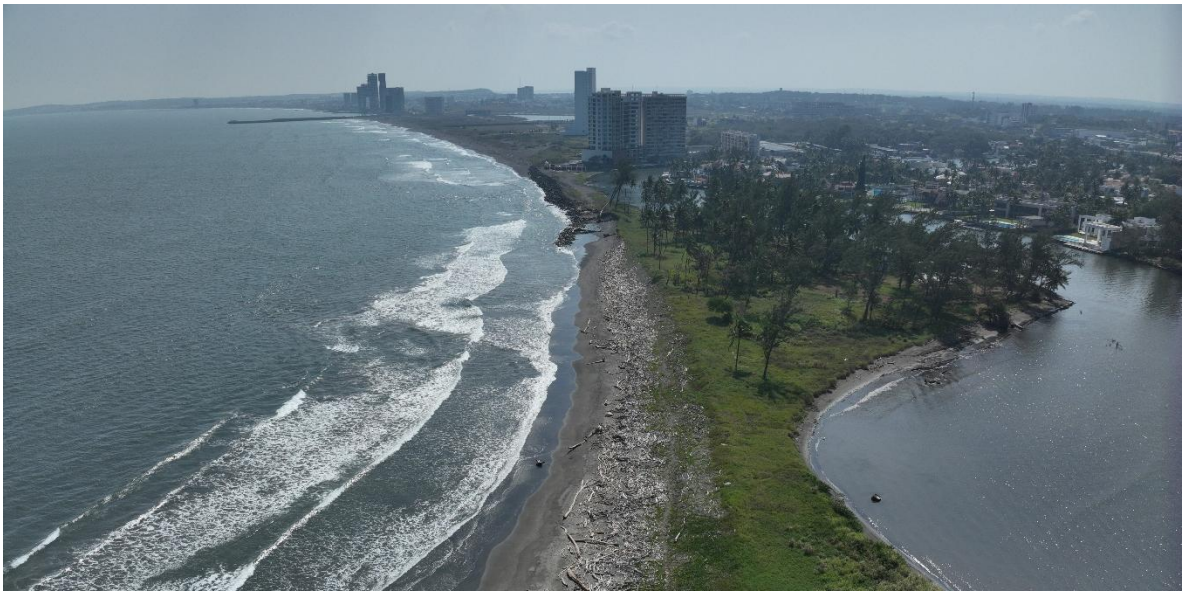


Figura 47. Ilustración del frente costero urbano.

Desembocadura del río Jamapa

La desembocadura constituye el principal elemento visual y geomorfológico de la unidad paisajística. En este sitio convergen el río, el mar, las escolleras, las embarcaciones, las playas y las márgenes urbanizadas.

La amplitud del cauce y su conexión directa con el Golfo de México generan vistas abiertas y contrastes entre los componentes naturales y la infraestructura existente. La

desembocadura funciona además como un elemento de identidad territorial y como punto de referencia para las actividades recreativas, turísticas y de navegación.

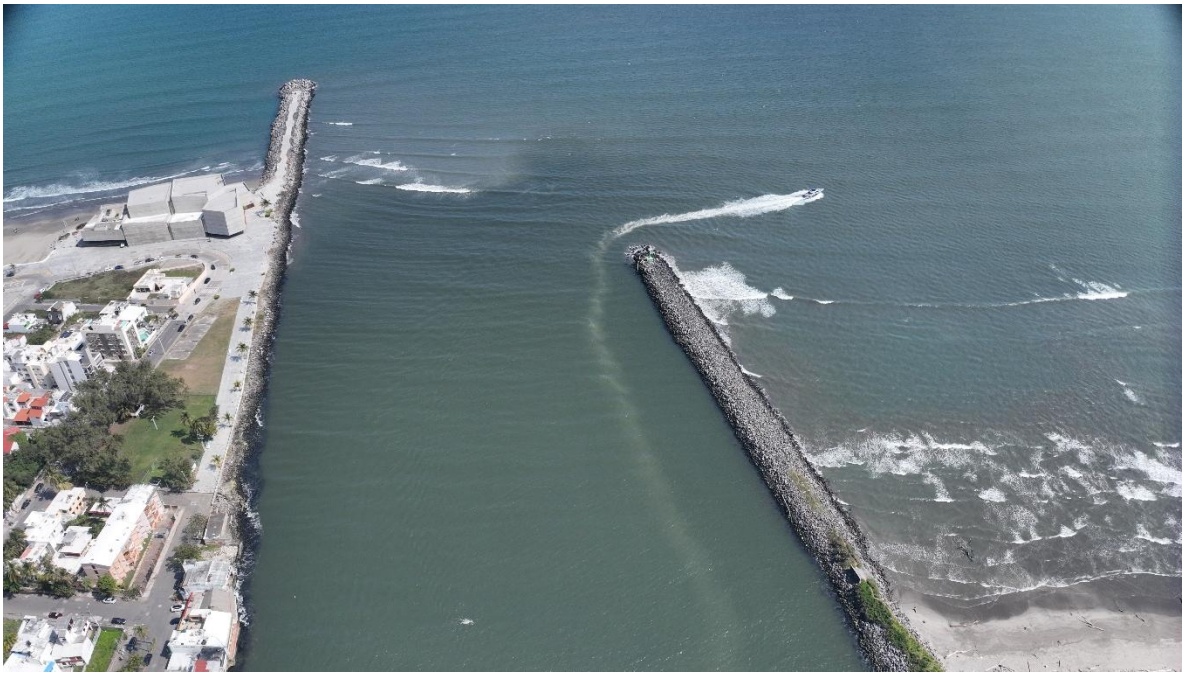


Figura 48. Ilustración de la desembocadura del Río Jamapa

Barra arenosa, estero e Isla del Amor

En la margen sur de la desembocadura se localiza el sector conocido como Isla del Amor, conformado por una barra arenosa vinculada con un estero posterior.

Este sector mantiene una mayor presencia de componentes naturales, entre ellos playa, cuerpos de agua, vegetación costera y superficies arenosas. Su configuración genera contrastes visuales relevantes dentro de la unidad paisajística y constituye uno de los elementos de mayor singularidad escénica del SAR.



Figura 49. Ilustración de la barra arenosa de la Isla del Amor

Franja litoral de la Riviera Veracruzana

Hacia el sur de la desembocadura se extiende una franja litoral caracterizada por la presencia de playas, remanentes de dunas, desarrollos habitacionales y turísticos, vialidades y obras de infraestructura costera.

El paisaje presenta una combinación de espacios abiertos y superficies urbanizadas. La continuidad visual del mar y de la playa constituye el principal elemento escénico, mientras que las construcciones y vialidades representan los componentes antrópicos dominantes.



Figura 50. Franja Litoral Riviera Veracruzana

Sectores urbanos y de transición

En las áreas interiores y en los extremos del SAR se presentan sectores urbanizados, terrenos intervenidos y superficies sujetas a procesos de expansión.

Estos espacios presentan una menor calidad escénica intrínseca que los sectores directamente asociados con el río y el mar, debido a la mayor presencia de infraestructura, fragmentación del territorio y reducción de elementos naturales. No obstante, forman parte de la misma unidad paisajística debido a su continuidad visual y funcional con el corredor costero.



Figura 51 Sectores urbanos y de transición.

Principales rasgos visuales

El paisaje de la unidad presenta los siguientes rasgos dominantes:

- Presencia continua de cuerpos de agua, representados por el río Jamapa, los esteros y el Golfo de México.
- Relieve predominantemente plano, que favorece horizontes amplios y vistas a larga distancia.
- Alta exposición visual desde vialidades, playas, escolleras, espacios públicos y márgenes del río.
- Combinación de elementos naturales y urbanos.
- Vegetación natural fragmentada y concentrada principalmente en esteros, márgenes y sectores costeros.
- Presencia importante de infraestructura vial, turística, habitacional y de protección costera.
- Alta frecuencia de observadores, asociada con actividades urbanas, recreativas y turísticas.

Valoración preliminar de la calidad paisajística

Con base en las características observadas dentro de la unidad paisajística y en la información ambiental disponible, se realizó una valoración preliminar de sus componentes.

Componente e indicador	Característica identificada	Valor preliminar
Componente biótico		
Tipo y distribución de la vegetación	Vegetación natural fragmentada y predominio de superficies urbanizadas	0.25
Estado de conservación	Conservación baja en la matriz urbana y media en remanentes costeros y estuarinos	0.25
Cercanía a áreas de valor ambiental	Presencia de ambientes costeros, estuarinos y remanentes de vegetación	0.50
Servicios ambientales	Los cuerpos de agua y remanentes vegetales mantienen servicios ambientales relevantes	0.75
Sumatoria Vb		**1.75**
Componente geomorfológico		
Calidad escénica intrínseca	Presencia conjunta del río, desembocadura, playa y mar	0.75
Desnivel topográfico	Relieve predominantemente plano	0.25
Presencia de cuerpos de agua	Río Jamapa, esteros y Golfo de México como elementos dominantes	1.00
Amplitud panorámica	Panorámicas amplias y horizontes abiertos	1.00
Variedad paisajística panorámica	Combinación de componentes fluviales, marinos, costeros y urbanos	0.75
Longitud de los tramos con panorámicas	Panorámicas continuas a lo largo del litoral y la desembocadura	1.00
Integridad	Integridad media debido a la urbanización e infraestructura existente	0.50
Asociación con la conservación del ecosistema	Relación media con ambientes costeros y estuarinos	0.50

Asociación con rasgos culturales de valor paisajístico	Relación entre el frente costero, espacios recreativos e identidad urbana	0.50
Sumatoria Vg		**6.25**
Componente cultural		
Calidad escénica del uso dominante	Paisaje urbano, turístico y costero heterogéneo	0.50
Calidad escénica de los asentamientos humanos	Sectores urbanos consolidados y desarrollos residenciales	0.50
Trascendencia religiosa o mística	No identificada como elemento dominante	0.00
Trascendencia histórica	Presencia limitada de elementos históricos dentro del SAR	0.25
Trascendencia artística y cultural	Presencia de espacios recreativos y culturales vinculados con el frente costero	0.50
Productos económicos	Actividades turísticas, recreativas, comerciales y de servicios	0.75
Equipamiento e infraestructura	Alta presencia de equipamiento, vialidades e infraestructura urbana	1.00
Sumatoria Vc		**3.50**

Aplicando la fórmula:

CVP = 1.5 (1.75) + 0.67 (6.25) + 1.2 (3.50)

CVP = 11.01

El resultado preliminar ubica a la unidad paisajística dentro de una categoría **media de calidad del paisaje**.

La calidad media responde a la presencia de componentes naturales con elevado valor escénico, principalmente el río Jamapa, la desembocadura, el Golfo de México, las playas y los esteros, combinados con una matriz territorial ampliamente urbanizada y modificada por infraestructura.

Visibilidad

La visibilidad dentro de la unidad paisajística es generalmente alta, debido a la configuración plana del territorio, la amplitud de los cuerpos de agua, la reducida presencia

de barreras naturales elevadas y la existencia de vistas abiertas desde vialidades, playas, escolleras y márgenes del río.

Los principales factores que determinan la visibilidad son:

- Amplitud del río y del mar;
- relieve predominantemente plano;
- vegetación fragmentada;
- continuidad de las vialidades y espacios públicos;
- presencia de infraestructura y edificaciones;
- elevada frecuencia de observadores.

Esta condición determina que las modificaciones de gran escala puedan ser percibidas desde diferentes puntos de la unidad paisajística.

Fragilidad paisajística

La fragilidad paisajística corresponde a la capacidad del territorio para absorber visualmente los cambios sin perder sus características perceptuales fundamentales.

La fragilidad visual de la unidad paisajística se considera preliminarmente **media-baja**, debido a la amplitud de las panorámicas, la elevada visibilidad desde vialidades y espacios públicos, la presencia dominante de cuerpos de agua y la reducida capacidad de la vegetación para ocultar nuevas estructuras.

La condición urbana e intervenida reduce parcialmente la sensibilidad ante la incorporación de nuevos elementos artificiales. Sin embargo, la apertura visual del paisaje costero determina que las estructuras de gran escala puedan convertirse en componentes dominantes y modificar de manera permanente la percepción del sitio.

Singularidades paisajísticas

Dentro de la unidad paisajística se identifican como principales singularidades:

la desembocadura del río Jamapa;

el contacto visual entre el río y el Golfo de México;

el sector conocido como Isla del Amor;

los esteros y barras arenosas;

las playas y remanentes de dunas costeras;

las escolleras y demás infraestructura costera;

las amplias panorámicas visibles desde las márgenes del río y el frente litoral.

Estas singularidades deberán considerarse durante la evaluación del impacto visual del proyecto y en la definición de las medidas de integración paisajística.

A partir de los elementos descritos, el paisaje del SAR debe interpretarse como una unidad costera-urbana con valor escénico relevante, pero sometida a un proceso histórico de transformación. La presencia de vialidades, escolleras, infraestructura turística, edificaciones y desarrollos residenciales reduce parcialmente la naturalidad del paisaje; sin embargo, la desembocadura del río Jamapa, el contacto visual con el Golfo de México, las playas, las barras arenosas, los esteros, la Isla del Amor y los remanentes de vegetación costera conservan atributos de singularidad, amplitud visual y calidad perceptual.

El impacto paisajístico del proyecto se considera uno de los efectos permanentes más perceptibles, debido a la apertura visual de la desembocadura, la amplitud de las panorámicas hacia el río Jamapa y el Golfo de México, la presencia de observadores frecuentes y el valor escénico asociado al contacto entre el río, la playa, el estero y la franja litoral. No obstante, dicho impacto se presenta dentro de una unidad paisajística previamente transformada, con presencia de infraestructura urbana, turística y costera.

Por ello, la evaluación del paisaje no debe orientarse a negar la visibilidad del proyecto, sino a reconocer que la nueva infraestructura será un elemento permanente dentro de la unidad paisajística. Las medidas de integración paisajística ya previstas deberán enfocarse en reducir el contraste visual, ordenar los frentes de obra, evitar acumulaciones o elementos discordantes durante la construcción, mantener limpieza y delimitación de áreas de trabajo, y favorecer una inserción compatible con el carácter urbano-costero del sitio.

IV.4. Diagnóstico ambiental

El diagnóstico ambiental del Sistema Ambiental Regional se elaboró mediante la integración e interpretación de los resultados obtenidos durante la caracterización de los componentes abióticos, bióticos y paisajísticos. Para determinar la condición actual del territorio y sus tendencias de modificación se utilizaron como indicadores principales la transformación de la cobertura vegetal, la dinámica histórica de la línea de costa, la riqueza

y distribución de la flora y fauna silvestre, la presencia de especies bajo alguna categoría de riesgo, la existencia de sitios de reproducción y refugio, así como el grado de intervención antrópica observado.

El SAR se localiza en una zona de transición entre el área urbana consolidada de Boca del Río, la desembocadura del río Jamapa, la playa y las dunas costeras, así como sectores en proceso de urbanización pertenecientes al municipio de Alvarado. Debido a esta configuración, su condición ambiental no es homogénea. En algunos sectores predominan vialidades, infraestructura urbana, desarrollos habitacionales, instalaciones turísticas y superficies con vegetación ornamental; mientras que en otros permanecen fragmentos de vegetación costera, humedales, áreas de playa y pequeños parches que todavía proporcionan refugio, alimento y sitios de reproducción para la fauna silvestre.

La tendencia dominante dentro del SAR corresponde al crecimiento urbano y turístico sobre la franja costera. Este proceso ha provocado la sustitución gradual de coberturas naturales, el incremento de superficies impermeabilizadas, una mayor presencia humana y el aislamiento progresivo de los remanentes de vegetación. En consecuencia, la condición ambiental actual debe entenderse como el resultado de un proceso acumulativo de transformación territorial previo al desarrollo del proyecto.

Condición del medio físico y dinámica costera

La desembocadura del río Jamapa constituye el principal elemento estructurador del funcionamiento ambiental del SAR. A través de ella se mantiene la conexión entre los escurrimientos continentales, el sistema estuarino y el Golfo de México, además de regularse el transporte de sedimentos y nutrientes entre estos ambientes.

La franja litoral presenta una dinámica activa y variable. El análisis histórico de la línea de costa efectuado para un periodo aproximado de 31 años identificó sectores con erosión, estabilidad y acreción. Entre los indicadores más relevantes se registró un retroceso máximo cercano a **–2.01 m por año**, un avance máximo de aproximadamente **3.13 m por año** y una tendencia promedio de **–0.52 m por año**, equivalente a una pérdida media estimada de alrededor de **16 m de playa** durante el periodo analizado.

Aunque existen sectores con acumulación de sedimentos, el promedio general indica un balance litoral negativo. Esta condición permite identificar a la playa, la zona de dunas y la desembocadura del río Jamapa como componentes de sensibilidad alta, debido a que pequeñas modificaciones en la circulación del agua o en el transporte sedimentario podrían intensificar los procesos de erosión existentes.

Desde una perspectiva diagnóstica, la dinámica costera constituye uno de los principales indicadores del estado ambiental del SAR. Por ello, la conservación de la capacidad hidráulica del río, el mantenimiento del intercambio entre los ambientes estuarino y marino y la prevención de modificaciones innecesarias sobre la playa representan condiciones fundamentales para conservar la funcionalidad del sistema.

Cobertura vegetal y transformación territorial

La vegetación del SAR presenta distintos grados de conservación. En las zonas urbanizadas predominan individuos ornamentales, jardines, vegetación dispersa y superficies con cobertura herbácea secundaria. En los sectores menos intervenidos permanecen fragmentos de vegetación de dunas costeras, humedales y vegetación asociada con los márgenes del sistema estuarino.

Para complementar la evaluación de la cobertura vegetal se incorporará un análisis multitemporal del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada —NDVI—. Este indicador permitirá reconocer espacialmente las áreas donde la vegetación se ha mantenido, reducido o incrementado durante el periodo evaluado.

Los valores bajos de NDVI corresponderán principalmente a zonas urbanizadas, vialidades, suelo desnudo y playa abierta; los valores intermedios permitirán identificar vegetación secundaria o dispersa; y los valores altos representarán los fragmentos con vegetación más densa y mejor conservada. El análisis deberá permitir calcular, al menos, la superficie ocupada por cada categoría y el cambio registrado entre la fecha inicial y la más reciente.

Dentro del área directamente requerida por el proyecto predominan superficies modificadas, vegetación secundaria y ejemplares aislados. No obstante, en la denominada Isla del Amor, ubicada aproximadamente a **50 m del área de influencia**, se registraron cuatro especies de mangle: mangle rojo, mangle negro, mangle blanco y mangle botoncillo.

La presencia de estas cuatro especies representa uno de los indicadores más relevantes de calidad ambiental localizada dentro del SAR. La vegetación de manglar no se encuentra dentro del área de afectación directa y se realizó un levantamiento de los individuos presentes, por lo que no se prevé su remoción. Sin embargo, su proximidad al proyecto determina que deba considerarse como un componente de sensibilidad alta frente a posibles afectaciones indirectas.

En conjunto, la cobertura vegetal del SAR presenta una naturalidad baja en las áreas urbanizadas, moderada en los sectores con vegetación secundaria y alta relevancia ecológica localizada en los fragmentos de manglar, humedales y vegetación costera.

Fauna silvestre e indicadores de funcionalidad ecológica

Los resultados de los muestreos muestran que, a pesar de la transformación existente, el SAR conserva funciones ecológicas relevantes para la fauna silvestre. Se registraron aproximadamente **95 especies**, de las cuales **85 corresponden a aves**, **seis a reptiles** y **cuatro a mamíferos**.

La elevada representación de las aves indica que la desembocadura del río Jamapa, la playa, las dunas costeras y los fragmentos de vegetación continúan funcionando como sitios de alimentación, descanso, refugio y desplazamiento. Las aves constituyen el grupo con mayor utilidad como indicador ambiental, debido a su diversidad, movilidad y respuesta ante los cambios en la estructura del hábitat.

La riqueza de **85 especies de aves** representa aproximadamente el **72 % de las especies reportadas para el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano** y cerca del **21 % de las registradas para el Golfo de México**. Además, la curva de acumulación de especies no alcanzó una estabilización completa, lo que sugiere que la riqueza real del SAR podría ser mayor.

La presencia de aves rapaces constituye otro indicador relevante de la funcionalidad ecológica remanente. En particular, en la Isla del Amor se registró un nido activo de aguililla negra menor, además de otras especies de rapaces. La existencia de depredadores superiores y de organismos en reproducción indica que el sitio mantiene disponibilidad de alimento, refugio y condiciones para completar procesos ecológicos importantes.

También se registraron especies de reptiles sujetas a protección especial, entre ellas la iguana verde y la iguana de cola espinosa del Golfo. Aunque la riqueza registrada de reptiles y mamíferos fue menor que la de aves, su presencia confirma que los fragmentos de vegetación todavía son utilizados por distintos grupos faunísticos.

Uno de los indicadores más importantes de sensibilidad local fue el registro de **169 madrigueras activas de cangrejo azul de tierra** en la Isla del Amor. Este número demuestra que el sitio funciona como un área relevante de refugio y reproducción para la especie. Asimismo, el cangrejo azul forma parte de las relaciones tróficas locales, al constituir una presa potencial de la aguililla negra menor durante el periodo reproductivo.

Por lo anterior, la fauna del SAR presenta una sensibilidad general moderada, que aumenta a alta en la Isla del Amor, los sitios de anidación, las áreas con madrigueras activas, los fragmentos de vegetación y los sectores utilizados por especies bajo alguna categoría de riesgo.

Paisaje y grado de intervención

El paisaje del SAR se encuentra determinado por la coexistencia de elementos urbanos, turísticos, costeros y estuarinos. La zona norte presenta un carácter predominantemente urbano, mientras que hacia el sur y en las inmediaciones de la desembocadura todavía se conservan vistas abiertas hacia el mar, áreas de playa, vegetación costera y espacios con menor densidad de construcciones.

La urbanización ha reducido progresivamente la continuidad visual y ecológica del paisaje natural. Sin embargo, la presencia del río Jamapa, el Golfo de México, la playa y los remanentes de vegetación mantiene una calidad paisajística relevante y constituye uno de los principales atributos ambientales de la región.

Como indicador, la calidad paisajística deberá considerar la naturalidad, diversidad, singularidad, visibilidad y grado de intervención de la unidad paisajística. Debido a que se definió una sola unidad para el SAR, su valoración deberá reflejar la coexistencia de componentes naturales de alto valor escénico con elementos urbanos e infraestructura.

Problemática ambiental y tendencia del SAR

La integración de los indicadores muestra que las principales problemáticas ambientales del SAR son:

- Pérdida y fragmentación progresiva de la cobertura vegetal.
- Expansión urbana y turística sobre la franja costera.
- Disminución y aislamiento de hábitats para la fauna silvestre.
- Incremento del tránsito, ruido, iluminación y presencia humana.
- Presión sobre playas, dunas, humedales y márgenes del río Jamapa.
- Persistencia de procesos de erosión costera.
- Generación y dispersión de residuos.
- Riesgo de afectación indirecta sobre sitios sensibles cercanos a las obras.

Estos procesos se presentan actualmente y son independientes de la ejecución del proyecto. No obstante, su desarrollo podría contribuir a incrementar algunas de estas presiones si las obras no se mantienen dentro del polígono autorizado o si no se aplican medidas de prevención y seguimiento.

Síntesis diagnóstica

Con base en los indicadores analizados, el Sistema Ambiental Regional se clasifica como un territorio **moderadamente transformado, con una tendencia creciente de urbanización y pérdida de naturalidad**, pero que todavía mantiene componentes naturales de importancia para la conservación de la biodiversidad.

La mayor parte del área directamente requerida por el proyecto corresponde a superficies previamente modificadas, vegetación secundaria, áreas urbanizadas y sectores con baja riqueza faunística. Sin embargo, dentro del SAR existen sitios de alta sensibilidad ambiental, entre los que destacan la desembocadura del río Jamapa, la playa y las dunas costeras, el manglar de la Isla del Amor, los sitios de anidación, las áreas con madrigueras activas de cangrejo azul y los fragmentos con mayor cobertura vegetal.

Los principales indicadores que sustentan esta conclusión son:

- Una tendencia promedio de la línea de costa de **–0.52 m por año**.
- Una pérdida media estimada de aproximadamente **16 m de playa**.

- El registro de **95 especies de fauna silvestre**.
- La presencia de **85 especies de aves**, utilizadas como indicadores de funcionalidad ecosistémica.
- El registro de un nido activo de aguililla negra menor.
- La presencia de **169 madrigueras activas de cangrejo azul**.
- El registro de las **cuatro especies regionales de mangle**.
- La ausencia prevista de afectación directa al manglar.
- La transformación y fragmentación de la cobertura vegetal, que será cuantificada mediante el análisis multitemporal del NDVI.

En consecuencia, el SAR no puede considerarse un sistema natural íntegro, pero tampoco un ambiente completamente degradado. Se trata de un sistema costero parcialmente transformado que conserva funciones ecológicas y sitios sensibles cuya protección resulta necesaria.

El proyecto se desarrollará principalmente sobre áreas previamente intervenidas; sin embargo, su proximidad con elementos de alta sensibilidad exige mantener las obras estrictamente dentro del área autorizada, evitar modificaciones al funcionamiento hidráulico del río Jamapa, prevenir afectaciones indirectas al manglar y conservar los sitios utilizados por la fauna silvestre.

Como resultado de la integración de los componentes analizados, el SAR puede interpretarse como un sistema urbano-costero altamente transformado, pero que conserva elementos ambientales funcionales y sensibles. La condición ambiental actual no corresponde a un sistema prístino; sin embargo, la desembocadura del río Jamapa, la playa, los esteros, las barras arenosas, los remanentes de dunas costeras, la Isla del Amor, los fragmentos de vegetación y los individuos de mangle mantienen funciones ecológicas, hidrológicas, paisajísticas y de refugio para la fauna silvestre.

Desde el punto de vista ambiental, la sensibilidad del SAR no se distribuye de manera homogénea. Las áreas urbanizadas y previamente modificadas presentan menor sensibilidad relativa ante la ocupación física del proyecto, mientras que los componentes asociados con cuerpos de agua, humedales, vegetación costera, manglar, sitios de anidación, madrigueras de cangrejo azul, zonas de desplazamiento de fauna y espacios de alta visibilidad paisajística presentan una sensibilidad mayor. Por ello, la evaluación de

impactos y las medidas de mitigación deben enfocarse no solamente en la superficie directamente ocupada por las obras, sino también en la prevención de afectaciones indirectas sobre estos componentes sensibles del SAR.

Tabla 12. Síntesis del Diagnóstico Ambiental del SAR.

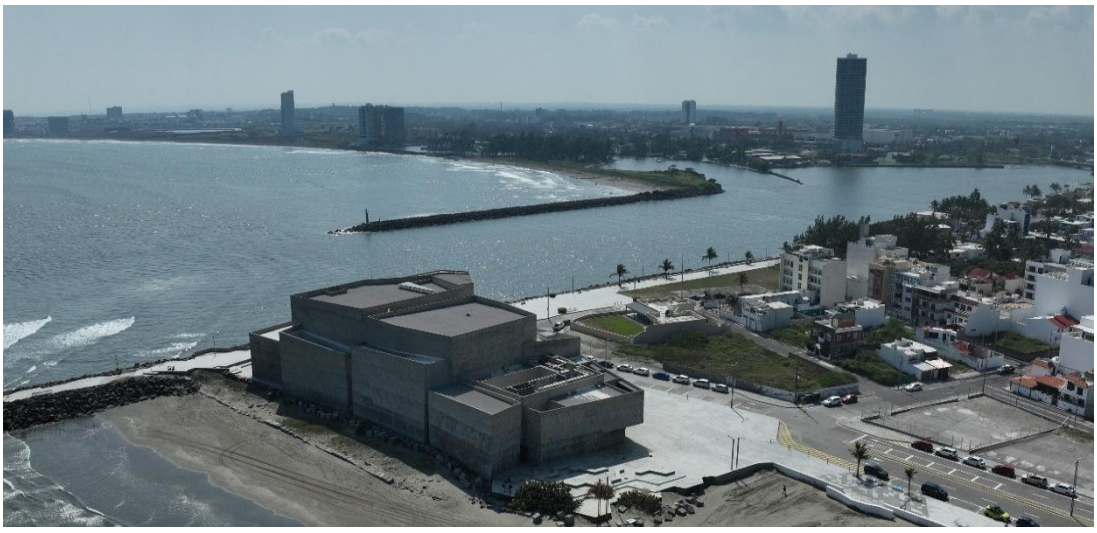
Componente	Condición actual	Presión existente	Sensibilidad ambiental
Desembocadura del río Jamapa	Sistema estuarino intervenido, pero funcional	Urbanización, escolleras, navegación, residuos, turbidez y presión recreativa	Alta
Franja litoral y playa	Zona dinámica con procesos de erosión y sectores de acumulación	Urbanización costera, infraestructura, eventos de norte y ocupación turística	Media-alta
Dunas y vegetación costera	Remanentes fragmentados y reducidos	Expansión urbana, tránsito, limpieza, perturbación y pérdida de continuidad	Media-alta
Manglar	Presencia de individuos adultos, arbustivos y plántulas en el entorno del proyecto	Aislamiento, presión urbana, cambios hidrológicos y riesgo de afectación indirecta	Alta
Fauna silvestre	Comunidad persistente en mosaico urbano-costero, con predominio de aves	Fragmentación, ruido, tránsito, pérdida de refugio y presencia humana	Media-alta
Aves rapaces	Registro de uso de hábitat y anidación en Isla del Amor	Perturbación por ruido, presencia humana y modificación de sitios de percha o anidación	Alta en sitios de anidación
Cangrejo azul	Presencia de madrigueras activas en Isla del Amor	Fragmentación, tránsito, afectación de rutas de desplazamiento y cambios en humedad del suelo	Alta en áreas con madrigueras

Componente	Condición actual	Presión existente	Sensibilidad ambiental
Paisaje	Unidad costera-urbana con vistas abiertas y singularidades escénicas	Infraestructura, urbanización, escolleras, tránsito y desarrollo turístico	Media-alta en puntos de alta visibilidad
Componente socioeconómico	Zona urbana, turística, comercial y recreativa activa	Saturación vial, presión turística, expansión urbana, población flotante y usuarios recreativos	Media
Tendencia territorial	Crecimiento urbano y turístico en la franja costera	Consolidación inmobiliaria, aumento de accesibilidad y presión sobre espacios costeros	Media-alta

En consecuencia, la viabilidad ambiental del proyecto depende de mantener un control estricto de los frentes de obra, prevenir aportes de sedimentos y residuos hacia cuerpos de agua, evitar afectaciones a vegetación y fauna silvestre, conservar la funcionalidad de los sitios sensibles identificados y garantizar el seguimiento ambiental mediante indicadores verificables. Esta interpretación constituye la base para la identificación de impactos, la valoración de impactos residuales y acumulativos, así como la definición del alcance de las medidas de mitigación ya previstas.

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL,

MODALIDAD REGIONAL



Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz

GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ 2024 - 2030

SIOP SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA Y OBRA PÚBLICA

Secretaría de Infraestructura y Obras Públicas del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave (SIOP).

Capítulo V

Junio, 2026.

Contenido

V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL. 2

V.1. Identificación de impactos..... 6

V.1.1. Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales. 6

V.2. Lista de control y criterios de valoración. 22

V.2.1 Lista de control. 22

V.2.2 Criterios de valoración de importancia 27

V.3. Valoración de los impactos. 30

V.3.1 Valoración de importancia de impactos – Escenarios Sin proyecto 31

V.3.2 Valoración de importancia de impactos – Escenarios Con Proyecto – Sin Medidas de Mitigación 33

V.3.3 Valoración de importancia de impactos: Escenario de Proyecto - Con Medidas de Mitigación 39

V.3.4 Análisis comparativo de Valoración de Importancia 50

V.4. Impactos residuales. 57

V.5. Evaluación integrada de impactos acumulativos. 61

V.5.1. Enfoque metodológico para el análisis de impactos acumulativos..... 61

V.5.2 Componentes sensibles considerados para el análisis acumulativo. 62

V.5.3 Relación con la valoración general de impactos..... 63

V.5.4 Relación con los impactos residuales. 64

V.5.5 Síntesis de impactos acumulativos por componente 64

V.5.6 Conclusión del análisis acumulativo 65

V.6. Resumen y conclusiones. 66

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL PUENTE EN BOCA DEL RÍO-ALVARADO, VERACRUZ

V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.

En esta sección se desarrolla el núcleo analítico de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, constituyendo la base para la elaboración del capítulo subsecuente. Se entiende por *impacto ambiental* la alteración que una actividad humana introduce en su entorno; este último se define como la porción del medio ambiente susceptible de ser afectada o que interactúa con dicha actividad. En este sentido, el impacto ambiental tiene su origen en una acción antrópica y se manifiesta a través de tres fases sucesivas:

- La modificación de uno o varios factores ambientales, o del sistema ambiental en su conjunto.
- La alteración del valor o estado de dichos factores o del sistema ambiental.
- La interpretación del significado de estas modificaciones, particularmente en relación con el ambiente y, en última instancia, con la salud y el bienestar humano (Gómez Orea, 1999).

Por su parte, la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) se define como el proceso de identificación y valoración de los impactos potenciales derivados de proyectos, planes, programas o acciones normativas, sobre los componentes físico-químicos, bióticos, culturales y socioeconómicos del entorno (Canter, 1998).

Con base en lo anterior, la evaluación de impactos ambientales implica, en primera instancia, la identificación de las actividades que se desarrollarán en las distintas etapas del proyecto, así como la elaboración de un inventario y valoración cualitativa y cuantitativa de aquellas acciones, obras o actividades susceptibles de generar impactos.

Posteriormente, dichos impactos se sistematizan mediante herramientas como matrices de identificación y evaluación, que permiten analizar su interacción con los componentes del sistema ambiental.

Para el presente proyecto, la predicción de impactos consiste en anticipar su comportamiento en el tiempo y el espacio, es decir, prever las modificaciones que experimentarían los componentes ambientales, así como los factores socioeconómicos y culturales, como resultado de la ejecución del proyecto. En este contexto, los impactos ambientales se interpretan como la interacción entre las condiciones de vulnerabilidad y potencialidad del entorno y la dinámica de cambio inducida por el proyecto. Cuando estas alteraciones alcanzan un nivel significativo, se configuran como impactos ambientales en el sentido técnico y normativo del término.

Cada impacto identificado debe ser descrito en función de su causa y efecto, delimitado en tiempo y espacio, y asociado a un indicador ambiental, entendido como una expresión cuantitativa o cualitativa que representa su magnitud o relevancia.

La presente sección constituye la parte medular del estudio de impacto ambiental, y sienta las bases para el desarrollo del capítulo subsecuente. En ella se identifican, caracterizan, ponderan y evalúan los impactos ambientales derivados de las actividades asociadas a las distintas etapas del proyecto "Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz", con énfasis en aquellos impactos relevantes o significativos, así como en los impactos residuales, acumulativos y/o sinérgicos. Estos se analizan en relación con los componentes ambientales del sistema previamente delimitado en el Capítulo IV.

En congruencia con el diagnóstico ambiental desarrollado en el Capítulo IV, la evaluación de impactos considera que el SAR corresponde a un sistema urbano-costero previamente transformado, pero con componentes ambientales funcionales y sensibles. Entre estos componentes destacan la desembocadura del río Jamapa, la franja litoral, la playa, los esteros, las barras arenosas, la Isla del Amor, los remanentes de vegetación costera, los individuos de mangle, las áreas con madrigueras activas de cangrejo azul, los

sitios de uso por fauna silvestre, las zonas de anidación, los puntos de alta visibilidad paisajística y los espacios de uso social, recreativo y turístico.

Por ello, la identificación y valoración de impactos no se limita a la superficie directamente ocupada por las obras, sino que considera la relación funcional entre el área del proyecto y los componentes sensibles del SAR. Esta aproximación permite diferenciar los impactos físicos directos asociados con la preparación del sitio y construcción, de aquellos impactos indirectos, temporales, acumulativos, residuales o perceptuales que pueden manifestarse sobre el sistema ambiental regional.

Asimismo, las conclusiones del diagnóstico ambiental se utilizan como base para reconocer que la sensibilidad del SAR no es homogénea. Las zonas urbanizadas, vialidades existentes y superficies previamente modificadas presentan menor sensibilidad relativa, mientras que los cuerpos de agua, humedales, vegetación costera, manglar, sitios de anidación, madrigueras de cangrejo azul, rutas de desplazamiento de fauna, playa, dunas remanentes y espacios de alta visibilidad paisajística requieren especial atención durante la valoración de impactos y la definición del alcance de las medidas de mitigación a proponer.

Para la *identificación de actividades impactantes y de los factores ambientales* susceptibles de afectación, se emplearon las siguientes técnicas:

- Revisión bibliográfica especializada para la identificación y evaluación de impactos, considerando como referencia metodológica diversos manuales de evaluación de impacto ambiental (Canter, 1998; Gómez Orea, 1999; Hegmann et al., 1999; Walker y Johnston, 1999; Espinoza, 2002; Milán, 2004), así como literatura especializada (revistas científicas, journals indexados, etc.).
- Recopilación de opiniones técnicas mediante reuniones con especialistas.
- Análisis de la información presentada en el Capítulo II, con el fin de identificar las actividades potencialmente generadoras de impactos en cada etapa del proyecto.
- Identificación de los factores ambientales susceptibles de afectación, con base en la caracterización del sistema ambiental descrita en el Capítulo IV.

Para la integración de la identificación de impactos, se elaboró una lista de chequeo, con base en las propuestas metodológicas de Espinoza (2002), el enfoque matricial por etapas de Canter (1998) y la información específica del proyecto. Esta herramienta permitió identificar de manera sistemática los factores ambientales afectados positiva o negativamente, así como descartar interacciones no significativas.

En cuanto a la valoración de impactos ambientales, se aplicaron las siguientes técnicas:

- Construcción de matrices de valoración de impactos, con base en la metodología de importancia de impactos modificada por Milán (1998), derivada de las matrices causa-efecto de Vicente Conesa (Espinoza, 2002).
- Evaluación mediante escenarios ambientales, con el propósito de analizar diferentes condiciones de comportamiento del sistema, utilizando una adaptación del método de totalización de impactos propuesto por Gómez Orea (1999).

Los escenarios considerados fueron:

1. Un escenario **sin proyecto**.
2. Un escenario **con proyecto sin** aplicación de **medidas de mitigación**.
3. Un escenario **con proyecto con** aplicación de **medidas de mitigación**.

Estos escenarios fueron evaluados para el sistema ambiental delimitado en el Capítulo IV, permitiendo comparar las distintas trayectorias de impacto.

Como resultado, se obtiene un panorama integral del comportamiento ambiental del proyecto bajo diferentes condiciones, lo que fortalece la formulación y diseño de medidas de mitigación. Finalmente, se realiza una nueva evaluación de los impactos considerando dichas medidas, lo que permite contar con un mayor grado de certidumbre respecto a la viabilidad ambiental del proyecto.

V.1. Identificación de impactos.

La identificación de impactos ambientales es un ejercicio que valora cómo el proyecto se integrará a su ambiente, de tal forma que el impacto ambiental de un proyecto se concreta en un valor que dimensiona la desviación de éste en su proceso de integración al ambiente.

Derivado de lo anteriormente señalado, la identificación de los componentes del proyecto fue concreta, para ello nos aseguramos de que los componentes identificados:

- Sean relevantes
- Sean excluyentes y no dependientes
- Sean objetivos,
- Sean mensurables,
- Sean ubicables espacialmente,
- Puedan presentarse en un momento en tiempo.

En adición a esto, la identificación de los factores del ambiente susceptibles de recibir impactos considera la caracterización y análisis del Sistema Ambiental que se presentó en el Capítulo IV.

V.1.1. Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales.

Como ya fue mencionado anteriormente, se hizo una revisión bibliográfica para la identificación y evaluación de los posibles impactos ambientales a generar por el presente proyecto, tomando como una importante referencia diversos manuales de evaluación de impacto ambiental (Canter, 1998; Gómez, 1999, Hegmann *et al.*, 1999; Walker y Johnston, 1999; Espinoza, 2002; Milán, 2004), así como revistas científicas especializadas.

Además de esto, se han realizado numerosas reuniones entre diferentes grupos de trabajo con el objetivo de involucrar de forma temprana a los proyectistas, representantes de la promovente, así como a especialistas en diferentes temas relacionados al proyecto y al entorno en el que se pretende su desarrollo. Esto, para lograr la identificación de posibles impactos ambientales, las medidas de prevención, mitigación y compensación aplicables, y las adecuaciones que se puedan hacer al proyecto para disminuir posibles impactos negativos en el Sistema Ambiental.

De manera complementaria, los impactos residuales y acumulativos se analizan en apartados específicos del presente capítulo, a partir de la interpretación integrada de los resultados obtenidos en la valoración general de impactos y en la comparación de escenarios ambientales. En primer término, la valoración del escenario con proyecto y medidas de mitigación permite identificar los impactos residuales, entendidos como aquellos efectos que permanecen aún después de considerar la aplicación de las medidas de prevención, mitigación, restauración, compensación o control ya previstas.

Posteriormente, los impactos acumulativos se analizan considerando la posible contribución incremental del proyecto sobre componentes sensibles del SAR previamente diagnosticados en el Capítulo IV, en relación con presiones ambientales y sociales preexistentes, procesos pasados, presentes o razonablemente previsibles de transformación territorial, y efectos residuales asociados con la construcción y operación del proyecto.

Bajo este enfoque, los impactos residuales permiten identificar los efectos persistentes atribuibles al proyecto, mientras que el análisis acumulativo permite interpretar si dichos efectos, sumados a las condiciones y presiones existentes en el SAR, pueden contribuir de manera relevante a procesos de deterioro, presión ambiental o modificación territorial.

A continuación, desarrollamos la identificación de impactos en sus diferentes unidades.

V.1.1.1 Identificación de actividades impactantes

A continuación se presentan las actividades identificadas como impactantes, resultantes de los procesos descritos anteriormente. Respecto a esto, es prudente mencionar que aun cuando en la práctica es posible que el proyecto se lleve a cabo en diferentes frentes de trabajo y en etapas que pueden ser consideradas como simultáneas, para fines de la aplicación de las metodologías de valoración de impacto ambiental se evaluaron las etapas de preparación de sitio, construcción, operación y mantenimiento como secuenciales y no como traslapadas en la línea de tiempo del proyecto.

Etapa de Preparación del Sitio

Dentro de esta etapa se consideran todas las actividades relativas a la preparación del área donde se llevará a cabo el proyecto Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz.:

- Contratación de Mano de Obra: se considera la contratación temporal de personal para las actividades de preparación de sitio.

- Delimitación de áreas de trabajo: incluye la ubicación de bancos de nivel y puntos de referencia, así como la delimitación de obra y localización de ejes del proyecto.

- Señalización y canalización temporal de tránsito vehicular y peatonal: colocación de señalética de seguridad vial, restricciones de paso, cierre de vías, etc.

- Despalme y desmonte del terreno: comprende el retiro de la capa superficial, de suelo vegetal, así como la vegetación secundaria que se encuentre en el área en la que se construirá la obra.

- Limpieza de obstrucciones y mobiliario urbano: implica el retiro de cualquier objeto o la demolición de banquetas, carpeta asfáltica, etc. presente en el área en la que se construirá la obra.

- Terracerías, compactación, trazo y nivelación: Consiste en marcar sobre el terreno las medidas y niveles que se han diseñado para el proyecto, para después intervenir el suelo hasta obtener el nivel definido.

- Movimiento de maquinaria y equipo: Implica el traslado y la utilización de maquinaria y equipo necesarios para las actividades del proyecto.

Ahora procederemos con la etapa de Construcción de la obra.

Etapa de Construcción

Los principales impactos asociados con la construcción del proyecto objeto de la presente Manifestación de Impacto Ambiental se relacionan con las actividades a

desarrollarse dentro del área del proyecto y con su interacción con los componentes sensibles del SAR. Entre estos componentes se consideran la desembocadura del río Jamapa, la franja litoral, la vegetación costera, la fauna silvestre, el paisaje, la movilidad local y los usos sociales, turísticos y recreativos del entorno. Las actividades constructivas consideradas para la evaluación se resumen del siguiente modo:

- Contratación de mano de obra: se considera esta actividad ya que la mano de obra a utilizar para la construcción provendrá, en su mayoría, del área en la que se desarrollará el proyecto.

- Compra y transporte de materiales de construcción e instalaciones temporales: Es la adquisición del material que será utilizado para la construcción de la obra civil, incluyendo aquel que provendrá de bancos de préstamo. También se incluye el acarreo de los materiales de construcción que se consideran para la obra.

- Almacenamiento de materiales de construcción: esta área será de tipo temporal y se utilizará para el almacenamiento de materiales de construcción.

- Encofrados para cimentación: incluye el vaciado de encofrado, perforaciones para cimentación, cimbrado para pilotaje, instalación de cabezales y desencofrado.

- Colocación de columnas y trabes: se refiere al habilitado de acero de zapatas, colado de las zapata, así como la integración de cabezales de soporte y el izado de las trabes.

- Tablestacado: involucra la preparación, el izado, hincado y colocación de tablestaca, así como el anclaje.

- Rellenos: En esta actividad se colocará material a fin de rellenar y dar estructura al tablaestacado.

- Construcción de pasos de fauna: mediante concreto, se construirán pasos de fauna tipo box culvert.

Etapa de Operación

Los principales impactos asociados a la etapa de operación estarán relacionados con las siguientes actividades:

- Tránsito terrestre: implica el paso seguro de vehículos a combustión, híbridos y eléctricos por la superficie de rodamiento.

- Tránsito peatonal: implica el paso seguro de transeúntes y mascotas por banquetas y pasos peatonales.

Etapa de Mantenimiento

Las principales actividades que podrían generar afectaciones durante el mantenimiento del proyecto "Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz" se relacionan con las siguientes actividades:

- Mantenimiento y reparación de instalaciones hidráulicas: esta actividad implica la inspección y mantenimiento preventivo y correctivo de las diferentes tuberías de transporte de fluidos, con especial atención en el transporte de diésel.

- Rehabilitación de pavimento, banquetas y pintura: se refiere al bacheo, relaminado y sustitución de pintura en superficies de rodamiento y guarniciones, así como a cualquier compostura de banquetas.

- Mantenimiento a instalaciones eléctricas: Implica las reparaciones que pudieran llegar a necesitar las instalaciones eléctricas, incluyendo la sustitución de luminarias.

Estas son las actividades de mantenimiento típicas de proyectos de infraestructura de esta naturaleza.

Etapa de abandono

Como se mencionó anteriormente en el Capítulo II, para este proyecto no se tomará en cuenta esta etapa, por lo que no se prevén actividades impactantes al respecto.

V.1.1.2 Identificación de factores ambientales

Como primera etapa del desarrollo de la identificación de factores ambientales que pudieran ser incididos para el proyecto, se toma como referencia en árbol genérico de factores ambientales presentado por Gómez Orea (1999) y modificado por los especialistas ambientales responsables de esta manifestación, del cual se extraen los siguientes factores ambientales considerados inicialmente y que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1 Lista inicial de componentes ambientales y factores ambientales

Factores y componentes ambientales	
Calidad del aire	Nivel de CO
	Nivel de NOx

Factores y componentes ambientales	
	Nivel de SOx
	Nivel de HC
	Nivel de otros contaminantes
	Confort sonoro diurno
	Confort sonoro nocturno
	Calidad perceptible del aire
	Polvos, humos, partículas en suspensión
	Olores
	Nivel de oxidantes fotoquímicos
	Incendios
Clima	Régimen térmico
	Régimen pluviométrico
	Régimen de vientos
	Régimen de radiación solar
	Índices de aptitud climática
	Microclimas
	Insolación
	Humedad relativa
	Frecuencia de nieblas
Suelo	Relieve y carácter topográfico
	Recursos minerales
	Recursos culturales
	Contaminación de suelo y subsuelo
	Clases de suelo

Factores y componentes ambientales	
	Capacidad agrológica del suelo
	Salinización
	Drenaje superficial
	Erosión
	Estabilidad de laderas
	Compactación y asiento
Aguas continentales	Cantidad del recurso agua
	Régimen hídrico
	Calidad físico-química
	Calidad biológica
	Distribución en el terreno
	Temperatura
	Áreas de recarga
	Dinámica de cauces
	Salinización
	Transporte de sólidos
	Eutrofización
	Recarga de acuíferos
	Inundaciones
	Sedimentación
Medio marino y costero	Topografía del fondo marino
	Naturaleza del fondo marino
	Intercambio de agua marina y continental
	Corrientes

Factores y componentes ambientales	
	Régimen térmico
	Transparencia
	Calidad físico-química del agua
	Calidad de la arena
	Calidad perceptible del agua
	Dinámica litoral
Vegetación	Especies vegetales protegidas
	Vegetación natural de alto valor
	Vegetación natural de medio valor
	Vegetación natural de bajo valor
	Praderas de pastizales
	Cultivos
	Ecosistemas especiales
Fauna	Especie faunísticas protegidas
	Especies y poblaciones en general
	Corredores
	Puntos de paso o rutas migratorias
	Hábitats faunísticos
	Cadenas alimenticias
	Ciclos de reproducción
	Movilidad de especies
	Pautas de comportamiento
Medio perceptual	Morfología del territorio
	Vegetación

Factores y componentes ambientales	
	Agua
	Color
	Fondo escénico
	Rareza
	Actuaciones humanas
Población	Movimientos migratorios
	Estructura poblacional
	Población ocupada por actividad
	Empleo
	Características culturales
	Estilo de vida
	Interacciones sociales
	Aceptabilidad social del proyecto
	Salud y seguridad
	Tradiciones
	Régimen de propiedad
	Densidad poblacional
Economía	Renta per cápita
	Valor del suelo
	Indemnizaciones
	Presión fiscal
	Actividades económicas afectadas
	Actividades económicas inducidas
	Áreas de mercado

Factores y componentes ambientales	
Infraestructura	Infraestructura de transporte
	Infraestructura hidráulica (abastecimiento)
	Saneamiento y depuración
	Infraestructura energética
	Infraestructura de comunicaciones
Equipamiento y servicios	Equipamiento deportivo y recreo
	Equipamiento turístico
	Servicios oficiales
	Transporte público
	Vivienda
	Equipamiento sanitarios
	Equipamiento comercial
	Enseñanza
	Equipamiento religioso
	Distribución asentamientos poblacionales
	Estructura urbana
	Planeación urbanística

Como resultado de la identificación inicial mediante las opiniones técnicas de diferentes especialistas, así como una extensa revisión bibliográfica sobre los posibles impactos ambientales asociados a las actividades sujetas a evaluación, se llegó a la siguiente lista de 102 factores ambientales a evaluar para el Sistema Ambiental del proyecto, a los cuáles se agrega una clave de identificación para su uso en etapas posteriores:

Tabla 2 Lista de componentes y factores ambientales identificados para el proyecto

Factores y componentes ambientales		Clave
Calidad del aire	Nivel de CO	A1
	Nivel de NOx	A2
	Nivel de SOx	A3
	Nivel de HC	A4
	Nivel de otros contaminantes	A5
	Confort sonoro diurno	A6
	Confort sonoro nocturno	A7
	Calidad perceptible del aire	A8
	Polvos, humos, partículas en suspensión	A9
Clima	Régimen térmico	A10
	Régimen pluviométrico	A11
	Régimen de vientos	A12
	Régimen de radiación solar	A13
	Microclimas	A14
	Insolación	A15
	Humedad relativa	A16
Suelo	Relieve y carácter topográfico	A17
	Recursos minerales	A18
	Contaminación de suelo y subsuelo	A19
	Clases de suelo	A20
	Drenaje superficial	A21
	Erosión	A22
	Estabilidad de laderas	A23
	Compactación y asiento	A24

Factores y componentes ambientales		Clave
Aguas continentales	Cantidad del recurso agua	A25
	Régimen hídrico	A26
	Calidad físico-química	A27
	Calidad biológica	A28
	Temperatura	A29
	Dinámica de cauces	A30
	Salinización	A31
	Transporte de sólidos	A32
	Eutrofización	A33
	Tasa de acreción – erosión	A34
	Sedimentación o formación de bancos	A35
Medio marino y costero	Topografía del fondo marino	A36
	Naturaleza del fondo marino	A37
	Intercambio de agua marina y continental	A38
	Corrientes	A39
	Régimen térmico	A40
	Transparencia	A41
	Calidad físico-química del agua	A42
	Calidad de la arena	A43
	Calidad perceptible del agua	A44
	Dinámica litoral	A45
Vegetación	Especies vegetales protegidas	A46
	Vegetación natural de alto valor	A47
	Vegetación natural de medio valor	A48

Factores y componentes ambientales		Clave
	Vegetación natural de bajo valor	A49
	Praderas de pastizales	A50
	Cultivos	A51
	Ecosistemas especiales	A52
Fauna	Especie faunísticas protegidas	A53
	Especies y poblaciones en general	A54
	Corredores ecológicos	A55
	Puntos de paso o rutas migratorias	A56
	Hábitats faunísticos	A57
	Cadenas alimenticias	A58
	Ciclos de reproducción	A59
Medio perceptual	Morfología del territorio	A60
	Vegetación	A61
	Agua	A62
	Color	A63
	Fondo escénico	A64
	Rareza	A65
	Actuaciones humanas	A66
Población	Movimientos migratorios	A67
	Estructura poblacional	A68
	Población ocupada por actividad	A69
	Empleo	A70
	Características culturales	A71
	Estilo de vida	A72

Factores y componentes ambientales		Clave
	Interacciones sociales	A73
	Aceptabilidad social del proyecto	A74
	Salud y seguridad	A75
	Tradiciones	A76
	Régimen de propiedad	A77
	Densidad poblacional	A78
Economía	Renta per cápita	A79
	Valor del suelo	A80
	Indemnizaciones	A81
	Presión fiscal	A82
	Actividades económicas afectadas	A83
	Actividades económicas inducidas	A84
	Áreas de mercado	A85
Infraestructura	Infraestructura de transporte	A86
	Infraestructura de manejo de residuos	A87
	Saneamiento y depuración	A88
	Infraestructura energética	A89
	Infraestructura de comunicaciones	A90
Equipamiento y servicios	Equipamiento deportivo y recreo	A91
	Equipamiento turístico	A92
	Servicios oficiales	A93
	Transporte público	A94
	Vivienda	A95
	Equipamiento sanitario	A96

Factores y componentes ambientales		Clave
	Equipamiento comercial	A97
	Enseñanza	A98
	Equipamiento religioso	A99
	Distribución asentamientos poblacionales	A100
	Estructura urbana	A101
	Planeación urbanística	A102

V.1.1.3 Identificación de Escenarios de Impacto

La definición de los escenarios de valoración se fundamenta en el análisis del comportamiento del Sistema Ambiental, considerando, por un lado, los factores ambientales susceptibles de afectación por las actividades identificadas y, por otro, la dinámica del sistema ante la ejecución del proyecto, tanto en ausencia como en presencia de medidas de mitigación. Con base en este enfoque, se establecieron los siguientes escenarios de evaluación:

Escenario sin proyecto

Este escenario consiste en analizar la evolución de los factores ambientales susceptibles de afectación en ausencia de las actividades del proyecto, es decir, sin considerar la interacción entre dichas actividades y el sistema ambiental. Su propósito es estimar el comportamiento tendencial de los componentes ambientales a lo largo del tiempo, como una proyección de su condición futura bajo un contexto sin intervención. Esta evaluación se realiza conforme al enfoque de situación tendencial "sin proyecto" propuesto por Gómez Orea (1999), tomando como referencia la línea base descrita en el Capítulo 4.

Escenario con proyecto sin medidas de mitigación

Este escenario tiene un carácter teórico o virtual, ya que no representa una condición operativa real, sino una herramienta metodológica para evaluar la magnitud de

los impactos en ausencia de medidas de mitigación. Su principal objetivo es calibrar el método de evaluación y estimar la importancia de las afectaciones potenciales que se generarían si no se implementaran acciones de control ambiental.

Escenario con proyecto con medidas de mitigación

Este escenario representa la condición real o más probable, en la que se consideran tanto las actividades del proyecto "Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz", como la aplicación de las medidas de prevención, mitigación y control ambiental propuestas. En este contexto, se evalúan los impactos resultantes sobre los factores ambientales, incorporando los efectos de dichas medidas.

La integración de estos escenarios permite realizar una totalización de impactos y establecer comparaciones entre las distintas condiciones analizadas, con el fin de obtener una valoración del impacto neto del proyecto (Gómez Orea, 1999), proporcionando así una base sólida para la toma de decisiones en materia ambiental.

V.2. Lista de control y criterios de valoración.

Una vez realizada la fase de identificación de actividades impactantes y factores ambientales susceptibles de impacto, se procede a la elaboración de una lista de chequeo previa a la metodología de evaluación. La elaboración de las listas de chequeo consiste en hacer una evaluación unidimensional y estandarizada en la que se describen todas las acciones o actividades que se realicen en el proyecto, así como todo cambio en las características ambientales que pueda resultar afectado con la aplicación del proyecto; por lo que es necesario conocer bien los componentes del medio ambiente (Gómez, 1999).

V.2.1 Lista de control.

El propósito de las listas de control (checklists) es sistematizar la identificación de impactos ambientales y presentar, de manera clara y concisa, los efectos generados por el proyecto en sus distintas etapas. Generalmente, este análisis se realiza mediante una valoración cualitativa, basada en la revisión de las interacciones entre las acciones impactantes y los factores ambientales susceptibles de afectación.

Como parte de la adaptación metodológica, la matriz puede incorporar simbología específica que permita distinguir, desde esta etapa, entre impactos positivos y negativos. En este sentido, el diseño adoptado se fundamenta en las propuestas de listas de control de Espinoza (2002) y en el concepto de matriz por etapas desarrollado por Canter (1998).

Con el fin de facilitar el análisis y la interpretación de resultados, se emplea un sistema de claves alfanuméricas, aplicadas tanto a las actividades del proyecto como a los factores ambientales evaluados, lo que permite una mayor operatividad y manejo de las matrices de valoración.

A continuación, se presentan las claves correspondientes a las acciones impactantes en la Tabla siguiente, considerando que las claves asociadas a los factores ambientales fueron previamente definidas durante la elaboración de las listas correspondientes.

Tabla 3 Actividades Impactantes Identificadas

Actividad o acción impactante	Clave
Etapa de Preparación del sitio	
Contratación de mano de obra	**P1**
Delimitación de áreas de trabajo	**P2**
Señalización y canalización temporal de tránsito vehicular y peatonal	**P3**
Despalme y desmonte del terreno	**P4**

Actividad o acción impactante	Clave
Limpieza de obstrucciones y mobiliario urbano	**P5**
Terracerías, compactación, trazo y nivelación	**P6**
Movimiento de maquinaria y equipo	**P7**
Etapa de Construcción	
Contratación de mano de obra	**C1**
Compra y transporte de materiales de construcción e instalaciones temporales	**C2**
Almacenamiento de materiales de construcción	**C3**
Encofrados para cimentación	**C4**
Colocación de columnas y trabes	**C5**
Tablaestacado	**C6**
Rellenos	**C7**
Construcción de pasos de fauna	**C8**
Etapa de Operación y Mantenimiento	
Tránsito terrestre	**OM1**
Tránsito peatonal	**OM2**
Mantenimiento y reparación de instalaciones hidráulicas	**OM3**
Rehabilitación de pavimento, banquetas y pintura	**OM4**
Mantenimiento a instalaciones eléctricas	**OM5**

A continuación se muestra la matriz de lista de chequeo resumida para el proyecto. Para la esquematización clara de los impactos se llevó a cabo una distinción entre impactos negativos y positivos con valores de -1 y +1 respectivamente, de igual forma para la rápida

identificación se les agregó un indicador visual de rojo para negativos y verde para positivos, esto únicamente ayudará a una rápida identificación y análisis de la matriz de chequeo. A continuación se muestra el resumen de la matriz de chequeo (la matriz completa se presenta como **Anexo 08 - Matrices de Chequeo**).

MATRÍZ DE CHEQUEO CORREDOR ESCÉNICO EN BOCA DEL RÍO, VERACRUZ

			Actividades Impactantes																						
			Preparación del Sitio							Construcción								Operación y Mantto					# de impactos	I. positivos	I. negativos
		Aspectos ambientales impactados	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	OM1	OM2	OM3	OM4	OM5			
Factores Ambientales Potencialmente Afectados	Calidad del Aire	A1		-1					-1		-1										-1		4	0	4
		A2		-1					-1		-1										-1		4	0	4
		A3		-1					-1		-1										-1		4	0	4
		A4		-1					-1		-1										-1		4	0	4
		A6			-1		-1		-1		-1							-1			-1		6	0	6
		A7																-1					1	0	1
		A8				-1		-1															2	0	2
		A9		-1		-1	-1	-1	-1		-1	-1									-1		8	0	8
	Suelo	A17				-1		-1															2	0	2
		A18									-1												1	0	1
		A19	-1							-1		-1							-1				4	0	4
		A21				-1		-1									-1						3	0	3
		A22				-1		-1															2	0	2
		A24						-1						-1									2	0	2
	Aguas	A27	-1					-1		-1										1			4	1	3
		A28	-1							-1										1			3	1	2
		A32						-1											-1	1			3	1	2
		A33	-1							-1													2	0	2
	Medio Ve Fauna	A36											-1		-1	-1							3	0	3
		A42	-1							-1			-1		-1	-1			-1	1			7	1	6
		A43	-1							-1									-1	1			4	1	3
		A44											-1		-1	-1							3	0	3
		A49				-1																	1	0	1
		A54	-1			-1				-1							1		-1				5	1	4
		A55															1						1	1	0
		A56				-1											1						2	1	1
	Medio	A60		-1		-1		-1															3	0	3
		A61				-1																	1	0	1
		A62											-1	-1	-1	-1					1		5	1	4
		A64												-1							1		2	1	1
		A66					-1														1		2	1	1
	Población Ec Infrae	A69	1	1						1													3	3	0
		A70	1	1						1													3	3	0
		A72			-1													1			1		3	2	1
		A74			-1													1			1		3	2	1
		A84		1					1		1									1	1	1	6	6	0
		A86			-1		-1		-1		-1							1			1		6	2	4
		A87					-1													-1		-1	3	0	3
		A92																1			1	1	3	3	0
		A94			-1													1					2	1	1
		A101																1					1	1	0
		A102																1					1	1	0
afectados por			9	9	5	10	5	9	8	9	9	2	4	3	4	4	4	9	5	7	14	3	132		
F. positivos			2	3	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	3	7	0	6	8	2		35	
F. negativos			7	6	5	10	5	9	7	7	8	2	4	3	4	4	1	2	5	1	6	1			97

Derivado de esto, se puede afirmar que para el Sistema Ambiental se contará con un total de 132 cruces de valoración de impacto, de los cuales 35 serán considerados positivos y 97 serán considerados como impactos negativos. Además, el escenario sin

proyecto involucra la valoración de tendencia de 42 factores, lo que dan un gran total de 174 cruces de impacto evaluados.

V.2.2 Criterios de valoración de importancia

Una vez identificadas las actividades impactantes y los factores del medio que serán impactados, se procedió al llenado de las matrices de importancia la cual nos permitirá tener una valoración cuantitativa, dimensionando el grado de impacto que se desarrollará en cada una de las actividades del proyecto "Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz".

Esta valoración se realizó a partir de la matriz resultante del proceso de lista de chequeo, donde se determinará la importancia de cada impacto, haciendo la valoración bajo los criterios previstos. Como resultado se tiene una medida del grado de manifestación cuantitativa de los impactos, que queda reflejado en el efecto que definimos como importancia de impacto.

Los elementos tipo, o casillas de valoración cruzados de la matriz, están ocupados por valores correspondientes a once símbolos, siguiendo un orden espacial en la matriz. Los criterios de importancia utilizados posteriormente se basan en los propuestos por Vicente Conesa y modificados por José Antonio Milán (Espinoza, 2002), y se describen en la Tabla siguiente:

Tabla 4 Descripción de los criterios de evaluación de la importancia para los impactos ambientales

+/-	Positivo/Negativo	El signo del impacto hace alusión al carácter, si este es beneficioso o perjudicial, de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.
EX	Extensión	Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto.

PE	Persistencia	Se refiere al tiempo, que supuestamente, permanece el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retorna a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales o mediante la introducción de medidas de mitigación. Este es independiente a la reversibilidad.
SI	Sinergia	Este atributo implica el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente.
EF	Efecto	Se refiere a la relación causa – efecto, o dicho de otra manera a la forma de manifiesto del efecto sobre un factos, como consecuencia de una acción.
MC	Recuperabilidad	Es la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana.
I	Intensidad	Es el grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico que actúa.
MO	Momento	Es el plazo de manifestación del impacto, cuando alude al tiempo en que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto.
RV	Reversibilidad	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales, previas a la acción, por medios naturales.
AC	Acumulación	Este nos da la idea el incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continua o reiterada la acción que lo genera.
PR	Periodicidad	Es la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente, de forma impredecible en el tiempo o constante en el tiempo (efecto continuo).

Integración de los criterios de evaluación.

La importancia del impacto viene dada por un número que se deduce mediante el modelo de valoración de cada uno de los criterios, y su determinación se realiza por medio de la siguiente ecuación (UCA, 2005):

$$\boldsymbol{I} = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

Los valores para cada uno de estos criterios antes mencionados se muestran en la Tabla siguiente:

Tabla 5 Magnitudes de los criterios de valoración para la importancia

Naturaleza o Signo	
Impacto beneficioso	(+)
Impacto perjudicial	(-)
Intensidad (I), grado de destrucción	
Baja	1
Media	2
Alta	4
Muy alta	8
Total	12
Extensión (EX), área de influencia	
Puntual	1
Parcial	2
Extenso	4
Total	8
Crítica	(+4)
Momento (MO), plazo de manifestación	
Largo plazo	1
Mediano plazo	2
Inmediato	4
Crítico	(+4)
Persistencia (PE), persistencia del efecto	
Fugaz	1
Temporal	2
Permanente	4
Reversibilidad (RV)	
Corto plazo	1
Mediano plazo	2
Irreversible	4
Sinergia (SI), regularidad de la manifestación	
Sin sinergismo (simple)	1
Sinérgico	2
Permanente	4
Acumulación (AC), incremento progresivo	
Simple	1
Acumulado	4
Efecto (EF), relación causa - efecto	
Indirecto (secundario)	1
Directo	4
Periodicidad (PR), regularidad de la manifestación	
Irregular o discontinuo	1
Periódico	2
Continuo	4
Recuperabilidad (MC), reconstrucción por medios humanos	
Recuperable de manera inmediata	1
Recuperable a mediano plazo	2
Mitigable	4
Irrecuperable	8

Una vez que sentamos las bases metodológicas, procederemos al tema medular de este Capítulo, la valoración de impactos ambientales significativos.

V.3. Valoración de los impactos.

Con la finalidad de lograr una mejor visualización gráfica de los cruces de impactos del presente proyecto, se decidió categorizar la importancia de impactos de acuerdo al valor obtenido en cada cruce de acuerdo a la Tabla siguiente:

Impactos Negativos	
Irrelevantes	Inferiores a 25
Moderados	25 – 50
Severos	50 – 75
Críticos	Superiores a 75
Impactos Positivos	
Irrelevantes	Inferiores a 25
Moderados	25 – 50
Severos	50 – 75
Críticos	Superiores a 75

Figura 1 Parámetros de categorización para los impactos generados por las actividades del proyecto.

a) Fuente: Elaboración propia.

La selección de colores considerada obedece a la identificación rápida de las categoría de impactos que tendrá cada actividad. Conviene aclarar que, para el caso de los impactos positivos, no se busca distinción entre categorías porque se considera que un impacto, al ser positivo y sea cual sea su índice de valoración, resulta benéfico para el entorno que rodea al proyecto.

Como ya ha sido comentado en este Capítulo, el análisis y valoración de los impactos se llevó a cabo mediante la metodología de valoración de escenarios impactantes, con el objetivo de tener distintas panorámicas de comportamiento para el área mediante una adaptación de la totalización de impactos sugerida por Gómez Orea (1999).

Los escenarios de valoración elegidos son los siguientes: un primer escenario *sin proyecto*; un segundo escenario drástico *con proyecto, pero sin la aplicación de las medidas de mitigación* correspondientes; un tercer escenario *con proyecto pero con la aplicación de las medidas de mitigación* correspondientes. Estos tres escenarios fueron evaluados, inicialmente, con la perspectiva regional, es decir, tomando en cuenta los factores ambientales generales para el Sistema Ambiental. Esta metodología resulta adecuada para el proyecto, toda vez que permite cuantificar las afectaciones positivas y negativas de cada actividad, contrastando la valoración con las características bióticas, abióticas y socioeconómicas presentes en la zona, a la par de contrastar escenarios hipotéticos que nos permiten calibrar la valoración de impactos con la aplicación de las medidas de mitigación identificadas para cada cruce de impactos.

V.3.1 Valoración de importancia de impactos – Escenarios Sin proyecto

Como se mencionó anteriormente, la valoración de este escenario se llevó a cabo únicamente con los factores ambientales identificados como presentes en el área y que probablemente serán impactados de acuerdo con la aplicación de la lista de control. La razón de esto es poder evaluar cómo se comportarán a futuro éstos factores dentro del Sistema Ambiental, pero sin tomar en cuenta las acciones para el desarrollo del "Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz", sino tomando como base el diagnóstico presentado en el Capítulo IV.

Los resultados de dicha valoración se muestran en la Tabla siguiente:

Tabla 6 Valoración Sin Proyecto

Valoración del SA - Sin Proyecto												
Código	***Carácter***	***Intensidad***	***Extensión***	***Momento***	***Persistencia***	***Reversibilidad***	***Sinergia***	***Acumulación***	***Efecto***	***Periodicidad***	***Recuperabilidad***	***Valoración de impacto***
A1	-1	1	2	2	4	2	1	4	1	4	2	-27
A2	-1	1	2	2	4	2	1	4	1	4	2	-27

A3	-1	2	2	2	4	2	1	4	1	4	2	-30
A4	-1	1	2	2	4	2	1	4	1	4	2	-27
A6	-1	1	2	2	4	2	1	4	1	4	2	-27
A7	-1	1	2	2	4	2	1	4	1	4	2	-27
A8	-1	1	2	2	4	2	1	4	1	4	2	-27
A9	-1	1	2	2	4	2	1	4	1	4	2	-27
A17	-1	4	4	2	2	2	1	4	4	1	2	-38
A18	-1	1	1	2	2	2	1	4	4	1	2	-23
A19	-1	4	2	2	2	2	1	4	1	1	2	-31
A21	-1	4	2	2	2	2	1	4	1	1	2	-31
A22	-1	4	2	2	2	2	1	4	1	1	2	-31
A24	-1	4	2	2	2	2	1	4	1	1	2	-31
A27	-1	4	4	2	2	2	1	4	4	2	2	-39
A28	-1	4	4	2	2	2	1	4	4	2	2	-39
A32	-1	4	4	2	2	2	1	4	4	2	2	-39
A33	-1	4	4	2	2	2	1	4	4	2	2	-39
A36	-1	4	2	2	2	2	1	4	4	2	2	-35
A42	-1	4	4	2	2	2	1	4	4	2	2	-39
A43	-1	4	4	2	2	2	1	4	4	2	2	-39
A44	-1	4	4	2	2	2	1	4	4	2	2	-39
A49	-1	2	2	2	2	2	1	4	4	2	2	-29
A54	-1	2	2	2	2	2	1	4	4	2	2	-29
A55	-1	2	2	2	2	2	1	4	4	2	2	-29
A56	-1	2	2	2	2	2	1	4	4	2	2	-29
A60	-1	4	4	2	4	2	1	4	4	1	2	-40
A61	-1	4	4	2	4	2	1	4	4	1	2	-40
A62	-1	4	4	2	4	2	1	4	4	1	2	-40
A64	-1	4	4	2	4	2	1	4	4	1	2	-40
A66	-1	4	4	2	4	2	1	4	4	1	2	-40
A69	-1	4	4	2	2	2	2	4	1	2	2	-37
A70	-1	4	4	2	2	2	2	4	1	2	2	-37
A72	-1	4	4	2	2	2	2	4	1	2	2	-37
A74	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13
A84	-1	4	4	2	2	2	2	4	1	2	2	-37
A86	-1	4	4	2	2	2	2	4	1	2	2	-37
A87	-1	4	4	2	2	2	2	4	1	2	2	-37
A92	-1	4	4	2	2	2	2	4	1	2	2	-37
A94	-1	4	4	2	2	2	2	4	1	2	2	-37
A101	-1	2	4	2	2	2	2	4	1	2	2	-31
A102	-1	2	4	2	2	2	2	4	1	2	2	-31
Total impactos negativos						**-1386**	Valor limite					-13
Total actividades negativas						**41**	Promedio					-33.80488

A partir de los resultados presentados en la tabla anterior, de continuar con las dinámicas y actividades que confluyen al Sistema Ambiental analizado, la continuidad de una tendencia negativa en la calidad ambiental para 41 de los 42 factores ambientales evaluados. El promedio de valoración obtenida para la calidad ambiental del Sistema Ambiental es de aproximadamente -33, con valores negativos que no superan los -40, con especial atención en los componentes Medio Perceptual, Población y Economía.

Esto tiene que ver con un alto desarrollo de infraestructura en la región, la presencia de una alta proporción de población dependiente de aquella económicamente activa, una alta probabilidad de presencia de empleo informal y bajas oportunidades de empleo formal en la zona, así como el medio percertual que ya ha sido impactado previamente por actuaciones humanas. Debe mencionarse, sin embargo, que la valoración promedio de tendencia de deterioro de -33.80 se encuentra en un rango considerado como *moderado*.

V.3.2 Valoración de importancia de impactos – Escenarios Con Proyecto – Sin Medidas de Mitigación

El escenario más drástico que puede tener el proyecto es uno en el cual se lleven a cabo todas las actividades programadas en cada una de las etapas descritas anteriormente, pero sin ningún control o monitoreo en relación a los factores ambientales que serán afectados por dichas actividades. Los resultados de la valoración de este escenario se presentan a continuación:

Tabla 7 Resultados de Valoración Con Proyecto-Sin Medidas de Mitigación, Etapa de Preparación del Sitio

Valoración - Con Proyecto, Sin Medidas de Mitigación												
Etapa de preparación del sitio												
Código	Carácter	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Sinergia	Acumulación	Efecto	Periodicidad	Recuperabilidad	Valoración de impacto
P1A19	-1	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-25
P1A27	-1	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-25
P1A28	-1	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-25
P1A32	-1	2	1	4	2	2	1	2	4	1	2	-26
P1A33	-1	2	1	4	2	2	1	2	4	1	2	-26
P1A43	-1	2	1	4	2	2	1	2	4	1	2	-26
P1A54	-1	4	1	4	1	1	1	1	4	1	2	-29
P1A69	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
P1A70	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
P2A1	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22
P2A2	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22
P2A3	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22
P2A4	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22
P2A9	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22
P2A60	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	4	-19
P2A69	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
P2A70	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
P2A84	1	4	1	4	2	1	1	4	1	1	1	29
P3A6	-1	2	1	4	1	1	1	4	1	1	1	-22
P3A72	-1	2	1	4	1	1	1	4	1	1	1	-22
P3A74	-1	2	1	4	1	1	1	4	1	1	1	-22
P3A86	-1	2	1	4	1	1	1	4	1	1	1	-22
P3A94	-1	2	1	4	1	1	1	4	1	1	1	-22
P4A8	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22
P4A9	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22
P4A17	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	4	-19
P4A21	-1	4	2	4	2	1	1	1	4	1	1	-31
P4A22	-1	4	2	4	2	1	1	1	4	1	1	-31
P4A49	-1	2	1	4	2	2	1	2	4	1	2	-26
P4A54	-1	4	1	4	1	1	1	1	4	1	2	-29
P4A56	-1	4	1	4	1	1	1	1	4	1	2	-29
P4A60	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	4	-19

P4A61	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	4	-19
P5A6	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22
P5A9	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22
P5A66	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	4	-19
P5A86	-1	2	2	4	2	2	1	4	4	1	2	-30
P5A87	-1	2	2	4	2	2	1	4	4	1	2	-30
P6A8	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22
P6A9	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22
P6A17	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	4	-19
P6A21	-1	4	2	4	2	1	1	1	4	1	1	-31
P6A22	-1	4	2	4	2	1	1	1	4	1	1	-31
P6A24	-1	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-25
P6A27	-1	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-25
P6A32	-1	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-25
P6A60	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	4	-19
P7A1	-1	4	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-28
P7A2	-1	4	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-28
P7A3	-1	4	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-28
P7A4	-1	4	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-28
P7A6	-1	4	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-28
P7A9	-1	4	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-28
P7A84	1	4	1	4	2	1	1	4	1	1	1	29
P7A86	-1	2	2	4	2	2	1	4	4	1	2	-30
Valoración total Etapa de preparación del sitio												
Total impactos negativos						-1208	Valor limite					-13
Total actividades negativas						49	Promedio					-25
Total impactos positivos						182	Valor limite					13
Total actividades positivas						6	Promedio					30

Tabla 8 Resultados de valoración con proyecto-sin medidas de mitigación, etapa de construcción

Valoración - Con Proyecto, Sin Medidas de Mitigación												
Etapa de construcción												
Código	Carácter	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Sinergia	Acumulación	Efecto	Periodicidad	Recuperabilidad	Valoración de impacto
C1A19	-1	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-25
C1A27	-1	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-25

C1A28	-1	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-25
C1A33	-1	2	1	4	2	2	1	2	4	1	2	-26
C1A42	-1	2	1	4	2	2	1	2	4	1	2	-26
C1A43	-1	2	1	4	2	2	1	2	4	1	2	-26
C1A54	-1	4	1	4	1	1	1	1	4	1	2	-29
C1A69	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
C1A70	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
C2A1	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22
C2A2	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22
C2A3	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22
C2A4	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22
C2A6	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22
C2A9	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22
C2A18	-1	4	2	4	4	2	1	1	4	1	2	-35
C2A84	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
C2A86	-1	2	2	4	2	2	1	4	4	1	2	-30
C3A9	-1	4	2	2	2	1	1	1	1	1	1	-26
C3A19	-1	4	2	2	2	1	1	1	1	1	1	-26
C4A36	-1	4	2	4	4	2	1	1	4	1	2	-35
C4A42	-1	4	2	4	2	2	1	1	4	1	2	-33
C4A44	-1	4	2	4	2	2	1	1	4	1	2	-33
C4A62	-1	4	2	4	2	2	1	1	4	1	2	-33
C5A24	-1	4	2	4	4	2	1	1	4	1	4	-37
C5A62	-1	2	1	4	1	1	1	1	1	1	4	-22
C5A64	-1	2	1	4	1	1	1	1	1	1	4	-22
C6A36	-1	4	2	4	4	2	1	1	4	1	2	-35
C6A42	-1	4	2	4	2	2	1	1	4	1	2	-33
C6A44	-1	4	2	4	2	2	1	1	4	1	2	-33
C6A62	-1	4	2	4	2	2	1	1	4	1	2	-33
C7A36	-1	4	2	4	4	2	1	1	4	1	2	-35
C7A42	-1	4	2	4	2	2	1	1	4	1	2	-33
C7A44	-1	4	2	4	2	2	1	1	4	1	2	-33
C7A62	-1	4	2	4	2	2	1	1	4	1	2	-33
C8A21	-1	2	1	4	1	2	1	1	4	1	2	-24
C8A54	1	2	1	4	1	1	1	1	4	1	2	23
C8A55	1	2	1	4	1	1	1	1	4	1	2	23
C8A56	1	2	1	4	1	1	1	1	4	1	2	23

Valoración total Etapa de construcción			
Total impactos negativos	**-938**	**Valor limite**	-13
Total actividades negativas	**33**	**Promedio**	-28
Total impactos positivos	**162**	**Valor limite**	13
Total actividades positivas	**6**	**Promedio**	27

Tabla 9 Resultados de valoración con proyecto-sin medidas de mitigación, etapa de operación y mantenimiento

Valoración - Con Proyecto, Sin Medidas de Mitigación												
Etapa de operación												
Código	Carácter	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Sinergia	Acumulación	Efecto	Periodicidad	Recuperabilidad	Valoración de impacto
OM1A6	-1	1	1	4	4	1	1	1	4	4	2	-24
OM1A7	-1	1	1	4	4	1	1	1	4	4	2	-26
OM1A72	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
OM1A74	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
OM1A86	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
OM1A92	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
OM1A94	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
OM1A101	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
OM1A101	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
OM1A102	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
OM2A19	-1	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-25
OM2A32	-1	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-25
OM2A42	-1	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-25
OM2A43	-1	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-25
OM2A54	-1	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-25
OM3A27	1	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	25
OM3A28	1	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	25
OM3A32	1	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	25
OM3A42	1	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	25
OM3A43	1	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	25
OM3A84	1	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	25
OM3A87	-1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	-18
OM4A1	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22
OM4A2	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22
OM4A3	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22
OM4A4	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22
OM4A6	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22
OM4A9	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22
OM4A62	1	2	2	4	2	1	1	4	1	1	1	25
OM4A64	1	2	2	4	2	1	1	4	1	1	1	25

OM4A66	1	2	2	4	2	1	1	4	1	1	1	25
OM4A72	1	2	2	4	2	1	1	4	1	1	1	25
OM4A74	1	2	2	4	2	1	1	4	1	1	1	25
OM4A84	1	2	2	4	2	1	1	4	1	1	1	25
OM4A86	1	2	2	4	2	1	1	4	1	1	1	25
OM4A92	1	2	2	4	2	1	1	4	1	1	1	25
OM5A84	1	2	2	4	2	1	1	4	1	1	1	25
OM5A87	-1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	-18
OM5A92	1	2	2	4	2	1	1	4	1	1	1	25

Valoración total Etapa de operación			
Total impactos negativos	-343	Valor limite	-13
Total actividades negativas	15	Promedio	-23
Total impactos positivos	648	Valor limite	13
Total actividades positivas	24	Promedio	27

Es necesario recalcar, en primer lugar, que aunque en el Sistema Ambiental se encontraron diferentes especies de flora y fauna (incluso varias enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010), estas no son afectadas debido al tipo de actividades que conlleva la etapa de preparación de sitio y la de construcción, así como por el propio trazo del proyecto.

Para la etapa de preparación de sitio dentro del Sistema Ambiental, se obtuvo una valoración promedio de -25 para los impactos negativos. Por las características propias de las obras y actividades proyectadas, se estima que la mayoría de impactos negativos proviene de las comunes a cualquier obra de infraestructura, como la remoción de suelo y vegetación, así como por el cierre parcial de vialidades. Esta situación puede provocar, de igual manera, que el proyecto no reciba una aceptación social positiva en esta etapa. Sin embargo, se prevé que esto sea un asunto de percepción temporal.

La etapa de construcción obtuvo una valoración promedio de -28 y, de ésta, el movimiento de maquinaria, de suelo y materiales, así como el encofrado y tablaestacado, presentan valores de entre -33 y -37, mientras que en general el resto de las actividades presentan valores más bajos. Es importante tomar en consideración que la zona cuenta con especies de fauna acuática / marina de significancia para la conservación y que, sin duda, pudieran ser afectados si no se toman las medidas necesarias para prevenirlo.

En cuanto a la operación y mantenimiento del proyecto, el promedio de valoración es de -23, por lo que inferimos que es la etapa con el menor número de cruces de impacto negativos, además de una proporción mayor de impactos positivos debido a los beneficios de operación del proyecto. También así, algunos de los impactos sociales negativos identificados, como la molestia y aceptación social del proyecto, concluyen en cuanto inicia la operación del "Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz".

V.3.3 Valoración de importancia de impactos: Escenario de Proyecto - Con Medidas de Mitigación

Con base en las matrices del punto V.3.2 del presente documento, la valoración de la importancia de los impactos que se generan producto de las actividades de cada etapa en este escenario son realizadas tomando en consideración todas aquellas acciones de mitigación que se consideren requeridas para la atenuación de los impactos previamente valorados.

A continuación se presenta un listado general de las medidas de mitigación que han sido identificadas para la aplicación a los cruces de impactos previamente valorados, y que son ampliamente descritas en el Capítulo VI de ésta MIA:

Tabla 10 Listado general de medidas de mitigación.

Clave	Medida de mitigación
Med01	Diseño y ejecución de un plan de implementación y vigilancia que garantice el cumplimiento de los planes, medidas, términos y condicionantes establecidos en la autorización de impacto ambiental durante todas las etapas del proyecto.
Med02	Diseño y ejecución de un plan de manejo integral de residuos que incluya los residuos sólidos urbanos (RSU), residuos de manejo especial (RME) y residuos peligrosos (RP) generados en todas las etapas del proyecto.
Med03	El contratista deberá contar con autorización como generador de residuos de manejo especial y de residuos peligrosos ante las instancias estatales y federales correspondientes antes del inicio de cualquier actividad generadora de dichos residuos.
Med04	Se dispondrá de recipientes adecuados en los frentes de trabajo y dentro de un espacio designado para el almacenamiento temporal de residuos sólidos urbanos, clasificándolos al menos en: residuos orgánicos e inorgánicos.

Clave	Medida de mitigación
Med05	El almacenamiento de residuos de manejo especial contemplará una separación mínima en las siguientes categorías: metales ferrosos, madera y residuos de construcción. El sitio de almacenamiento mantendrá los residuos al resguardo de la intemperie y sobre piso impermeable.
Med06	El transporte y disposición final de todos los residuos generados en el contexto del proyecto, en todas sus etapas, se realizará mediante empresas y en sitios que cuenten con todas las autorizaciones aplicables vigentes.
Med07	Diseño y ejecución de un plan de capacitación y difusión ambiental dirigido a los trabajadores del proyecto, para dar a conocer el manejo ambiental del proyecto y contribuir a la correcta implementación de los planes, medidas y condicionantes aplicables.
Med08	Se dispondrá de sanitarios móviles (mínimo 1 por cada 25 trabajadores) en los frentes de trabajo activos. Las aguas residuales resultantes serán dispuestas como residuos de manejo especial mediante empresas con las autorizaciones correspondientes.
Med09	Se garantizará, mediante el control y supervisión pertinentes, que no se arrojen objetos, materiales, residuos ni sustancias al río Jamapa, a la zona costera ni a la porción marina del entorno del proyecto.
Med10	Durante el desarrollo de los trabajos se mantendrá observación permanente de las poblaciones locales de fauna silvestre, con énfasis en aves costeras y marinas, mamíferos acuáticos y reptiles, con el objetivo de prevenir su afectación durante la ejecución de las obras.
Med11	De manera independiente al seguimiento de fauna durante las obras, se diseñará e implementará un monitoreo de especies de fauna silvestre indicadoras de calidad ecosistémica en el área del proyecto y en los componentes sensibles del SAR cercanos a la obra, cubriendo al menos un ciclo anual completo.
Med12	La maquinaria y equipo que se utilice en la etapa de construcción deberá ser mantenida previo al inicio de los trabajos en talleres con instalaciones adecuadas, disminuyendo al mínimo la necesidad de realizar mantenimientos en los frentes de obra.
Med13	Toda la maquinaria y equipo utilizado en el proyecto será sometido a un programa de mantenimiento que promueva la eficiencia de los motores de combustión interna, minimizando las emisiones a la atmósfera durante el desarrollo del proyecto.
Med14	Los automóviles, camionetas y vehículos de carga que operen en el marco del proyecto cumplirán con las obligaciones de verificación vehicular correspondientes conforme a la NOM-041-SEMARNAT-2015 y NOM-045-SEMARNAT-2006.
Med15	Apagado de motor de la maquinaria y equipo a combustión, cuando no esté en operación.
Med16	Riego periódico de superficies transitables y de zonas de remoción de suelo, así como uso de procesos húmedos en la mezcla de materiales, para así disminuir la suspensión de polvos y partículas.
Med17	El agua que se utilice en la obra (mezcla de concreto, control de polvos y demás usos constructivos) será provista exclusivamente por un tercero que cuente con las autorizaciones de la CONAGUA correspondientes y vigentes.
Med18	Las actividades se llevarán a cabo de la forma más precisa posible respecto al trazo topográfico, para así evitar afectaciones al suelo en sitios que no formen parte del propio proyecto.
Med19	Se harán rutas de tránsito dentro de las áreas de trabajo y almacenamiento de materiales del proyecto.

Clave	Medida de mitigación
Med20	Delimitación física mediante estacas y señalización visible de la ZOFEMAT en el tramo costero comprendido en el trazo del proyecto, con base en los planos generados conforme a la NOM-146-SEMARNAT-2017 y NOM-146-SEMARNAT-2005.
Med21	Implementación de jardinería ornamental en las áreas del proyecto, utilizando preferentemente especies nativas o propias de la región, de bajo requerimiento hídrico y bajo mantenimiento.
Med22	Monitoreo de la situación de ejemplares de mangle (todas las especies censadas) registrados en las inmediaciones de la obra y ejecución de acciones preventivas para garantizar su integridad durante el desarrollo del proyecto.
Med23	Seguimiento preventivo del cangrejo azul (Cardisoma guanhumi), con énfasis en la identificación, delimitación y verificación de madrigueras activas, rutas de desplazamiento, zonas de refugio y áreas sensibles.
Med24	Monitoreo del hábitat de aves rapaces, con énfasis en sitios de percha, alimentación, caza, anidación y uso de hábitat en sitios sensibles cercanos a la Isla del Amor.
Med25	Sellado con lonas de carrocerías de camiones/camiones de volteo para el transporte de materiales y/o residuos de la construcción.
Med26	El traslado de materiales se realizará, preferentemente, durante el día y en horas de poco tránsito vehicular.
Med27	Los residuos de la construcción deberán ser dispuestos en bancos de tiro autorizados por la autoridad competente.
Med28	Se diseñará e implementará un Plan de Manejo Integral del Agua que prevenga la contaminación del río Jamapa y la zona costera durante la ejecución de todas las actividades constructivas del proyecto.
Med29	Se garantizará, mediante el control y supervisión permanentes, que el desarrollo de los trabajos se apegue exclusivamente a los sitios del proyecto autorizados y a la ejecución conforme al plan de obra propuesto.
Med30	El material de construcción que se utilice en esta etapa deberá provenir, en caso de que así lo requiera la legislación ambiental aplicable, de fuentes autorizadas en materia ambiental.
Med31	Utilización de lonas o pantallas cortaviento para cubrir los materiales almacenados que no serán utilizados inmediatamente en la zona de construcción.
Med32	Para el manejo / almacenamiento de materiales e insumos en estado líquido que pudieran derramarse y contaminar el suelo, se deberá contar con medios de contención como charolas o tarimas para el control de derrames.
Med33	Los mantenimientos de maquinaria que de manera extraordinaria o inevitable deban realizarse en el frente de obra contemplarán medidas que prevengan derrames de aceites o combustibles, y dispondrán de materiales y equipos para la correcta atención de derrames accidentales.
Med34	Implementación de un programa de supervisión asistida por drones y recorridos de verificación en campo para vigilar que los frentes no generen turbidez excesiva ni agreguen residuos al agua.
Med35	Incorporación de colores, formas, acabados y criterios de integración visual que favorezcan la armonía entre la estructura civil y el entorno urbano-costero, con la finalidad de reducir el contraste visual del proyecto y mejorar su inserción paisajística.

Clave	Medida de mitigación
Med36	Diseño e instalación de pasos de fauna para el cangrejo azul (Cardisoma guanhumi) en los puntos del trazo que intercepten rutas de migración o desplazamiento estacional de la especie.
Med37	Recolección periódica de residuos sólidos urbanos por parte del Servicio de Limpia del H. Ayuntamiento.

Una vez que se identificaron plenamente las medidas de mitigación que pueden ser aplicadas a cada una de las etapas del proyecto, se generaron matrices que permitieron la asignación de las medidas de mitigación a cada cruce de interacción entre las actividades impactantes y los factores ambientales del Sistema Ambiental, identificado con la letra **A**. Estas matrices también permiten identificar aquellas interacciones para los cuales no es factible diseñar una medida de mitigación y que, en consecuencia, serán considerados como impactos residuales (a los cuales se asignó la letra **R**). A continuación se presentan los resultados de dicha asignación, para cada una de las etapas del proyecto:

Preparación de sitio

Medidas de Mitigación - Etapa de Preparación del Sitio

Etapa de Preparación del Sitio	Clave	P1A19	P1A27	P1A28	P1A32	P1A33	P1A43	P1A54	P2A1	P2A2	P2A3	P2A4	P2A9	P2A60	P3A6	P3A72	P3A74	P3A86	P3A94	P4A8	P4A9	P4A17	P4A21	P4A22	P4A49	P4A54	P4A56	P4A60	P4A61	P5A6	P5A9	P5A66	P5A86	P5A87	P6A8	P6A9	P6A17	P6A21	P6A22	P6A24	P6A27	P6A32	P6A60	P7A1	P7A2	P7A3	P7A4	P7A6	P7A9	P7A86
	Med01	A	A	A	A	A	A	A																		A	A																							
	Med02	A	A	A	A	A	A																											A																
	Med03	A	A	A	A	A	A																											A																
	Med04	A	A	A	A	A	A																																											
	Med05	A	A	A	A	A	A																																											
	Med06	A	A	A	A	A	A	A																										A																
	Med07		A	A	A	A	A																A	A	A	A	A		A								A	A	A									
	Med08		A	A	A	A	A																																										
	Med09		A	A	A	A	A																																										
	Med10							A																		A	A																						
	Med11							A																		A	A																						
	Med12								A	A	A	A																															A	A	A	A	A	A	
	Med13								A	A	A	A																			A	A									A	A	A	A	A	A	
	Med14								A	A	A	A																			A	A									A	A	A	A	A	A	
	Med15								A	A	A	A																			A	A									A	A	A	A	A	A	
	Med16												A							A	A															A	A										
	Med17												A							A	A															A	A										
	Med18																						A	A															A	A	A	A	A					
	Med19																						A	A															A	A	A							
	Med20																						A	A															A	A	A	A	A					
	Med21																					A								A																		
	Med22																						A	A															A	A	A							
	Med23																									A	A																					
	Med24																									A	A																					
	Med25																														A		A																
	Med26																																A																
	Med27																																	A																
	Med28																																									A	A							
	Med29																																									A	A							
Residuales														R	R	R	R	R	R			R						R				R					R					R							R

Construcción

Medidas de Mitigación - Etapa de Construcción

Etapa de Construcción	Clave	C1A19	C1A27	C1A28	C1A33	C1A42	C1A43	C1A54	C2A1	C2A2	C2A3	C2A4	C2A6	C2A9	C2A18	C2A86	C3A9	C3A19	C4A36	C4A42	C4A44	C4A62	C5A24	C5A62	C5A64	C6A36	C6A42	C6A44	C6A62	C7A36	C7A42	C7A44	C7A62	C8A21
	Med01	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A				A	A	A	A	A			A	A	A	A	A	A	A	A	
	Med02	A	A	A	A	A	A																											
	Med03	A	A	A	A	A	A																											
	Med04	A	A	A	A	A	A																											
	Med05	A	A	A	A	A	A																											
	Med06	A	A	A	A	A	A	A																										
	Med07		A	A	A	A	A											A																
	Med08		A	A	A	A	A																											
	Med09		A	A	A	A	A													A	A	A					A	A	A		A	A	A	
	Med10							A																										
	Med11							A																										
	Med12								A	A	A	A	A	A																				
	Med13								A	A	A	A	A	A																				
	Med14								A	A	A	A	A	A																				
	Med15								A	A	A	A	A	A																				
	Med16																A																
	Med17																A																
	Med18																		A				A			A				A				
	Med20																		A				A			A				A				
	Med25								A	A	A	A	A	A																				
	Med26								A	A	A	A	A	A																				
	Med29																		A				A			A				A				
	Med30														A																			
	Med31																A																	
	Med32																	A																
	Med33																	A																
	Med34																			A	A	A					A	A	A		A	A	A	
	Med35																							A	A									
	Med36							A																										
	Med37							A																										
Residuales																R																	R

Operación y Mantenimiento

Medidas de Mitigación para los Impactos Generados en la Etapa de Operación

Clave	OM1A6	OM1A7	OM2A19	OM2A32	OM2A42	OM2A43	OM2A54	OM3A87	OM4A1	OM4A2	OM4A3	OM4A4	OM4A6	OM4A9	OM5A87
Med01									A	A	A	A	A	A	
Med04			A	A	A	A	A								
Med06			A	A	A	A	A								
Med12									A	A	A	A	A	A	
Med13									A	A	A	A	A	A	
Med14									A	A	A	A	A	A	
Med15									A	A	A	A	A	A	
Med20									A	A	A	A	A	A	
Med21									A	A	A	A	A	A	
Med23							A								
Med24							A								
Med36							A								
Med37							A								
Med38			A	A	A	A	A								
Residuales	R	R						R							R

Las matrices de asignación de medidas de mitigación se puede analizar a detalle en el *Anexo 9.*

Una vez que se asignaron las medidas de mitigación diseñadas, se procedió a valorar nuevamente los cruces de actividades impactantes con factores ambientales, a modo de poder aplicar las medidas de mitigación en los cruces en los que se puede predecir una disminución de los efectos negativos del proyecto. Los resultados de la valoración de este escenario se presentan a continuación:

Preparación de sitio

Tabla 11 Resultados de Valoración Con Proyecto-Con Medidas de Mitigación.

Valoración - Con Proyecto, Con Medidas de Mitigación												
Etapa de preparación del sitio												
Código	Carácter	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Sinergia	Acumulación	Efecto	Periodicidad	Recuperabilidad	Valoración de impacto
P1A19	-1	1	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-22
P1A27	-1	1	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-22
P1A28	-1	1	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-22
P1A32	-1	1	1	4	2	2	1	2	4	1	2	-23
P1A33	-1	1	1	4	2	2	1	2	4	1	2	-23
P1A43	-1	1	1	4	2	2	1	2	4	1	2	-23
P1A54	-1	4	1	4	1	1	1	1	4	1	2	-29
P1A69	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
P1A70	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
P2A1	-1	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-19
P2A2	-1	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-19
P2A3	-1	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-19
P2A4	-1	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-19
P2A9	-1	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-19
P2A60	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	4	-19
P2A69	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
P2A70	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
P2A84	1	4	1	4	2	1	1	4	1	1	1	29
P3A6	-1	2	1	4	1	1	1	4	1	1	1	-22
P3A72	-1	2	1	4	1	1	1	4	1	1	1	-22
P3A74	-1	2	1	4	1	1	1	4	1	1	1	-22
P3A86	-1	2	1	4	1	1	1	4	1	1	1	-22
P3A94	-1	2	1	4	1	1	1	4	1	1	1	-22
P4A8	-1	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-19
P4A9	-1	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-19
P4A17	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	4	-19
P4A21	-1	2	2	4	2	1	1	1	4	1	1	-25
P4A22	-1	2	2	4	2	1	1	1	4	1	1	-25
P4A49	-1	1	1	4	2	2	1	2	4	1	2	-23
P4A54	-1	2	1	4	1	1	1	1	4	1	2	-23
P4A56	-1	2	1	4	1	1	1	1	4	1	2	-23

P4A60	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	4	-19
P4A61	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	4	-19
P5A6	-1	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-19
P5A9	-1	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-19
P5A66	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	4	-19
P5A86	-1	1	2	4	2	2	1	4	4	1	2	-27
P5A87	-1	1	2	4	2	2	1	4	4	1	2	-27
P6A8	-1	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-19
P6A9	-1	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-19
P6A17	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	4	-19
P6A21	-1	2	2	4	2	1	1	1	4	1	1	-25
P6A22	-1	2	2	4	2	1	1	1	4	1	1	-25
P6A24	-1	1	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-22
P6A27	-1	1	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-22
P6A32	-1	1	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-22
P6A60	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	4	-19
P7A1	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22
P7A2	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22
P7A3	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22
P7A4	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22
P7A6	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22
P7A9	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22
P7A84	1	4	1	4	2	1	1	4	1	1	1	29
P7A86	-1	2	2	4	2	2	1	4	4	1	2	-30
Valoración total Etapa de preparación del sitio												
Total impactos negativos						-1067	Valor limite					-13
Total actividades negativas						49	Promedio					-22
Total impactos positivos						182	Valor limite					13
Total actividades positivas						6	Promedio					30

Construcción

Valoración - Con Proyecto, Con Medidas de Mitigación												
Etapa de construcción												
Código	Carácter	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Sinergia	Acumulación	Efecto	Periodicidad	Recuperabilidad	Valoración de impacto
C1A19	-1	1	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-22

C1A27	-1	1	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-22
C1A28	-1	1	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-22
C1A33	-1	1	1	4	2	2	1	2	4	1	2	-23
C1A42	-1	1	1	4	2	2	1	2	4	1	2	-23
C1A43	-1	1	1	4	2	2	1	2	4	1	2	-23
C1A54	-1	2	1	4	1	1	1	1	4	1	2	-23
C1A69	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
C1A70	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
C2A1	-1	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-19
C2A2	-1	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-19
C2A3	-1	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-19
C2A4	-1	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-19
C2A6	-1	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-19
C2A9	-1	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-19
C2A18	-1	2	2	4	4	2	1	1	4	1	2	-29
C2A84	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
C2A86	-1	2	2	4	2	2	1	4	4	1	2	-30
C3A9	-1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	-20
C3A19	-1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	-20
C4A36	-1	2	2	4	4	2	1	1	4	1	2	-29
C4A42	-1	2	2	4	2	2	1	1	4	1	2	-27
C4A44	-1	2	2	4	2	2	1	1	4	1	2	-27
C4A62	-1	2	2	4	2	2	1	1	4	1	2	-27
C5A24	-1	2	2	4	4	2	1	1	4	1	4	-31
C5A62	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	4	-19
C5A64	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	4	-19
C6A36	-1	2	2	4	4	2	1	1	4	1	2	-29
C6A42	-1	2	2	4	2	2	1	1	4	1	2	-27
C6A44	-1	2	2	4	2	2	1	1	4	1	2	-27
C6A62	-1	2	2	4	2	2	1	1	4	1	2	-27
C7A36	-1	2	2	4	4	2	1	1	4	1	2	-29
C7A42	-1	2	2	4	2	2	1	1	4	1	2	-27
C7A44	-1	2	2	4	2	2	1	1	4	1	2	-27
C7A62	-1	2	2	4	2	2	1	1	4	1	2	-27
C8A21	-1	2	1	4	1	2	1	1	4	1	2	-24
C8A54	1	2	1	4	1	1	1	1	4	1	2	23
C8A55	1	2	1	4	1	1	1	1	4	1	2	23
C8A56	1	2	1	4	1	1	1	1	4	1	2	23

Valoración total Etapa de construcción			
Total impactos negativos	-794	Valor limite	-13
Total actividades negativas	33	Promedio	-24
Total impactos positivos	162	Valor limite	13
Total actividades positivas	6	Promedio	27

Operación y Mantenimiento

Valoración - Con Proyecto, Con Medidas de Mitigación												
Etapa de operación												
Código	Carácter	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Sinergia	Acumulación	Efecto	Periodicidad	Recuperabilidad	Valoración de impacto
OM1A6	-1	1	1	4	4	1	1	1	4	4	2	-24
OM1A7	-1	1	1	4	4	1	1	1	4	4	2	-26
OM1A72	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
OM1A74	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
OM1A86	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
OM1A92	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
OM1A94	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
OM1A101	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
OM1A101	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
OM1A102	1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	31
OM2A19	-1	1	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-22
OM2A32	-1	1	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-22
OM2A42	-1	1	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-22
OM2A43	-1	1	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-22
OM2A54	-1	1	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-22
OM3A27	1	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	25
OM3A28	1	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	25
OM3A32	1	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	25
OM3A42	1	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	25
OM3A43	1	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	25
OM3A84	1	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	25
OM3A87	-1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	-18
OM4A1	-1	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-19
OM4A2	-1	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-19
OM4A3	-1	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-19
OM4A4	-1	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-19

OM4A6	-1	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-19
OM4A9	-1	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-19
OM4A62	1	2	2	4	2	1	1	4	1	1	1	25
OM4A64	1	2	2	4	2	1	1	4	1	1	1	25
OM4A66	1	2	2	4	2	1	1	4	1	1	1	25
OM4A72	1	2	2	4	2	1	1	4	1	1	1	25
OM4A74	1	2	2	4	2	1	1	4	1	1	1	25
OM4A84	1	2	2	4	2	1	1	4	1	1	1	25
OM4A86	1	2	2	4	2	1	1	4	1	1	1	25
OM4A92	1	2	2	4	2	1	1	4	1	1	1	25
OM5A84	1	2	2	4	2	1	1	4	1	1	1	25
OM5A87	-1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	-18
OM5A92	1	2	2	4	2	1	1	4	1	1	1	25
Valoración total Etapa de operación												
Total impactos negativos						-310	Valor limite					-13
Total actividades negativas						15	Promedio					-21
Total impactos positivos						648	Valor limite					13
Total actividades positivas						24	Promedio					27

La aplicación de las medidas de mitigación seleccionadas sin duda tiene efecto en la disminución del promedio de valoración de impactos negativos para todas las etapas del proyecto, que ahora presenta valores que oscilan entre -21 y -24 y que de acuerdo a la escala seleccionada, oscilan entre **irrelevantes** y **moderados**.

En general se puede afirmar que la aplicación adecuada y puntual de las medidas de mitigación identificadas traería como consecuencia la disminución en la magnitud de los impactos negativos previstos para dichas actividades.

V.3.4 Análisis comparativo de Valoración de Importancia

A continuación se presenta la comparación de los resultados de los escenarios valorados, con especial énfasis en la aplicación de las medidas de mitigación diseñadas para el proyecto y que se presentan a detalle en el Capítulo VI del presente documento. Los resultados de dicha comparación expresan la magnitud de cada cruce de interacción antes y después de la aplicación de las medidas de mitigación y se muestran a continuación:

Etapa de preparación de sitio

En la Tabla siguiente presentamos la comparativa de los valores calculados mediante la integración de los criterios de valoración para la etapa de preparación de sitio, presentando únicamente los resultados de la valoración sin medidas y la valoración con la aplicación de las medidas de mitigación.

Tabla 12 Comparativa de valoración: Etapa de Preparación de sitio.

Comparación de Escenarios del Proyecto		
Valoración de Impactos		
Etapa de Preparación del Sitio		
Código	Medida de Mitigación	
	Sin	Con
P1A19	-25	-22
P1A27	-25	-22
P1A28	-25	-22
P1A32	-26	-23
P1A33	-26	-23
P1A43	-26	-23
P1A54	-29	-29
P1A69	31	31
P1A70	31	31
P2A1	-22	-19
P2A2	-22	-19
P2A3	-22	-19
P2A4	-22	-19
P2A9	-22	-19
P2A60	-19	-19
P2A69	31	31
P2A70	31	31
P2A84	29	29
P3A6	-22	-22
P3A72	-22	-22
P3A74	-22	-22
P3A86	-22	-22
P3A94	-22	-22
P4A8	-22	-19
P4A9	-22	-19
P4A17	-19	-19
P4A21	-31	-25
P4A22	-31	-25
P4A49	-26	-23
P4A54	-29	-23

P4A56	-29	-23
P4A60	-19	-19
P4A61	-19	-19
P5A6	-22	-19
P5A9	-22	-19
P5A66	-19	-19
P5A86	-30	-27
P5A87	-30	-27
P6A8	-22	-19
P6A9	-22	-19
P6A17	-19	-19
P6A21	-31	-25
P6A22	-31	-25
P6A24	-25	-22
P6A27	-25	-22
P6A32	-25	-22
P6A60	-19	-19
P7A1	-28	-22
P7A2	-28	-22
P7A3	-28	-22
P7A4	-28	-22
P7A6	-28	-22
P7A9	-28	-22
P7A84	29	29
P7A86	-30	-30
Contribu. -	-87	-85
Contribu. +	13	15
P. Negativo	-25	-22
P. Positivo	30	30

Se aprecia una reducción de tres puntos con la aplicación de Medidas de mitigación. Como se aprecia, existe una reducción en el promedio de impactos negativos en un orden de -25 a -22 con la aplicación de las medidas de mitigación (ver Gráfico siguiente).

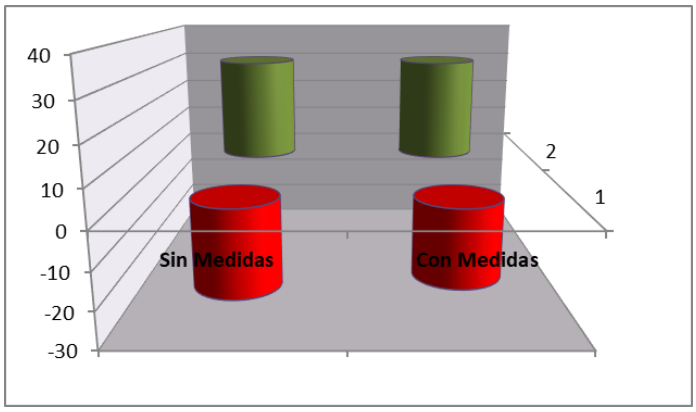


Gráfico 1 Comparativa de escenarios de desarrollo del proyecto. Fuente: Elaboración propia

Con esto podemos ver que la aplicación de las medidas de mitigación permitirá minimizar las afectaciones negativas del proyecto en esta etapa.

Etapa de construcción

A continuación se presenta la comparativa de los valores calculados mediante la integración de los criterios de valoración para la etapa de construcción, presentando únicamente los resultados de la valoración sin medidas y la valoración con la aplicación de las medidas de mitigación.

Tabla 13 Comparativa etapa de construcción

Comparación de Escenarios del Proyecto		
Valoración de Impactos		
Etapa de Construcción		
Código	Medida de Mitigación	
	Sin	Con
C1A19	-25	-22
C1A27	-25	-22
C1A28	-25	-22
C1A33	-26	-23
C1A42	-26	-23
C1A43	-26	-23
C1A54	-29	-23
C1A69	31	31
C1A70	31	31
C2A1	-22	-19
C2A2	-22	-19

C2A3	-22	-19
C2A4	-22	-19
C2A6	-22	-19
C2A9	-22	-19
C2A18	-35	-29
C2A84	31	31
C2A86	-30	-30
C3A9	-26	-20
C3A19	-26	-20
C4A36	-35	-29
C4A42	-33	-27
C4A44	-33	-27
C4A62	-33	-27
C5A24	-37	-31
C5A62	-22	-19
C5A64	-22	-19
C6A36	-35	-29
C6A42	-33	-27
C6A44	-33	-27
C6A62	-33	-27
C7A36	-35	-29
C7A42	-33	-27
C7A44	-33	-27
C7A62	-33	-27
C8A21	-24	-24
C8A54	23	23
C8A55	23	23
C8A56	23	23
Contribu. -	-85	-83
Contribu. +	15	17
P. Negativo	-28	-24
P. Positivo	27	27

En este caso, con la aplicación de las medidas de mitigación se valora una reducción del orden de entre tres y siete puntos para diversos cruces de impacto, además de una reducción en el promedio de impactos negativos en un orden de cuatro puntos, como se puede apreciar a continuación:

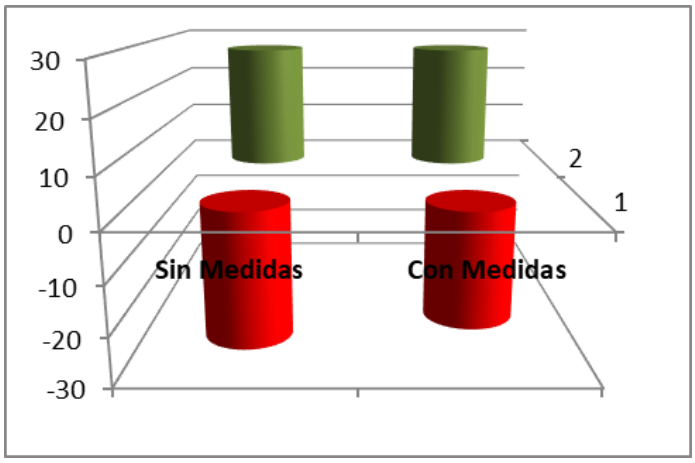


Gráfico 2 Comparativa de valoración de escenarios para la etapa de construcción. Fuente: Elaboración propia

Como ejemplos de reducción en cruces específicos tenemos los relacionados a las actividades relacionadas con la generación de residuos y el manejo de suelo. De igual manera, la aplicación de medidas de mitigación a estas actividades provoca una disminución en el valor del impacto para los factores de atmósfera, suelo, flora y fauna.

Etapa de operación y mantenimiento

En la tabla siguiente se puede apreciar la comparativa de los valores calculados mediante la integración de los criterios de valoración para la etapa de operación y mantenimiento, mostrando únicamente los resultados de la valoración sin medidas y la valoración con la aplicación de las medidas de mitigación.

Tabla 14 Comparativa de valoración: Etapa de Operación y Mantenimiento.

Comparación de Escenarios del Proyecto		
Valoración de Impactos		
Etapa de Operación		
Código	Medida de Mitigación	
	Sin	Con
OM1A6	-24	-24
OM1A7	-26	-26
OM1A72	31	31
OM1A74	31	31
OM1A86	31	31
OM1A92	31	31

OM1A94	31	31
OM1A101	31	31
OM1A101	31	31
OM1A102	31	31
OM2A19	-25	-22
OM2A32	-25	-22
OM2A42	-25	-22
OM2A43	-25	-22
OM2A54	-25	-22
OM3A27	25	25
OM3A28	25	25
OM3A32	25	25
OM3A42	25	25
OM3A43	25	25
OM3A84	25	25
OM3A87	-18	-18
OM4A1	-22	-19
OM4A2	-22	-19
OM4A3	-22	-19
OM4A4	-22	-19
OM4A6	-22	-19
OM4A9	-22	-19
OM4A62	25	25
OM4A64	25	25
OM4A66	25	25
OM4A72	25	25
OM4A74	25	25
OM4A84	25	25
OM4A86	25	25
OM4A92	25	25
OM5A84	25	25
OM5A87	-18	-18
OM5A92	25	25
Contribu. -	-35	-32
Contribu. +	65	68
P. Negativo	-23	-21
P. Positivo	27	27

La etapa de operación y mantenimiento en la que cuenta con menor cantidad de cruces de impactos debido a las características que en sí posee el proyecto. Aún así, también presenta una disminución de puntos de disminución de impactos (dos puntos) debido a la aplicación de medidas de mitigación. Esto queda en evidencia de forma gráfica:

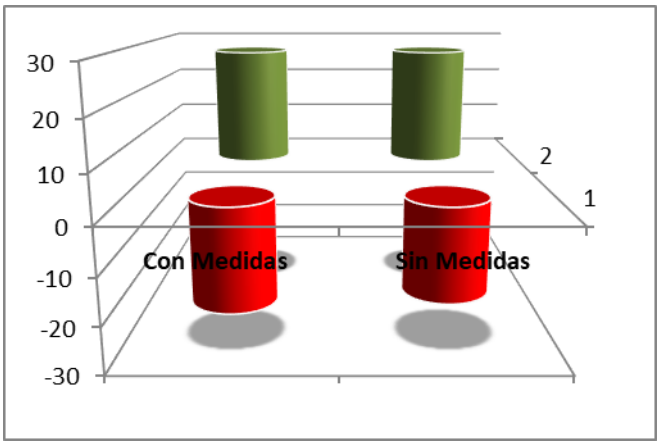


Gráfico 3 Comparativa de valoración de impactos en la etapa de Operación y Mantenimiento. Fuente: Elaboración propia

Con base en la comparación de escenarios, la etapa de operación y mantenimiento presenta una menor proporción de impactos adversos respecto a las etapas de preparación del sitio y construcción, debido a que cesan las actividades temporales de obra, el tránsito de maquinaria pesada, los cierres parciales, las restricciones de paso y otros efectos asociados con la ejecución constructiva. Asimismo, durante la operación se manifiestan impactos positivos vinculados con la conectividad, accesibilidad y redistribución del tránsito en el corredor Boca del Río–Alvarado.

No obstante, la operación del proyecto también implica efectos permanentes que deben reconocerse dentro del balance ambiental, particularmente la presencia de una nueva infraestructura vial, la modificación perceptual del paisaje, la generación de tránsito vehicular, el confort sonoro y las actividades periódicas de mantenimiento. Por ello, la valoración comparativa no debe interpretarse como ausencia de impactos durante la operación, sino como una reducción de la magnitud de los impactos adversos respecto de los escenarios constructivos, bajo el supuesto de que se mantengan las medidas de manejo, seguimiento y control previstas.

V.4. Impactos residuales.

Con la aplicación de medidas de prevención, mitigación, restauración, compensación y control es posible reducir la magnitud o relevancia de los impactos

ambientales identificados para las diferentes etapas del proyecto. No obstante, aun con la implementación de dichas medidas, algunos efectos pueden permanecer por su relación con la ocupación física de superficie, la incorporación de infraestructura permanente, la modificación temporal o definitiva de condiciones perceptuales, la movilidad local o la operación de una nueva vialidad.

Para efectos de la presente Manifestación, se consideran impactos residuales aquellos efectos que permanecen después de valorar el escenario con proyecto y medidas de mitigación. Estos impactos no necesariamente implican una afectación crítica o significativa al SAR, pero sí representan efectos persistentes o no completamente eliminables que deben reconocerse como parte del balance ambiental del proyecto.

La identificación de impactos residuales resulta relevante porque permite distinguir entre los impactos que son prevenidos o reducidos mediante las medidas ya previstas y aquellos que, por la naturaleza de las obras, permanecen como efectos inevitables, temporales o permanentes. Asimismo, esta identificación constituye un insumo para el análisis integrado de impactos acumulativos, toda vez que algunos efectos residuales pueden contribuir, aunque sea de manera limitada o proporcional, a presiones ambientales y territoriales previamente existentes en el SAR.

Las matrices de aplicación de medidas de mitigación permiten identificar los cruces de impacto cuya relevancia permanece aun después de la aplicación de medidas. A su vez, las matrices de valoración de impactos permiten asignar un valor a dichos cruces y establecer su significancia. A continuación, se presenta la descripción de los impactos residuales identificados y su significancia para el SAR.

Cruce de impactos	Valor asignado	Descripción del impacto residual
P2A60	-19	Irrelevante: La delimitación de las áreas de trabajo podría generar una modificación perceptual temporal sobre la morfología del territorio si no se ejecuta con precisión. No obstante, su significancia se mantiene en categoría irrelevante debido a que el efecto se concentra en el área del proyecto y

Cruce de impactos	Valor asignado	Descripción del impacto residual
		puede controlarse mediante trazo, señalización y supervisión de frentes de trabajo.
P3A6	-22	Irrelevante: La señalización y canalización temporal del tránsito vehicular y peatonal puede generar restricciones de paso, cierres parciales de vías, incremento temporal del ruido y molestias a la población local, usuarios de transporte público, visitantes y usuarios de espacios recreativos. Estos efectos se consideran temporales y reversibles, ya que se reducirán conforme se restablezcan las condiciones de circulación y entre en operación la infraestructura vial proyectada.
P3A72	-22	a señalización y canalización temporal del tránsito vehicular y peatonal puede modificar de manera temporal la operación de la infraestructura de transporte y la movilidad local. El efecto se considera residual de baja significancia por su carácter temporal, reversible y asociado exclusivamente a la etapa de preparación del sitio.
P3A74	-22	Irrelevante. Las restricciones temporales de paso y ajustes de circulación pueden generar molestias sobre el transporte público o la movilidad cotidiana de usuarios locales. No obstante, el impacto se considera temporal y manejable mediante señalización, canalización del tránsito y control de frentes de trabajo conforme a las medidas ya previstas.
P3A86	-22	Irrelevante. La canalización temporal del tránsito y las restricciones de paso pueden afectar de manera transitoria la percepción social del proyecto durante la preparación del sitio. Este efecto se considera reversible, debido a que está asociado con molestias temporales durante obra y se reduce con la restitución de la circulación y la operación de la infraestructura vial.
P3A94	-22	Irrelevante. Las actividades de señalización y canalización temporal pueden generar ajustes en la operación cotidiana de la estructura urbana y en los patrones de desplazamiento local. Este efecto se considera temporal, localizado y de baja significancia residual.
P4A17	-19	Irrelevante: El desmonte y despalme del suelo en las superficies requeridas para el proyecto genera una modificación física inevitable dentro del área autorizada. Su significancia residual se mantiene en categoría irrelevante debido a que se limita al área del proyecto y debe ejecutarse conforme al trazo autorizado y a las medidas de delimitación y supervisión previstas.
P4A60	-19	Irrelevante: El desmonte y despalme puede generar una modificación perceptual localizada sobre la morfología del paisaje. Este efecto residual se considera de baja significancia por su alcance espacial restringido, aunque debe reconocerse

Cruce de impactos	Valor asignado	Descripción del impacto residual
		como parte de la transformación visual asociada a la incorporación de infraestructura.
P5A66	-19	Irrelevante: La limpieza de obstrucciones y el retiro o demolición de elementos urbanos existentes puede generar una afectación temporal sobre el medio perceptual y la funcionalidad urbana inmediata. El impacto se considera de baja significancia y asociado a la etapa de preparación del sitio.
P6A17	-19	Irrelevante: Las actividades de terracerías, compactación, trazo y nivelación generan una modificación física necesaria para la construcción de la infraestructura. El efecto residual se mantiene en categoría irrelevante debido a que se localiza dentro del área del proyecto y queda condicionado a la precisión del trazo, delimitación y supervisión.
P6A60	-19	Las terracerías, compactación, trazo y nivelación pueden modificar la percepción morfológica del paisaje en el área del proyecto. El impacto residual se considera localizado y de baja significancia, aunque debe integrarse al análisis paisajístico y acumulativo por su relación con la transformación visual del corredor costero.
P7A86	-30	Moderado: El traslado de maquinaria y equipo hacia el área del proyecto y su retiro al concluir las actividades puede generar afectaciones temporales en calles y avenidas utilizadas como rutas de acceso, tanto por la ocupación física momentánea como por molestias a la población local, usuarios de transporte y actividades comerciales o recreativas. Este efecto se considera moderado por su incidencia sobre movilidad y percepción social, aunque de carácter temporal.
C2A86	-30	Moderado: El traslado de materiales hacia el área del proyecto puede generar afectaciones temporales sobre la movilidad local, la percepción social y el uso cotidiano de vialidades. El impacto se considera moderado por la interacción con el tránsito y la población usuaria del entorno, aunque temporal y sujeto al control operativo previsto para la obra.
C8A21	-24	Irrelevante: La construcción de obra civil e infraestructura permanente puede modificar la capacidad de drenaje superficial en la superficie ocupada por el proyecto. El impacto residual se considera irrelevante en términos de valoración, pero deberá mantenerse vinculado al control de escurrimientos, limpieza de frentes de obra y conservación de la funcionalidad hidráulica del entorno.
OM1A6	-24	Irrelevante. Con la operación del proyecto se generará tránsito terrestre sobre una nueva infraestructura vial, lo que puede modificar el confort sonoro diurno en el entorno inmediato. Este efecto residual se considera de baja significancia en el contexto urbano-costero del SAR, aunque permanente durante la operación.

Cruce de impactos	Valor asignado	Descripción del impacto residual
OM1A7	-26	Moderado. La operación de la infraestructura vial puede modificar el confort sonoro nocturno en el entorno inmediato. Se le asigna mayor relevancia que al confort sonoro diurno debido a la sensibilidad del periodo nocturno; sin embargo, el impacto se mantiene dentro de una categoría moderada y asociado al funcionamiento ordinario de la vialidad.
OM3A87	-18	Irrelevante: Las actividades de mantenimiento de infraestructura generarán residuos de manera periódica, por lo que podrían ejercer presión sobre la infraestructura de disposición de residuos sólidos urbanos o de manejo especial. El efecto residual se considera irrelevante siempre que dichos residuos se manejen conforme a las medidas ya previstas y a la normatividad aplicable.
OM5A87	-18	Las actividades periódicas de mantenimiento pueden generar residuos asociados con reparación, sustitución o conservación de elementos de la infraestructura. Su impacto residual se considera de baja significancia y manejable mediante el sistema de manejo de residuos previsto para la operación y mantenimiento.

Como se observa en la tabla anterior, los impactos residuales identificados se ubican mayoritariamente en la categoría de baja significancia, con algunos efectos moderados asociados principalmente con movilidad temporal, traslado de maquinaria y materiales, confort sonoro nocturno y percepción social durante determinadas etapas del proyecto. Estos impactos no modifican por sí mismos la viabilidad ambiental del proyecto; sin embargo, deben reconocerse como efectos persistentes o no completamente eliminables que forman parte del balance ambiental de la obra.

Los impactos residuales de mayor relevancia se relacionan con la ocupación física del área del proyecto, la incorporación de infraestructura vial permanente, la modificación perceptual del paisaje, las molestias temporales por movilidad durante obra, la generación periódica de residuos durante mantenimiento y la operación de una nueva vialidad. Por su naturaleza y valoración, no se considera necesario proponer medidas compensatorias adicionales a las ya previstas.

V.5. Evaluación integrada de impactos acumulativos.

V.5.1. Enfoque metodológico para el análisis de impactos acumulativos.

Para efectos de la presente Manifestación de Impacto Ambiental Regional, los impactos acumulativos se entienden como aquellos efectos sucesivos, incrementales o combinados que

pueden generarse cuando las actividades del proyecto se suman a presiones ambientales y sociales preexistentes dentro del SAR, así como a procesos pasados, presentes o razonablemente previsibles de transformación territorial.

El presente análisis no constituye una evaluación independiente de impactos acumulativos a escala regional, sino una lectura complementaria, proporcional y transversal de los resultados obtenidos mediante la lista de chequeo, las matrices causa-efecto, la valoración de escenarios ambientales y la identificación de impactos residuales. Su finalidad es determinar si el proyecto puede contribuir de manera relevante a procesos acumulativos ya presentes en el SAR y si dicha contribución queda atendida mediante el alcance de las medidas de mitigación ya previstas.

La evaluación se desarrolla con base en cinco criterios metodológicos:

1. Identificación de componentes sensibles del SAR. Se consideran aquellos componentes ambientales y sociales que, por su relevancia ecológica, hidrológica, normativa, paisajística o social, pueden funcionar como receptores de efectos acumulativos.
2. Reconocimiento de presiones preexistentes. Se consideran las tendencias actuales de urbanización, presión turística, transformación de la franja litoral, fragmentación de vegetación, presión recreativa, modificación del paisaje, tránsito vehicular y uso social del espacio.
3. Relación con la valoración general de impactos. Se retoman los impactos identificados y valorados en los escenarios sin proyecto, con proyecto sin medidas y con proyecto con medidas.
4. Relación con los impactos residuales. Se consideran aquellos efectos que, aun con la aplicación de medidas de mitigación, permanecen como cambios ambientales o sociales asociados al proyecto.
5. Determinación de la contribución incremental del proyecto. Se valora si el proyecto puede intensificar procesos ya existentes en el SAR y si dicha contribución se mantiene dentro de un rango manejable mediante las medidas ya previstas y el Programa de Vigilancia Ambiental.

Bajo este enfoque, los impactos acumulativos no se interpretan únicamente a partir de la huella física de las obras, sino de la interacción entre el área del proyecto, los componentes sensibles del SAR, las presiones existentes y los impactos residuales derivados de la construcción y operación del puente vehicular y la vialidad costera.

V.5.2 Componentes sensibles considerados para el análisis acumulativo.

Con base en el diagnóstico ambiental del Capítulo IV, los componentes del SAR con mayor relevancia para el análisis acumulativo son los siguientes:

Componente sensible del SAR	Presión preexistente	Relación potencial con el proyecto
Desembocadura del río Jamapa	Urbanización de márgenes, escolleras, navegación, residuos, turbidez y presión recreativa	Posibles efectos temporales por sedimentos, residuos, maquinaria, obras de apoyo y presencia de frentes constructivos

Franja litoral y línea de costa	Dinámica erosiva, infraestructura costera, eventos de norte, ocupación turística y modificación del frente costero	Riesgo de incrementar procesos de erosión, sedimentación o modificación local si no se controlan materiales y frentes de obra
Playa, dunas y vegetación costera	Fragmentación, tránsito, limpieza, presión urbana y pérdida de continuidad	Posible presión adicional por ocupación temporal, tránsito, residuos o afectación fuera del área autorizada
Manglar	Aislamiento, presión urbana, cambios hidrológicos y riesgo de afectación indirecta	Riesgo de afectación indirecta por depósito de materiales, cambios de escurrimiento, compactación o actividades no autorizadas
Fauna silvestre	Fragmentación, ruido, tránsito, presencia humana y pérdida de refugio	Perturbación temporal, desplazamiento, riesgo de atropellamiento o interacción con maquinaria
Cangrejo azul	Presencia de madrigueras activas, rutas de desplazamiento y sensibilidad a cambios de humedad y tránsito	Posible interferencia con rutas de desplazamiento o perturbación de áreas con madrigueras
Aves rapaces	Uso de hábitat y anidación en Isla del Amor	Posible perturbación temporal por ruido, presencia humana o modificación del entorno inmediato
Paisaje	Unidad costera-urbana con vistas abiertas, infraestructura y desarrollo turístico	Incorporación de una infraestructura permanente y visible en la desembocadura y franja litoral
Componente socioeconómico	Saturación vial, turismo, comercio, población flotante y uso recreativo de playa y esteros	Molestias temporales durante obra y posible consolidación de dinámicas de accesibilidad, tránsito y valorización inmobiliaria

V.5.3 Relación con la valoración general de impactos

La valoración general de impactos muestra que el escenario sin proyecto refleja un SAR previamente transformado por procesos urbanos, turísticos, viales y costeros. En dicho escenario ya existen presiones sobre la línea de costa, cuerpos de agua, vegetación costera, fauna silvestre, paisaje, movilidad y uso recreativo del espacio.

En el escenario con proyecto sin medidas de mitigación, algunos de estos procesos podrían intensificarse temporal o permanentemente. Entre los efectos con potencial acumulativo destacan la ocupación de superficie, el movimiento de maquinaria, la generación de ruido, el manejo de materiales, la posible generación de sedimentos, la modificación visual del paisaje, la perturbación de fauna y las molestias temporales a usuarios de espacios recreativos, turísticos y comerciales.

En el escenario con proyecto y medidas de mitigación, la importancia de dichos impactos se reduce debido a la aplicación de medidas ya previstas para el manejo de residuos, control de maquinaria, prevención de derrames, delimitación de frentes de trabajo, supervisión ambiental, capacitación, manejo de vegetación y fauna, integración paisajística, pasos de fauna y seguimiento ambiental. Por ello, la contribución acumulativa del proyecto se considera manejable, siempre que

las actividades se mantengan dentro del área autorizada y se dé cumplimiento verificable a las medidas identificadas en este Capítulo y descritas con mayor detalle en el Capítulo VI.

V.5.4 Relación con los impactos residuales.

Los impactos residuales identificados representan aquellos efectos que permanecen aún después de considerar la aplicación de medidas de mitigación. Para el caso del proyecto, los efectos residuales con mayor relación acumulativa se asocian con la ocupación permanente de superficie, la incorporación de nueva infraestructura vial, la modificación visual del paisaje, la redistribución de tránsito, la consolidación de la conectividad urbana y la presión indirecta sobre espacios costeros y recreativos.

Estos impactos residuales no deben interpretarse de manera aislada, sino dentro del contexto del SAR. La presencia de una nueva infraestructura permanente puede sumarse a la transformación histórica del frente costero y a la consolidación urbana de la Riviera Veracruzana. De igual manera, la mejora en accesibilidad puede generar beneficios de movilidad y conectividad, pero también contribuir a una mayor presión sobre playa, esteros, espacios recreativos, paisaje y zonas con valor ambiental o social.

En este sentido, los impactos residuales permiten identificar la contribución más persistente del proyecto a los procesos acumulativos del SAR. No obstante, dicha contribución se considera proporcional al contexto urbano-costero en el que se inserta el proyecto y manejable mediante el alcance de las medidas de mitigación ya previstas, así como mediante el seguimiento ambiental durante la preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.

V.5.5 Síntesis de impactos acumulativos por componente

Componente	Impacto acumulativo potencial	Relación con impactos residuales	Nivel de contribución del proyecto	Criterio de manejo
Desembocadura del río Jamapa	Incremento temporal de presión por sedimentos, residuos o maquinaria	No se prevé cambio permanente si se conserva la funcionalidad hidráulica	Baja a moderada	Control de frentes, residuos, maquinaria, sedimentos y supervisión ambiental
Línea de costa y playa	Posible contribución a presión sobre una franja litoral con tendencia erosiva	La infraestructura será permanente, pero no debe incrementar procesos erosivos	Moderada	Evitar aportes de materiales, alteraciones no previstas y afectación fuera de áreas autorizadas

Componente	Impacto acumulativo potencial	Relación con impactos residuales	Nivel de contribución del proyecto	Criterio de manejo
Vegetación costera y dunas	Presión adicional sobre remanentes fragmentados	Residual si existe afectación permanente de superficie o pérdida de continuidad	Baja a moderada	Delimitación de áreas, control de tránsito y manejo de vegetación conforme a medidas previstas
Manglar	Riesgo de afectación indirecta sobre individuos cercanos	No se prevé remoción directa; residual asociado a vigilancia de condición	Baja si se mantiene delimitación y monitoreo	Inventario, delimitación, monitoreo fitosanitario y prevención de afectaciones indirectas
Fauna silvestre	Perturbación temporal y riesgo de interacción con maquinaria	Residual asociado a presencia permanente de vialidad y tránsito	Moderada	Ahuyentamiento, rescate, capacitación, supervisión y seguimiento
Cangrejo azul	Interferencia con rutas o perturbación de áreas con madrigueras	Residual si persisten barreras o riesgo de atropellamiento	Moderada	Pasos de fauna, señalización, rescate dirigido y vigilancia conforme a medidas previstas
Aves rapaces	Perturbación temporal de sitios de uso o anidación	Residual bajo si no se afecta el hábitat de anidación	Baja a moderada	Seguimiento de hábitat, control de ruido y supervisión en zonas sensibles
Paisaje	Incorporación de infraestructura permanente visible	Impacto residual permanente	Moderada	Integración paisajística, orden de obra y reducción de contraste visual
Socioeconómico	Mayor accesibilidad, tránsito, turismo y presión recreativa	Residual asociado a consolidación de conectividad y uso del espacio	Moderada	Señalización, canalización temporal, control de frentes y medidas de manejo ya previstas

V.5.6 Conclusión del análisis acumulativo

El análisis integrado permite concluir que el proyecto puede contribuir de manera incremental a procesos acumulativos previamente existentes en el SAR, particularmente aquellos relacionados con la transformación urbano-costera, la presión sobre la franja litoral, la modificación del paisaje, la

movilidad regional, la presencia humana en espacios recreativos y la presión sobre componentes bióticos sensibles.

Sin embargo, dicha contribución no se considera crítica ni determinante por sí misma para modificar la estructura o funcionamiento regional del SAR, debido a que el proyecto se inserta en un entorno previamente transformado, su ocupación física se encuentra delimitada, y los impactos de mayor relevancia pueden ser prevenidos, mitigados, controlados o monitoreados mediante las medidas ya previstas en el Capítulo VI.

En consecuencia, los impactos acumulativos identificados no modifican por sí mismos la viabilidad ambiental del proyecto, pero sí refuerzan la necesidad de que las medidas de mitigación y el Programa de Vigilancia Ambiental se apliquen de manera estricta, documentada y verificable, con especial atención sobre la desembocadura del río Jamapa, la franja litoral, la vegetación costera, el manglar, la fauna silvestre, el cangrejo azul, las aves rapaces, el paisaje y la dinámica socioeconómica asociada con la movilidad y el uso recreativo del espacio.

V.6. Resumen y conclusiones.

La evaluación de impactos ambientales del proyecto "Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz" se desarrolló mediante la identificación de actividades impactantes, factores ambientales susceptibles de afectación, aplicación de listas de control, matrices de valoración y comparación de escenarios ambientales. Este enfoque permitió analizar el comportamiento del SAR bajo tres condiciones: escenario sin proyecto, escenario con proyecto sin medidas de mitigación y escenario con proyecto considerando la aplicación de las medidas de prevención, mitigación, restauración, compensación y control ya previstas.

La siguiente tabla sintetiza los resultados de la valoración y permiten visualizar la variación en la importancia de los impactos entre escenarios. Su interpretación debe realizarse considerando tanto la reducción de impactos adversos derivada de la aplicación de medidas, como la permanencia de impactos residuales y la posible contribución incremental del proyecto a procesos acumulativos previamente identificados en el SAR.

Valoración de Importancia		
Etapas	Sin Medidas	Con Medidas
Preparación del Sitio	-25	-22
Construcción	-28	-24
Operación	-23	-21
Promedio	-25	-22

Como se puede ver a partir de la tabla anterior, el promedio de valoración disminuye de -25 a -22, lo que nos permite inferir que las afectaciones negativas se encuentran definitivamente dentro del rango de impactos **Irrelevantes**.

De igual manera considerando los resultados de las valoraciones se estima que los impactos ambientales negativos son puntuales, momentáneos y poco significativos, por lo que el proyecto en términos ambientales es **VIABLE** en todas sus etapas.

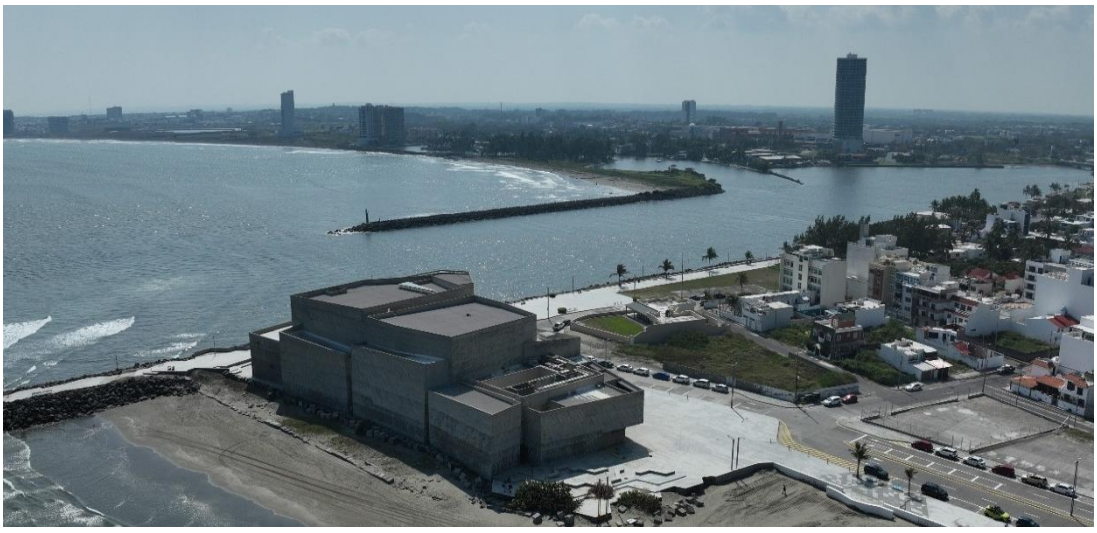
Los resultados muestran que el SAR corresponde a un sistema urbano-costero previamente transformado, con presencia de vialidades, desarrollos habitacionales, infraestructura turística, escolleras, ocupación de márgenes, presión recreativa sobre playas y fragmentación de vegetación costera. No obstante, el sistema conserva componentes ambientales y sociales sensibles, entre ellos la desembocadura del río Jamapa, la franja litoral, la playa, los esteros, la Isla del Amor, los remanentes de vegetación costera, los individuos de mangle, las áreas con madrigueras de cangrejo azul, los sitios de uso por fauna silvestre, la unidad paisajística costera-urbana y los espacios de uso social, turístico y recreativo.

Con base en los resultados de la valoración general, la identificación de impactos residuales y la evaluación integrada de impactos acumulativos, se concluye que el proyecto es ambientalmente viable, siempre que las obras se ejecuten dentro del área autorizada y que las medidas de prevención, mitigación, restauración, compensación, control y vigilancia ambiental previstas se apliquen de manera estricta, documentada y verificable durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.

La viabilidad ambiental del proyecto no se sustenta en la ausencia de impactos, sino en que estos han sido identificados, valorados y relacionados con medidas de manejo acordes con su magnitud, temporalidad, localización y significancia. Por ello, el cumplimiento del Programa de Vigilancia Ambiental será determinante para asegurar que los impactos directos, residuales y acumulativos se mantengan dentro de rangos ambientalmente manejables y compatibles con la condición actual del SAR.

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL,

MODALIDAD REGIONAL



Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz

GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ 2024 - 2030

SIOP SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA Y OBRA PÚBLICA

Secretaría de Infraestructura y Obras Públicas del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave (SIOP).

Capítulo VI

Junio, 2026.

Contenido

VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL. 2

VI.1. Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por etapa. 3

Medidas de mitigación – Etapa de preparación de sitio 5

Medidas de mitigación – Etapa de construcción 8

Medidas de mitigación – Etapa de operación y mantenimiento 12

VI.2. Programa de vigilancia ambiental 15

VI. 3. Seguimiento y control (monitoreo) 50

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL PUENTE EN BOCA DEL RÍO-ALVARADO, VERACRUZ

VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.

Este capítulo tiene como finalidad definir, clasificar y describir las acciones, medidas y estrategias propuestas para prevenir, mitigar, restaurar, compensar, controlar y dar seguimiento a los impactos ambientales identificados y valorados para el proyecto "Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz". Estas medidas se relacionan con los impactos directos, residuales y acumulativos evaluados en el Capítulo V, así como con los componentes sensibles del SAR diagnosticados en el Capítulo IV.

Las medidas propuestas se orientan a mantener las obras y actividades dentro del área autorizada, prevenir afectaciones directas o indirectas sobre cuerpos de agua, vegetación, fauna silvestre, manglar, cangrejo azul, aves rapaces, paisaje y componentes socioeconómicos, así como a establecer mecanismos de vigilancia, documentación y verificación de cumplimiento ambiental durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.

Para efectos de este capítulo, el área del proyecto corresponde a la superficie donde se ejecutarán físicamente las obras y actividades previstas, mientras que el SAR constituye la unidad de análisis ambiental regional dentro de la cual se identifican los componentes sensibles que pueden requerir vigilancia o control preventivo. Por ello, las medidas no se interpretan únicamente en función de la huella física de las obras, sino también en función de la prevención de afectaciones indirectas sobre los componentes sensibles del SAR.

Todas las medidas propuestas deberán evaluarse en función de su costo, duración, métodos de ejecución, requerimientos de capacitación, confiabilidad bajo las condiciones locales e indicadores de cumplimiento. Lo anterior permitirá verificar que la viabilidad ambiental del proyecto se sustente en la aplicación estricta, documentada y verificable de las medidas de prevención, mitigación, restauración, compensación, control y vigilancia ambiental consideradas en la presente Manifestación.

VI.1. Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por etapa.

Conforme a los resultados obtenidos en la valoración de impactos ambientales del Capítulo V, incluyendo la identificación de impactos residuales y la evaluación integrada de impactos acumulativos, se presenta el conjunto de medidas de prevención, mitigación, restauración, compensación, control y vigilancia ambiental propuestas para el proyecto. Estas medidas corresponden a las acciones identificadas para atender los impactos adversos asociados con las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.

Las medidas se organizan por etapa del proyecto y por cruce de interacción entre actividades impactantes y factores ambientales susceptibles de afectación. Su aplicación permitirá reducir la magnitud, relevancia o permanencia de los impactos identificados, así como dar seguimiento a los componentes sensibles del SAR que requieren atención específica, tales como la desembocadura del río Jamapa, la franja litoral, la vegetación costera, los individuos de mangle, la fauna silvestre, el cangrejo azul, las aves rapaces, el paisaje y los usos sociales, turísticos y recreativos del entorno.

Las medidas de mitigación tienen por principal finalidad prevenir o restringir los efectos adversos significativos del Proyecto, cualquiera sea su fase de ejecución. Dado que algunas medidas de mitigación pueden atender más de un cruce de impacto, su aplicación deberá interpretarse de manera integral conforme a la actividad generadora, el factor

ambiental afectado, la etapa del proyecto y los indicadores de cumplimiento establecidos en el Programa de Vigilancia Ambiental.

En relación con las medidas propuestas para el proyecto, se busca prevenir, reducir, controlar, restaurar o compensar, según corresponda, los impactos ambientales adversos identificados y valorados en el Capítulo V. Su aplicación permitirá disminuir la magnitud, duración, extensión o relevancia de los impactos directos, residuales y acumulativos, de acuerdo con la naturaleza de cada actividad y componente ambiental susceptible de afectación. Para esto, se categorizaron las medidas de la siguiente manera:

- Minimización
- Reparación y/o restauración
- Compensación

Las medidas de **Minimización** tienen por finalidad evitar o disminuir los efectos adversos del proyecto o actividad, cualquiera sea su fase de ejecución.

Las medidas de **Reparación y/o Restauración** tienen por finalidad reponer uno o más de los componentes o elementos del medio ambiente a una calidad similar a la que tenían con anterioridad al daño causado o, en caso de no ser ello posible, restablecer sus propiedades básicas.

Las medidas de **Compensación** tienen por finalidad producir o generar un efecto positivo alternativo y equivalente a un efecto adverso identificado.

Se identificó un total de 37 medidas de mitigación para los diferentes componentes ambientales evaluados dentro del Sistema Ambiental del proyecto, principalmente de minimización.

En este capítulo se presentan las propuestas de medidas de minimización, restauración y compensación identificadas para reducir la relevancia de los impactos ambientales adversos que el proyecto ocasionará potencialmente al SA y que fueron identificados en el Capítulo V del presente documento:

Medidas de mitigación – Etapa de preparación de sitio

A continuación se presentan las medidas de mitigación identificadas para cada cruce de impactos ambientales de la etapa de preparación de sitio del proyecto:

Medidas de Mitigación - Etapa de Preparación del Sitio

Etapa de Preparación del Sitio

Clave	PA19	PA27	PA28	PA32	PA33	PA43	PA54	PA21	PA22	PA23	PA24	PA29	PA60	PA36	PA372	PA374	PA386	PA394	PA48	PA49	PA417	PA421	PA422	PA449	PA454	PA456	PA460	PA461	PA546	PA549	PA556	PA586	PA587	PA68	PA69	PA617	PA621	PA622	PA624	PA627	PA632	PA660	PA71	PA72	PA73	PA74	PA746	PA79	PA786
Med01	A	A	A	A	A	A	A																		A	A															A	A							
Med02	A	A	A	A	A	A																											A																
Med03	A	A	A	A	A	A																											A																
Med04	A	A	A	A	A	A																																											
Med05	A	A	A	A	A	A																																											
Med06	A	A	A	A	A	A	A																										A																
Med07		A	A	A	A	A																A	A	A	A	A		A									A	A	A										
Med08		A	A	A	A	A																																											
Med09		A	A	A	A	A																																											
Med10							A																		A	A																							
Med11							A																		A	A																							
Med12								A	A	A	A																															A	A	A	A	A	A		
Med13								A	A	A	A																		A	A													A	A	A	A	A	A		
Med14								A	A	A	A																		A	A													A	A	A	A	A	A		
Med15								A	A	A	A																		A	A													A	A	A	A	A	A		
Med16												A							A	A															A	A													
Med17												A							A	A															A	A													
Med18																						A	A																	A	A	A	A	A	A			
Med19																						A	A																	A	A	A						
Med20																						A	A																	A	A	A	A	A	A			
Med21																								A				A																					
Med22																						A	A																	A	A	A						
Med23																									A	A																							
Med24																									A	A																							
Med25																														A		A																	
Med26																																A																	
Med27																																	A																
Med28																																										A	A							
Med29																																										A	A							

Descripción de cada medida de mitigación:

Tabla 1 Medidas de mitigación que serían aplicadas a la etapa de Preparación de Sitio del proyecto

	Medida de Mitigación	Clave
Etapa de Preparación de Sitio	Diseño y ejecución de un plan de implementación y vigilancia que garantice el cumplimiento de los planes, medidas, términos y condicionantes establecidos en la autorización de impacto ambiental durante todas las etapas del proyecto.	Med01
	Diseño y ejecución de un plan de manejo integral de residuos que incluya los residuos sólidos urbanos (RSU), residuos de manejo especial (RME) y residuos peligrosos (RP) generados en todas las etapas del proyecto.	Med02
	El contratista deberá contar con autorización como generador de residuos de manejo especial y de residuos peligrosos ante las instancias estatales y federales correspondientes antes del inicio de cualquier actividad generadora de dichos residuos.	Med03
	Se dispondrá de recipientes adecuados en los frentes de trabajo y dentro de un espacio designado para el almacenamiento temporal de residuos sólidos urbanos, clasificándolos al menos en: residuos orgánicos e inorgánicos.	Med04
	El almacenamiento de residuos de manejo especial contemplará una separación mínima en las siguientes categorías: metales ferrosos, madera y residuos de construcción. El sitio de almacenamiento mantendrá los residuos al resguardo de la intemperie y sobre piso impermeable.	Med05
	El transporte y disposición final de todos los residuos generados en el contexto del proyecto, en todas sus etapas, se realizará mediante empresas y en sitios que cuenten con todas las autorizaciones aplicables vigentes.	Med06
	Diseño y ejecución de un plan de capacitación y difusión ambiental dirigido a los trabajadores del proyecto, para dar a conocer el manejo ambiental del proyecto y contribuir a la correcta implementación de los planes, medidas y condicionantes aplicables.	Med07
	Se dispondrá de sanitarios móviles (mínimo 1 por cada 25 trabajadores) en los frentes de trabajo activos. Las aguas residuales resultantes serán dispuestas como residuos de manejo especial mediante empresas con las autorizaciones correspondientes.	Med08
	Se garantizará, mediante el control y supervisión pertinentes, que no se arrojen objetos, materiales, residuos ni sustancias al río Jamapa, a la zona costera ni porción marina del entorno del proyecto.	Med09
	Durante el desarrollo de los trabajos se mantendrá observación permanente de las poblaciones locales de fauna silvestre, con énfasis en aves costeras y marinas, mamíferos acuáticos y reptiles, con el objetivo de prevenir su afectación durante la ejecución de las obras.	Med10

	De manera independiente al seguimiento de fauna durante las obras, se diseñará e implementará un monitoreo de especies de fauna silvestre indicadoras de calidad ecosistémica en el área del proyecto y en los componentes sensibles del SAR cercanos a la obra, cubriendo al menos un ciclo anual completo.	Med11
	La maquinaria y equipo que se utilice en la etapa de construcción deberá ser mantenida previo al inicio de los trabajos en talleres con instalaciones adecuadas, disminuyendo al mínimo la necesidad de realizar mantenimientos en los frentes de obra.	Med12
	Toda la maquinaria y equipo utilizado en el proyecto será sometido a un programa de mantenimiento que promueva la eficiencia de los motores de combustión interna, minimizando las emisiones a la atmósfera durante el desarrollo del proyecto.	Med13
	Los automóviles, camionetas y vehículos de carga que operen en el marco del proyecto cumplirán con las obligaciones de verificación vehicular correspondientes conforme a la NOM-041-SEMARNAT-2015 y NOM-045-SEMARNAT-2006.	Med14
	Apagado de motor de la maquinaria y equipo a combustión, cuando no esté en operación	Med15
	Riego periódico de superficies transitables y de zonas de remoción de suelo, así como uso de procesos húmedos en la mezcla de materiales, para así disminuir la suspensión de polvos y partículas	Med16
	El agua que se utilice en la obra (mezcla de concreto, control de polvos y demás usos constructivos) será provista exclusivamente por un tercero que cuente con las autorizaciones de la CONAGUA correspondientes y vigentes.	Med17
	Las actividades se llevarán a cabo de la forma más precisa posible respecto al trazo topográfico, para así evitar afectaciones al suelo en sitios que no formen parte del propio proyecto.	Med18
	Se harán rutas de tránsito dentro de las áreas de trabajo y almacenamiento de materiales del proyecto.	Med19
	Delimitación física mediante estacas y señalización visible de la ZOFEMAT en el tramo costero comprendido en el trazo del proyecto, con base en los planos generados conforme a la NOM-146-SEMARNAT-2017 y NOM-146-SEMARNAT-2005	Med20
	Implementación de jardinería ornamental en las áreas del proyecto, utilizando preferentemente especies nativas o propias de la región, de bajo requerimiento hídrico y bajo mantenimiento.	Med21
	Monitoreo de la situación de ejemplares de mangle (todas las especies censadas) registrados en las inmediaciones de la obra y ejecución de acciones preventivas para garantizar su integridad durante el desarrollo del proyecto.	Med22
	Seguimiento preventivo del cangrejo azul (*Cardisoma guanhumi*), con énfasis en la identificación, delimitación y verificación de madrigueras activas, rutas de desplazamiento, zonas de refugio y áreas sensible	Med23
	Monitoreo del hábitat de aves rapaces, con énfasis en sitios de percha, alimentación, caza, anidación y uso de hábitat sitios sensibles cercanos a la Isla del Amor	Med24

	Sellado con lonas de carrocerías de camiones/camiones de volteo para el transporte de materiales y/o residuos de la construcción	Med25
	El traslado de materiales se realizará, preferentemente, durante el día y en horas de poco tránsito vehicular.	Med26
	Los residuos de la construcción deberán ser dispuestos en bancos de tiro autorizados por la autoridad competente.	Med27
	Se diseñará e implementará un Plan de Manejo Integral del Agua que prevenga la contaminación del Río Jamapa y la zona costera durante la ejecución de todas las actividades constructivas del proyecto.	Med28
	Se garantizará, mediante el control y supervisión permanentes, que el desarrollo de los trabajos se apegue exclusivamente a los sitios del proyecto autorizados y a la ejecución conforme al plan de obra propuesto.	Med29

Medidas de mitigación – Etapa de construcción

A continuación se presentan, las medidas de mitigación correspondientes a los cruces de impacto de la etapa de construcción del proyecto:

| Medidas de Mitigación - Etapa de Construcción | | |

	El contratista deberá contar con autorización como generador de residuos de manejo especial y de residuos peligrosos ante las instancias estatales y federales correspondientes antes del inicio de cualquier actividad generadora de dichos residuos.	Med03
	Se dispondrá de recipientes adecuados en los frentes de trabajo y dentro de un espacio designado para el almacenamiento temporal de residuos sólidos urbanos, clasificándolos al menos en: residuos orgánicos e inorgánicos.	Med04
	El almacenamiento de residuos de manejo especial contemplará una separación mínima en las siguientes categorías: metales ferrosos, madera y residuos de construcción. El sitio de almacenamiento mantendrá los residuos al resguardo de la intemperie y sobre piso impermeable.	Med05
	El transporte y disposición final de todos los residuos generados en el contexto del proyecto, en todas sus etapas, se realizará mediante empresas y en sitios que cuenten con todas las autorizaciones aplicables vigentes.	Med06
	Diseño y ejecución de un plan de capacitación y difusión ambiental dirigido a los trabajadores del proyecto, para dar a conocer el manejo ambiental del proyecto y contribuir a la correcta implementación de los planes, medidas y condicionantes aplicables.	Med07
	Se dispondrá de sanitarios móviles (mínimo 1 por cada 25 trabajadores) en los frentes de trabajo activos. Las aguas residuales resultantes serán dispuestas como residuos de manejo especial mediante empresas con las autorizaciones correspondientes.	Med08
	Se garantizará, mediante el control y supervisión pertinentes, que no se arrojen objetos, materiales, residuos ni sustancias al río Jamapa, a la zona costera ni porción marina del entorno del proyecto.	Med09
	Durante el desarrollo de los trabajos se mantendrá observación permanente de las poblaciones locales de fauna silvestre, con énfasis en aves costeras y marinas, mamíferos acuáticos y reptiles, con el objetivo de prevenir su afectación durante la ejecución de las obras.	Med10
	De manera independiente al seguimiento de fauna durante las obras, se diseñará e implementará un monitoreo de especies de fauna silvestre indicadoras de calidad ecosistémica en el área del proyecto y en los componentes sensibles del SAR cercanos a la obra, cubriendo al menos un ciclo anual completo.	Med11
	La maquinaria y equipo que se utilice en la etapa de construcción deberá ser mantenida previo al inicio de los trabajos en talleres con instalaciones adecuadas, disminuyendo al mínimo la necesidad de realizar mantenimientos en los frentes de obra.	Med12

	Toda la maquinaria y equipo utilizado en el proyecto será sometido a un programa de mantenimiento que promueva la eficiencia de los motores de combustión interna, minimizando las emisiones a la atmósfera durante el desarrollo del proyecto.	Med13
	Los automóviles, camionetas y vehículos de carga que operen en el marco del proyecto cumplirán con las obligaciones de verificación vehicular correspondientes conforme a la NOM-041-SEMARNAT-2015 y NOM-045-SEMARNAT-2006.	Med14
	Apagado de motor de la maquinaria y equipo a combustión, cuando no esté en operación	Med15
	Riego periódico de superficies transitables y de zonas de remoción de suelo, así como uso de procesos húmedos en la mezcla de materiales, para así disminuir la suspensión de polvos y partículas	Med16
	El agua que se utilice en la obra (mezcla de concreto, control de polvos y demás usos constructivos) será provista exclusivamente por un tercero que cuente con las autorizaciones de la CONAGUA correspondientes y vigentes.	Med17
	Las actividades se llevarán a cabo de la forma más precisa posible respecto al trazo topográfico, para así evitar afectaciones al suelo en sitios que no formen parte del propio proyecto.	Med18
	Delimitación física mediante estacas y señalización visible de la ZOFEMAT en el tramo costero comprendido en el trazo del proyecto, con base en los planos generados conforme a la NOM-146-SEMARNAT-2017 y NOM-146-SEMARNAT-2005	Med20
	Sellado con lonas de carrocerías de camiones/camiones de volteo para el transporte de materiales y/o residuos de la construcción	Med25
	El traslado de materiales se realizará, preferentemente, durante el día y en horas de poco tránsito vehicular.	Med26
	Se garantizará, mediante el control y supervisión permanentes, que el desarrollo de los trabajos se apegue exclusivamente a los sitios del proyecto autorizados y a la ejecución conforme al plan de obra propuesto.	Med29
	El material de construcción que se utilice en esta etapa deberá provenir, en caso de que así lo requiera la legislación ambiental aplicable, de fuentes autorizadas en materia ambiental.	Med30
	Utilización de lonas o pantallas cortaviento para cubrir los materiales almacenados que no serán utilizados inmediatamente en la zona de construcción.	Med31
	Para el manejo / almacenamiento de materiales e insumos en estado líquido que pudieran derramarse y contaminar el suelo, se deberá contar con medios de contención como charolas o tarimas para el control de derrames	Med32
	Los mantenimientos de maquinaria que de manera extraordinaria o inevitable deban realizarse en el frente de obra contemplarán medidas que prevengan derrames de aceites o combustibles, y dispondrán de materiales y equipos para la correcta atención de derrames accidentales.	Med33

	Implementación de un programa de supervisión asistida por drones y recorridos de verificación en campo para vigilar que los frentes no generen turbidez excesiva ni agreguen residuos al agua.	Med34
	Incorporación de colores, formas, acabados y criterios de integración visual que favorezcan la armonía entre la estructura civil y el entorno urbano-costero, con la finalidad de reducir el contraste visual del proyecto y mejorar su inserción paisajística.	Med35
	Diseño e instalación de pasos de fauna para el cangrejo azul (Cardisoma guanhumi) en los puntos del trazo que intercepten rutas de migración o desplazamiento estacional de la especie	Med36

Medidas de mitigación – Etapa de operación y mantenimiento

Abajo presentamos las medidas de mitigación identificadas para los cruces de impacto ambiental valorados en la etapa de operación del proyecto:

Medidas de Mitigación para los Impactos Generados en la Etapa de Operación															
Clave	OM1A6	OM1A7	OM2A19	OM2A32	OM2A42	OM2A43	OM2A54	OM3A87	OM4A1	OM4A2	OM4A3	OM4A4	OM4A46	OM4A49	OM5A87
Med01									A	A	A	A	A	A	
Med04			A	A	A	A	A								
Med06			A	A	A	A	A								
Med12									A	A	A	A	A	A	
Med13									A	A	A	A	A	A	
Med14									A	A	A	A	A	A	
Med15									A	A	A	A	A	A	
Med20									A	A	A	A	A	A	
Med21									A	A	A	A	A	A	
Med23							A								
Med24							A								
Med36							A								
Med37			A	A	A	A	A								
Residuales	R	R						R							R

Descripción de las medidas de mitigación:

Tabla 3 Medidas de mitigación que serían aplicadas a la etapa de Operación del proyecto

	Medida de Mitigación	Clave
Etapa de Operación	Diseño y ejecución de un plan de implementación y vigilancia que garantice el cumplimiento de los planes, medidas, términos y condicionantes establecidos en la autorización de impacto ambiental durante todas las etapas del proyecto.	Med01
	Se dispondrá de recipientes adecuados en los frentes de trabajo y dentro de un espacio designado para el almacenamiento temporal de residuos sólidos urbanos, clasificándolos al menos en: residuos orgánicos e inorgánicos.	Med04
	El transporte y disposición final de todos los residuos generados en el contexto del proyecto, en todas sus etapas, se realizará mediante empresas y en sitios que cuenten con todas las autorizaciones aplicables vigentes.	Med06

	La maquinaria y equipo que se utilice en la etapa de construcción deberá ser mantenida previo al inicio de los trabajos en talleres con instalaciones adecuadas, disminuyendo al mínimo la necesidad de realizar mantenimientos en los frentes de obra.	Med12
	Toda la maquinaria y equipo utilizado en el proyecto será sometido a un programa de mantenimiento que promueva la eficiencia de los motores de combustión interna, minimizando las emisiones a la atmósfera durante el desarrollo del proyecto.	Med13
	Los automóviles, camionetas y vehículos de carga que operen en el marco del proyecto cumplirán con las obligaciones de verificación vehicular correspondientes conforme a la NOM-041-SEMARNAT-2015 y NOM-045-SEMARNAT-2006.	Med14
	Apagado de motor de la maquinaria y equipo a combustión, cuando no esté en operación	Med15
	Delimitación física mediante estacas y señalización visible de la ZOFEMAT en el tramo costero comprendido en el trazo del proyecto, con base en los planos generados conforme a la NOM-146-SEMARNAT-2017 y NOM-146-SEMARNAT-2005	Med20
	Implementación de jardinería ornamental en las áreas del proyecto, utilizando preferentemente especies nativas o propias de la región, de bajo requerimiento hídrico y bajo mantenimiento	Med21
	Seguimiento preventivo del cangrejo azul (*Cardisoma guanhumi*), con énfasis en la identificación, delimitación y verificación de madrigueras activas, rutas de desplazamiento, zonas de refugio y áreas sensible	Med23
	Monitoreo del hábitat de aves rapaces, con énfasis en sitios de percha, alimentación, caza, anidación y uso de hábitat sitios sensibles cercanos a la Isla del Amor.	Med24
	Diseño e instalación de pasos de fauna para el cangrejo azul (Cardisoma guanhumi) en los puntos del trazo que intercepten rutas de migración o desplazamiento estacional de la especie	Med36
	Recolección periódica de residuos sólidos urbanos por parte del Servicio de Limpia del H. Ayuntamiento	Med37

Como parte del Programa de Vigilancia Ambiental, se presentará una ficha técnica para cada medida de mitigación enlistada arriba. Estas fichas técnicas indican el nombre y clave de la medida de mitigación, el objetivo de la misma, la etapa de implementación, el tipo de medida del que se trata y el indicador de cumplimiento de cada una.

VI.2. Programa de vigilancia ambiental

Para proyectos de infraestructura como el sujeto a la presente Manifestación, se vuelve necesario contar con una estrategia para el seguimiento y control de las medidas de mitigación propuestas, por lo que se elaboró un conjunto de matrices de planeación elaboradas a modo de ficha técnica para cada medida de mitigación. Estas fichas técnicas indican el nombre y clave de la medida de mitigación, el objetivo de la misma, la línea estratégica que sigue, qué actividades y a que factores afecta el impacto, el tipo de medida y la etapa de implementación de la obra o actividad de mitigación.

En algunos casos, tomando en cuenta el tipo de medida, se desarrollarán las acciones a realizar así como las técnicas y/o tecnologías a utilizar. De igual manera se muestra un pequeño cronograma para la aplicación de las mismas, los responsables de su ejecución y los indicadores y acciones para la verificación de su cumplimiento.

El Programa de Vigilancia Ambiental tendrá un carácter transversal y verificable, por lo que su aplicación deberá documentar el cumplimiento de las medidas propuestas, así como la atención de los impactos directos, residuales y acumulativos identificados en el Capítulo V. Para ello, la supervisión ambiental deberá registrar la ejecución de las medidas mediante bitácoras, reportes de campo, evidencia fotográfica, registros georreferenciados cuando sea aplicable, listas de capacitación, manifiestos o comprobantes de manejo de residuos, reportes de fauna, registros de incidentes y acciones correctivas. Esta documentación permitirá verificar que las actividades se mantengan dentro del área autorizada y que se atiendan oportunamente los componentes sensibles del SAR, incluyendo cuerpos de agua, vegetación costera, mangle, fauna silvestre, cangrejo azul, aves rapaces y paisaje.

Para efectos de verificación, las fuentes de información de cada medida deberán corresponder a evidencias documentales, fotográficas, cartográficas, administrativas o técnicas que permitan demostrar su cumplimiento. Por ello, cuando en las fichas técnicas

se señale la fuente de información, esta deberá integrarse preferentemente por bitácoras de supervisión ambiental, reportes de campo, evidencia fotográfica, listas de asistencia, registros de capacitación, autorizaciones, contratos, manifiestos o comprobantes de disposición de residuos, reportes de mantenimiento, registros de fauna, reportes de monitoreo, planos, croquis, registros georreferenciados, reportes de dron, actas de verificación o cualquier otro documento técnico que permita comprobar la ejecución de la medida.

A continuación, se presentan las fichas técnicas de las medidas de mitigación diseñadas para el proyecto y correspondientes a todas sus etapas:

MEDIDA: Plan de implementación y vigilancia de medidas, términos y condicionantes.	**MED01**
OBJETIVO	Diseñar y ejecutar un plan de implementación y vigilancia ambiental que garantice el cumplimiento de las medidas propuestas, así como de los términos, condicionantes y obligaciones ambientales aplicables durante todas las etapas del proyecto. La medida permitirá verificar que las obras y actividades se desarrollen dentro del área autorizada, que se atiendan los impactos ambientales evaluados y que se mantenga seguimiento sobre los componentes sensibles del SAR.
Actividades que lo producen: Actividades impactantes del proyecto.	**Impactos Ambientales a manejar:** Todos los correspondientes a la obra, además de términos y condicionantes
Tipo de Medida: • Prevención • Minimización	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio. • Etapa de Construcción • Etapa de Operación y Mantenimiento
Acciones a desarrollar: • • Diseño del plan de vigilancia ambiental. • • Programación de actividades de supervisión por etapa del proyecto. • • Asignación de recursos humanos, materiales y logísticos para la vigilancia ambiental. • • Verificación de la implementación de medidas, términos, condicionantes y obligaciones ambientales aplicables. • • Supervisión de frentes de obra, áreas de trabajo, manejo de residuos, maquinaria, materiales, fauna, vegetación, cuerpos de agua y componentes sensibles del SAR.	

• Integración de bitácoras, reportes de campo, evidencia fotográfica, registros de capacitación, manifiestos de residuos, reportes de fauna, reportes de incidentes y acciones correctivas. • Seguimiento de desviaciones o incumplimientos detectados y verificación de su atención oportuna.
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Buenas prácticas de ingeniería. • Supervisión y vigilancia.
Lugar de Aplicación: • Sistema Ambiental
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Contratista del proyecto
Personal requerido: • 1 Residente de Obra • 1 Equipo de supervisión ambiental
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto

Indicador	
Nombre	Medidas, términos, condicionantes y acciones de vigilancia aplicadas y documentadas
Periodicidad	Conforme a cada etapa del proyecto
Método de cálculo	Proporción implementada del total de actividades > 0.85
Fuente de información	Bitácora de supervisión ambiental, reportes de cumplimiento, evidencia fotográfica, registros de campo y reportes de acciones correctivas.

MEDIDA: Plan de Manejo Integral de Residuos **MED02**	
OBJETIVO	Diseñar y ejecutar un plan de manejo integral de residuos que incluya los residuos sólidos urbanos (RSU), residuos de manejo especial (RME) y residuos peligrosos (RP) generados en todas las etapas del proyecto.
Actividades que lo producen: Mano de obra contratada Limpieza y demolición de infraestructura Uso de maquinaria y equipo para construcción	**Impactos Ambientales a manejar:** Contaminación del suelo Contaminación del agua
Tipo de Medida: • Minimización	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio. • Etapa de Construcción • Etapa de Operación y Mantenimiento
Acciones a desarrollar:	

• Identificación y cálculo del volumen de residuos a generar • Identificación de actividades de manejo de RSU y RME • Identificación de actividades de manejo de RP • Manejo adecuado de residuos en cada etapa del proyecto
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Separación de residuos • Valoración de residuos
Lugar de Aplicación: • Sistema Ambiental
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Contratista del proyecto
Personal requerido: • 1 Residente de Obra • 1 Equipo de supervisión ambiental • Brigada de recolección de residuos
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto

Indicador	
Nombre	Actividades realizadas
Periodicidad	Única
Método de cálculo	Proporción de actividades programadas / ejecutadas > .9
Fuente de información	Bitácoras de generación y manejo de residuos, manifiestos, comprobantes de transporte y disposición final, contratos con empresas autorizadas y evidencia fotográfica.

MEDIDA: Registro como generador de residuos **MED03**	
OBJETIVO	El promovente y/o el contratista deberá contar con autorización como generador de residuos de manejo especial y de residuos peligrosos ante las instancias estatales y federales correspondientes antes del inicio de cualquier actividad generadora de dichos residuos.
Actividades que lo producen: Mano de obra contratada Limpieza y demolición de infraestructura Uso de maquinaria y equipo para construcción	**Impactos Ambientales a manejar:** Contaminación del suelo Contaminación del agua
Tipo de Medida: • Minimización	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio.
Acciones a desarrollar: • Identificación y cálculo del volumen de residuos a generar • Registro como generador de RME	

• Registro como generador de residuos peligrosos	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • N.A.	
Lugar de Aplicación: • Sistema Ambiental	
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Contratista del proyecto	
Personal requerido: • 1 Residente de Obra • 1 Equipo de supervisión ambiental	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto	
Indicador	
Nombre	Registro como generador de residuos
Periodicidad	Única (inicio del proyecto)
Método de cálculo	Registro como generador de RME y registro como generador de RP presentados a la autoridad
Fuente de información	Bitácoras de generación y manejo de residuos, manifiestos, comprobantes de transporte y disposición final, contratos con empresas autorizadas y evidencia fotográfica.

MEDIDA: Se dispondrá de recipientes adecuados en los frentes de trabajo y dentro de un espacio designado para el almacenamiento temporal de residuos sólidos urbanos, clasificándolos al menos en: residuos orgánicos e inorgánicos.		**MED04**
OBJETIVO	Contar con contenedores para la separación y disposición temporal de RSU en los frentes de trabajo	
Actividades que lo producen: Mano de obra contratada Limpieza y demolición de infraestructura Uso de maquinaria y equipo para construcción	**Impactos Ambientales a manejar:** Contaminación del suelo Contaminación del agua	
Tipo de Medida: • Minimización	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio. • Etapa de Construcción. • Etapa de Operación y Mantenimiento.	
Acciones a desarrollar:		

• Cálculo de volumen de residuos a generar • Cálculo de contenedores por frente de trabajo • Adquisición, etiquetado y colocación de contenedores en frente de trabajo • Recolección y traslado de residuos al sitio de almacenamiento temporal	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Separación de residuos • Valoración de residuos • Manejo integral de residuos	
Lugar de Aplicación: • Sistema Ambiental	
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Contratista del proyecto	
Personal requerido: • 1 Residente de Obra • 1 Equipo de supervisión ambiental • Brigada de recolección de residuos	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto	
Indicador	
Nombre	Colocación de contenedores
Periodicidad	De acuerdo al programa de obra
Método de cálculo	Dos contenedores de residuos / 25 personas
Fuente de información	Bitácoras de generación y manejo de residuos, manifiestos, comprobantes de transporte y disposición final, contratos con empresas autorizadas y evidencia fotográfica.

MEDIDA: El almacenamiento de residuos de manejo especial contemplará una separación mínima en las siguientes categorías: metales ferrosos, madera y residuos de construcción. El sitio de almacenamiento mantendrá los residuos al resguardo de la intemperie y sobre piso impermeable.	**MED05**
OBJETIVO Contar con un sitio adecuado para el almacenamiento temporal de residuos.	
Actividades que lo producen: Mano de obra contratada Limpieza y demolición de infraestructura Uso de maquinaria y equipo para construcción	**Impactos Ambientales a manejar:** Contaminación del suelo Contaminación del agua
Tipo de Medida: • Minimización	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio

Acciones a desarrollar: • Cálculo de espacio para almacenamiento de residuos • Identificación de espacios para instalación del almacén temporal • Instalación del almacén temporal de residuos	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Manejo integral de residuos	
Lugar de Aplicación: • Sistema Ambiental	
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Contratista del proyecto	
Personal requerido: • 1 Residente de Obra • 1 Equipo de supervisión ambiental • Brigada de recolección de residuos	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto	
Indicador	
Nombre	Instalación de almacén temporal
Periodicidad	Única (inicio de obra)
Método de cálculo	Almacén temporal instalado
Fuente de información	Bitácoras de generación y manejo de residuos, manifiestos, comprobantes de transporte y disposición final, contratos con empresas autorizadas y evidencia fotográfica.

MEDIDA: El transporte y disposición final de todos los residuos generados en el contexto del proyecto, en todas sus etapas, se realizará mediante empresas y en sitios que cuenten con todas las autorizaciones aplicables vigentes.		**MED06**
OBJETIVO	Contar con una recolección, transporte y disposición de residuos adecuada para cada tipo.	
Actividades que lo producen: Mano de obra contratada Limpieza y demolición de infraestructura Uso de maquinaria y equipo para construcción	**Impactos Ambientales a manejar:** Contaminación del suelo Contaminación del agua	
Tipo de Medida: • Minimización	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio • Etapa de Construcción • Etapa de Operación y Mantenimiento	
Acciones a desarrollar: • Revisar los listados de empresas autorizadas para la recolección de residuos (por tipo)		

• Revisar los listados de empresas autorizadas para la disposición final de residuos (por tipo) • Solicitud de cotización y contratación de servicios • Recopilación de evidencia documental de recolección, transporte y disposición de residuos	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Manejo integral de residuos	
Lugar de Aplicación: • Sistema Ambiental	
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Contratista del proyecto	
Personal requerido: • 1 Residente de Obra • 1 Equipo de supervisión ambiental • Brigada de recolección de residuos	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto	
Indicador	
Nombre	Residuos recolectados
Periodicidad	Mensual
Método de cálculo	Residuos generados / residuos recolectados > 1
Fuente de información	Bitácoras de generación y manejo de residuos, manifiestos, comprobantes de transporte y disposición final, contratos con empresas autorizadas y evidencia fotográfica.

MEDIDA: Plan de capacitación y disposición ambiental	**MED07**
OBJETIVO	Diseño y ejecución de un plan de capacitación y difusión ambiental dirigido a los trabajadores del proyecto, para dar a conocer el manejo ambiental del proyecto y contribuir a la correcta implementación de los planes, medidas y condicionantes aplicables.
Actividades que lo producen: Mano de obra contratada Despalme y desmonte Trazo y nivelación Almacenamiento de materiales	**Impactos Ambientales a manejar:** Contaminación atmosférica Contaminación del suelo Contaminación del agua Afectaciones a la fauna
Tipo de Medida: • Prevención • Minimización	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio • Etapa de Construcción
Acciones a desarrollar: • Diseño del plan de capacitación	

• Diseño del plan de difusión • Diseño de formatos y material • Programación e implementación de actividades	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Diseño de contenido • Diseño gráfico	
Lugar de Aplicación: • Sistema Ambiental	
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Contratista del proyecto	
Personal requerido: • 1 Residente de Obra • 1 Equipo de supervisión ambiental	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto	
Indicador	
Nombre	Capacitación implementada
Periodicidad	Semanal
Método de cálculo	Capacitación programada / ejecutada > .85
Fuente de información	Listas de asistencia, programa de capacitación, material de difusión, evidencia fotográfica y reportes de capacitación.

MEDIDA: Se dispondrá de sanitarios en los frentes de trabajo activos. **MED08**	
OBJETIVO	Se dispondrá de sanitarios móviles (mínimo 1 por cada 15 trabajadores) en los frentes de trabajo activos. Las aguas residuales resultantes serán dispuestas como residuos de manejo especial mediante empresas con las autorizaciones correspondientes.
Actividades que lo producen: Mano de obra contratada	**Impactos Ambientales a manejar:** Contaminación del agua
Tipo de Medida: • Minimización	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio • Etapa de Construcción
Acciones a desarrollar: • Cálculo de sanitarios portátiles por frente de trabajo • Contratación de empresas autorizadas para el servicio • Mantenimiento periódico de sanitarios portátiles • Disposición adecuada de residuos líquidos	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Saneamiento de aguas residuales	
Lugar de Aplicación:	

• Sistema Ambiental	
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Contratista del proyecto	
Personal requerido: • 1 Residente de Obra • 1 Equipo de supervisión ambiental	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto	
Indicador	
Nombre	Sanitarios portátiles instalados
Periodicidad	Conforme al programa de obra
Método de cálculo	1 sanitario / 15 trabajadores por frente de trabajo
Fuente de información	Contrato o comprobantes del servicio, bitácora de mantenimiento, evidencia fotográfica y comprobantes de retiro/disposición de aguas residuales.

MEDIDA: Se garantizará, mediante el control y supervisión pertinentes, que no se arrojen objetos, materiales, residuos ni sustancias al río Jamapa, a la zona costera ni porción marina del entorno del proyecto.	**MED09**
OBJETIVO Evitar la contaminación del agua en la zona del proyecto.	
Actividades que lo producen: Actividades del proyecto	**Impactos Ambientales a manejar:** Contaminación del agua
Tipo de Medida: • Prevención	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio • Etapa de Construcción
Acciones a desarrollar: • Redacción de un reglamento ambiental de obra • Recorridos de supervisión ambiental • Recopilación de evidencias de cumplimiento	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Supervisión ambiental de obra	
Lugar de Aplicación: • Sistema Ambiental	
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Contratista del proyecto	

Personal requerido: • 1 Residente de Obra • 1 Equipo de supervisión ambiental	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto	
Indicador	
Nombre	Supervisión ambiental de obra
Periodicidad	Diaria
Método de cálculo	Días de programación de obra / días de supervisión ambiental > .9
Fuente de información	Bitácoras de supervisión, reportes de campo, evidencia fotográfica, registros georreferenciados, reportes de dron, comprobantes de suministro autorizado de agua y reportes de incidentes.

MEDIDA: Durante el desarrollo de los trabajos se mantendrá observación permanente de las poblaciones locales de fauna silvestre, con énfasis en aves costeras y marinas, mamíferos acuáticos y reptiles, con el objetivo de prevenir su afectación durante la ejecución de las obras.		**MED10**
OBJETIVO	Evitar cualquier afectación a individuos de las poblaciones de fauna local.	
Actividades que lo producen: Actividades del proyecto	**Impactos Ambientales a manejar:** Afectaciones a la fauna	
Tipo de Medida: • Prevención	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio • Etapa de Construcción	
Acciones a desarrollar: • Recorridos de supervisión ambiental • Recopilación de evidencias de cumplimiento		
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Supervisión ambiental de obra		
Lugar de Aplicación: • Sistema Ambiental		
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Contratista del proyecto		
Personal requerido: • 1 Residente de Obra • 1 Equipo de supervisión ambiental		
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto		
Indicador		
Nombre	Supervisión ambiental de obra	

Periodicidad	Diaria
Método de cálculo	Días de programación de obra / días de supervisión ambiental > .9
Fuente de información	Reportes de fauna, fichas de registro, evidencia fotográfica, coordenadas o croquis de hallazgos, bitácoras de recorridos, reportes de rescate/reubicación cuando aplique.

MEDIDA: De manera independiente al seguimiento de fauna durante las obras, se diseñará e implementará un monitoreo de especies de fauna silvestre indicadoras de calidad ecosistémica en el área del proyecto y en los componentes sensibles del SAR cercanos a la obra, cubriendo al menos un ciclo anual completo.	**MED11**
OBJETIVO	Generar información técnica y verificable sobre la presencia, uso de hábitat y respuesta de especies de fauna silvestre indicadoras de calidad ecosistémica en el área del proyecto y en los componentes sensibles del SAR cercanos a la obra, mediante recorridos y registros sistemáticos durante al menos un ciclo anual completo.
Actividades que lo producen: Actividades del proyecto	**Impactos Ambientales a manejar:** Afectaciones a la fauna
Tipo de Medida: • Prevención	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio • Etapa de Construcción
Acciones a desarrollar: • Diseño de protocolos de monitoreo • Programación e implementación de recorridos de monitoreo • Recopilación y análisis de información	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Método científico	
Lugar de Aplicación: • Sistema Ambiental	
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Equipo de supervisión ambiental	
Personal requerido: • 1 Equipo de supervisión ambiental	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto	
Indicador	
Nombre	Monitoreo de especies indicadoras
Periodicidad	Por definir
Método de cálculo	Por definir

Fuente de información	Reportes de fauna, fichas de registro, evidencia fotográfica, coordenadas o croquis de hallazgos, bitácoras de recorridos, reportes de rescate/reubicación cuando aplique.

MEDIDA: La maquinaria y equipo que se utilice en la etapa de construcción deberá ser mantenida previo al inicio de los trabajos en talleres con instalaciones adecuadas, minimizando la necesidad de realizar mantenimientos en los frentes de obra.	**MED12**
OBJETIVO	Prevenir la necesidad de mantenimiento correctivo de maquinaria y equipo
Actividades que lo producen: Movimiento de maquinaria y equipo	**Impactos Ambientales a manejar:** Contaminación del suelo Generación de residuos peligrosos
Tipo de Medida: • Prevención	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio • Etapa de Construcción
Acciones a desarrollar: • Programación de mantenimiento acorde a la maquinaria / equipo • Implementación de mantenimiento en talleres externos a la obra • Recopilación de evidencias documentales	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Mantenimiento mecánico	
Lugar de Aplicación: • Sistema Ambiental	
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Gerente de maquinaria (contratista)	
Personal requerido: • Gerente de maquinaria • Mecánicos expertos	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto y contratista	
Indicador	
Nombre	Mantenimiento de maquinaria
Periodicidad	Acorde a especificaciones de maquinaria
Método de cálculo	Cumplimiento del programa
Fuente de información	Programa y bitácoras de mantenimiento

MEDIDA: Toda la maquinaria y equipo utilizado en el proyecto será sometido a un programa de mantenimiento que promueva la eficiencia de los motores de combustión interna, minimizando las emisiones a la atmósfera durante el desarrollo del proyecto.	**MED13**
OBJETIVO	Minimizar las emisiones atmosféricas por parte de maquinaria y equipo del proyecto.
Actividades que lo producen: Movimiento de maquinaria y equipo	**Impactos Ambientales a manejar:** Contaminación atmosférica
Tipo de Medida: • Minimización	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio • Etapa de Construcción
Acciones a desarrollar: • Programación de mantenimiento acorde a la maquinaria / equipo • Implementación de mantenimiento en talleres externos a la obra • Recopilación de evidencias documentales	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Mantenimiento mecánico	
Lugar de Aplicación: • Sistema Ambiental	
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Gerente de maquinaria (contratista)	
Personal requerido: • Gerente de maquinaria • Mecánicos expertos	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto y contratista	
Indicador	
Nombre	Mantenimiento de maquinaria
Periodicidad	Acorde a especificaciones de maquinaria
Método de cálculo	Cumplimiento del programa
Fuente de información	Programa y bitácoras de mantenimiento, evidencia fotográfica, comprobantes de mantenimiento y reportes de incidentes.

MEDIDA: Los automóviles, camionetas y vehículos de carga que operen en el marco del proyecto cumplirán con las obligaciones de verificación vehicular correspondientes conforme a la NOM-041-SEMARNAT-2015 y NOM-045-SEMARNAT-2006.	**MED14**
OBJETIVO	Minimizar las emisiones atmosféricas por parte de los vehículos asignados al personal del proyecto.
Actividades que lo producen: Movimiento de maquinaria y equipo	**Impactos Ambientales a manejar:** Contaminación atmosférica

Tipo de Medida: • Minimización	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio • Etapa de Construcción
Acciones a desarrollar: • Programación de verificaciones de acuerdo a la matrícula de cada vehículo • Verificación vehicular en vereficentros autorizados • Acopio de evidencias documentales	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • NOM-041-SEMARNAT-2015 • NOM-045-SEMARNAT-2006	
Lugar de Aplicación: • Sistema Ambiental	
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Gerente de maquinaria (contratista)	
Personal requerido: • Vereficentros autorizados	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto y contratista	
Indicador	
Nombre	Verificación vehicular
Periodicidad	Semestral
Método de cálculo	Cumplimiento del programa
Fuente de información	Programa y bitácoras de mantenimiento, verificaciones vehiculares, evidencia fotográfica, comprobantes de mantenimiento y reportes de incidentes.

MEDIDA: Apagado de motor de la maquinaria y equipo a combustión, cuando no esté en operación	**MED15**
OBJETIVO	Minimizar las emisiones atmosféricas por parte de la maquinaria y equipo del proyecto.
Actividades que lo producen: Movimiento de maquinaria y equipo	**Impactos Ambientales a manejar:** Contaminación atmosférica
Tipo de Medida: • Minimización	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio • Etapa de Construcción
Acciones a desarrollar: • Apagado de motor durante la inactividad de maquinaria y equipo • Supervisión ambiental de obra	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Supervisión ambiental de obra	
Lugar de Aplicación: • Sistema Ambiental	

Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Empresa contratista	
Personal requerido: • Residente de obra • Equipo de supervisión ambiental	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto y contratista	
Indicador	
Nombre	Apagado de motor
Periodicidad	Semestral
Método de cálculo	Apagado de motor después de 5 minutos continuos de inactividad
Fuente de información	Evidencia fotográfica, bitácoras de operación, comprobantes de mantenimiento y reportes de incidentes.

MEDIDA: Riego periódico de superficies transitables y de zonas de remoción de suelo, así como uso de procesos húmedos en la mezcla de materiales, para así disminuir la suspensión de polvos y partículas	**MED16**
OBJETIVO	Minimizar la dispersión de polvo y material particulado durante las actividades de la obra
Actividades que lo producen: Movimiento de maquinaria y equipo Trazo y nivelación Desmonte y despalmne	**Impactos Ambientales a manejar:** Contaminación atmosférica
Tipo de Medida: • Minimización	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio • Etapa de Construcción
Acciones a desarrollar: • Riego de superficies al inicio de cada jornada de trabajo • Supervisión ambiental de obra	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Supervisión ambiental de obra	
Lugar de Aplicación: • Sistema Ambiental	
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Empresa contratista	
Personal requerido: • Residente de obra • Equipo de supervisión ambiental	
Responsable del seguimiento:	

• Promovente del proyecto y contratista	
Indicador	
Nombre	Riego de superficies
Periodicidad	Diaria, fuera de temporada de lluvia
Método de cálculo	1 Riego / 8 horas
Fuente de información	N.A.

MEDIDA: El agua que se utilice en la obra (mezcla de concreto, control de polvos y demás usos constructivos) será provista exclusivamente por un tercero que cuente con las autorizaciones de la CONAGUA correspondientes y vigentes.	**MED17**
OBJETIVO Garantizar que la fuente de abastecimiento de agua cumpla con la legislación aplicable	
Actividades que lo producen: Movimiento de maquinaria y equipo Trazo y nivelación Desmonte y despalme	**Impactos Ambientales a manejar:** Contaminación atmosférica Consumo de agua
Tipo de Medida: • Minimización	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio • Etapa de Construcción
Acciones a desarrollar: • Identificación de proveedores de agua • Verificación de autorizaciones vigentes • Acopio de autorización y contratación de suministro	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Supervisión ambiental de obra	
Lugar de Aplicación: • Sistema Ambiental	
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Empresa contratista	
Personal requerido: • Residente de obra • Equipo de supervisión ambiental	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto y contratista	
Indicador	
Nombre	Provisión de agua
Periodicidad	Único
Método de cálculo	1 autorización por proveedor
Fuente de información	Bitácoras de supervisión, reportes de campo, evidencia fotográfica, registros georreferenciados, reportes de dron, comprobantes de suministro autorizado de agua y reportes de incidentes.

MEDIDA: Las actividades se llevarán a cabo de la forma más precisa posible respecto al trazo topográfico, para así evitar afectaciones al suelo en sitios que no formen parte del propio proyecto.	**MED18**
OBJETIVO	Evitar afectar una superficie mayor a la estrictamente necesaria por el trazo del proyecto
Actividades que lo producen: Actividades de preparación de sitio y construcción	**Impactos Ambientales a manejar:** Suelo
Tipo de Medida: • Minimización	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio • Etapa de Construcción
Acciones a desarrollar: • Trazo y delimitación • Vuelos de fotogrametría • Levantamientos topográficos	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Fotogrametría • Vuelos VANT • Topografía y estaciones totales	
Lugar de Aplicación: • Trazo del proyecto	
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Empresa contratista	
Personal requerido: • Residente de obra • Equipo de supervisión ambiental • Brigada topográfica	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto y contratista	
Indicador	
Nombre	Trazo topográfico preciso
Periodicidad	Único
Método de cálculo	Precisión en centímetros
Fuente de información	Planos, croquis, evidencia fotográfica, bitácoras de supervisión, registros georreferenciados.

MEDIDA: Se harán rutas de tránsito dentro de las áreas de trabajo y almacenamiento de materiales del proyecto.	**MED19**
OBJETIVO	Evitar afectar una superficie mayor a la estrictamente necesaria por el trazo del proyecto

Actividades que lo producen: Movimiento de maquinaria y vehículos	**Impactos Ambientales a manejar:** Impactos al suelo
Tipo de Medida: • Minimización	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio • Etapa de Construcción
Acciones a desarrollar: • Trazo y delimitación • Señalamientos y delimitación física clara • Supervisión de cumplimiento	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Topografía y estaciones totales • Señalética de obra	
Lugar de Aplicación: • Trazo del proyecto y zonas transitables	
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Empresa contratista	
Personal requerido: • Residente de obra • Equipo de supervisión ambiental • Brigada topográfica	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto y contratista	

Indicador	
Nombre	Delimitación de áreas
Periodicidad	Dependiente del programa de obra
Método de cálculo	N.A.
Fuente de información	Planos, evidencia fotográfica, bitácoras de supervisión, registros georreferenciados.

MEDIDA: Delimitación, señalización y protección de la Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT)	**MED20**
OBJETIVO	Delimitación física mediante estacas y señalización visible de la ZOFEMAT en el tramo costero comprendido en el trazo del proyecto, con base en los planos generados conforme a la NOM-146-SEMARNAT-2017 y NOM-146-SEMARNAT-2005.
Actividades que lo producen: Actividades del proyecto	**Impactos Ambientales a manejar:** Impactos al suelo Impactos al agua
Tipo de Medida: • Minimización	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio • Etapa de Construcción
Acciones a desarrollar:	

• Levantamiento en campo • Colocación de señalética • Colocación de estacas • Supervisión de cumplimiento	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Topografía y estaciones totales • Señalética de obra • NOM-146-SEMARNAT-2017 • NOM-146-SEMARNAT-2005	
Lugar de Aplicación: • Zona Federal Marítimo Terrestre	
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Empresa contratista	
Personal requerido: • Residente de obra • Equipo de supervisión ambiental • Brigada topográfica	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto y contratista	
Indicador	
Nombre	Delimitación de ZOFEMAT
Periodicidad	Único
Método de cálculo	Autorizaciones y planos
Fuente de información	Planos, croquis, evidencia fotográfica, bitácoras de supervisión, registros georreferenciados.

MEDIDA: Implementación de jardinería ornamental en las áreas del proyecto, utilizando preferentemente especies nativas o propias de la región, de bajo requerimiento hídrico y bajo mantenimiento.	**MED21**
OBJETIVO	Establecer criterios ambientales para la implementación de jardinería ornamental en las áreas del proyecto destinadas específicamente a este uso, privilegiando especies nativas o propias de la región, de bajo requerimiento de riego y mantenimiento, con el fin de favorecer una integración visual compatible con el entorno urbano-costero y evitar el uso de especies exóticas invasoras o de alto consumo hídrico.
Actividades que lo producen: Desmonte y despalme	**Impactos Ambientales a manejar:** Limpieza del terreno Retiro de vegetación
Tipo de Medida: • Minimización	**Etapa de Implementación:**

	• Etapa de Preparación del sitio • Etapa de Construcción
Acciones a desarrollar: • La presente medida se limita a las áreas que el diseño del proyecto contemple expresamente como jardinería ornamental. No implica la creación de nuevas áreas verdes fuera del proyecto autorizado ni sustituye las medidas de delimitación, limpieza, control de frentes de obra o manejo de superficies temporalmente intervenidas.	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Listados de CONABIO	
Lugar de Aplicación: • Trazo del proyecto	
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Empresa contratista	
Personal requerido: • Residente de obra • Equipo de supervisión ambiental	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto y contratista	
Indicador	
Nombre	Superficie de áreas de jardinería ornamental
Periodicidad	Único
Método de cálculo	Por definir, en función de las especies y superficie
Fuente de información	Reportes especializados, supervisión en campo.

MEDIDA: Monitoreo de la situación de ejemplares de mangle (todas las especies censadas) registrados en las inmediaciones de la obra y ejecución de acciones preventivas para garantizar su integridad durante el desarrollo del proyecto.	**MED22**
OBJETIVO	Prevenir afectaciones a los individuos de mangle de todas las especies registrados y censados en las inmediaciones de la obra.
Actividades que lo producen: N.A.	**Impactos Ambientales a manejar:** Impactos a la vegetación
Tipo de Medida: • Prevención	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio • Etapa de Construcción • Etapa de Operación y Mantenimiento
Acciones a desarrollar:	

• Inventario georeferenciado de todos los individuos de mangle (*Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans*) presentes en la previamente censada del proyecto (preparación de sitio). • Monitoreo semestral del estado fitosanitario de los individuos inventariados; protocolo de actuación ante el deterioro no planificado de individuos identificados (construcción) • Seguimiento de la colonización natural de individuos de mangle sobre las estructuras del puente como indicador positivo de servicios ecosistémicos (primer año de operación).	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Inventario georeferenciado • NOM-022-SEMARNAT-2003 • NOM-059-SEMARNAT-2010	
Lugar de Aplicación: • Áreas sensibles previamente censadas.	
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Empresa contratista	
Personal requerido: • Residente de obra • Equipo de supervisión ambiental	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto y contratista	
Indicador	
Nombre	Monitoreo de mangle
Periodicidad	Semestral
Método de cálculo	Ejemplares inventariados al inicio / al final del proyecto = 100%
Fuente de información	Trabajo de campo

MEDIDA: Seguimiento preventivo del cangrejo azul (*Cardisoma guanhumi*), con énfasis en la identificación, delimitación y verificación de madrigueras activas, rutas de desplazamiento, zonas de refugio y áreas sensible		**MED23**
OBJETIVO	Prevenir afectaciones directas o indirectas sobre individuos, madrigueras activas, rutas de desplazamiento y zonas de refugio del cangrejo azul (*Cardisoma guanhumi*) en el área del proyecto y en los componentes sensibles del SAR cercanos a la obra, mediante recorridos de verificación, delimitación preventiva, registro de evidencias de actividad y aplicación de acciones de manejo cuando sea necesario.	
Actividades que lo producen: Personal de la obra	**Impactos Ambientales a manejar:** Impactos a la fauna	

Desmonte y despalme	
Tipo de Medida: • Prevención	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio • Etapa de Construcción • Etapa de Operación y Mantenimiento
Acciones a desarrollar: • Levantamiento de línea base de densidad y distribución de la población de cangrejo azul (*Cardisoma guanhumi*) en el área previamente censada. • Monitoreo mensual con registros de abundancia, distribución y estado de los individuos en transectos fijos (construcción) • Monitoreo semestral, con ajuste de frecuencia según tendencias detectadas (primer año de operación).	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Inventarios de fauna • Transectos fijos • NOM-059-SEMARNAT-2010	
Lugar de Aplicación: • Área de sensible cercana a la obra, previamente censada.	
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Empresa contratista	
Personal requerido: • Residente de obra • Equipo de supervisión ambiental	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto y contratista	
Indicador	
Nombre	Monitoreo poblacional de cangrejo azul
Periodicidad	Semestral
Método de cálculo	Abundancia y distribución
Fuente de información	Reportes de fauna, fichas de registro, evidencia fotográfica, coordenadas o croquis de hallazgos, bitácoras de recorridos, reportes de rescate/reubicación cuando aplique.

MEDIDA: Monitoreo del hábitat de aves rapaces, con énfasis en sitios de percha, alimentación, caza, anidación y uso de hábitat sitios sensibles cercanos a la Isla del Amor.	**MED24**
OBJETIVO	Prevenir y reducir afectaciones directas o indirectas sobre aves rapaces y sus sitios de uso dentro del área del proyecto y en los componentes sensibles del SAR cercanos a la obra, mediante la

	identificación, registro y seguimiento de sitios de percha, alimentación, caza, desplazamiento y anidación
Actividades que lo producen: Actividades del proyecto	**Impactos Ambientales a manejar:** Impactos a la fauna
Tipo de Medida: • Prevención	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio • Etapa de Construcción • Etapa de Operación y Mantenimiento
Acciones a desarrollar: • Levantamiento de sitios de percha, anidación y caza de aves rapaces en el área cercana al proyecto previamente estudiada durante la caracterización del SAR; registro de especies con énfasis en las listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (preparación de sitio). • Monitoreo mensual del uso del hábitat; ante la detección de sitios de anidación activa dentro del área de obra, se aplicará un protocolo de manejo adaptativo que incluya la suspensión o adecuación de actividades en el sector afectado hasta la conclusión del ciclo de anidación (construcción) • Monitoreo semestral para verificar la recuperación y uso del hábitat por parte de las especies registradas (primer año de operación).	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Inventarios de fauna • Transectos fijos • NOM-059-SEMARNAT-2010	
Lugar de Aplicación: • Área de estudio desde la línea de base, cercana al proyecto.	
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Empresa contratista	
Personal requerido: • Residente de obra • Equipo de supervisión ambiental	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto y contratista	
Indicador	
Nombre	Monitoreo de uso de hábitat para rapaces
Periodicidad	Semestral
Método de cálculo	Registro de uso
Fuente de información	Reportes de fauna, fichas de registro, evidencia fotográfica, coordenadas o croquis de hallazgos, bitácoras de recorridos, reportes de rescate/reubicación cuando aplique.

MEDIDA: Sellado con lonas de carrocerías de camiones/camiones de volteo para el transporte de materiales y/o residuos de la construcción. MED25	
OBJETIVO	Prevenir la dispersión de polvos y partículas durante el transporte de materiales y residuos de la construcción.
Actividades que lo producen: Actividades del proyecto	**Impactos Ambientales a manejar:** Impactos a la atmósfera
Tipo de Medida: • Prevención	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio • Etapa de Construcción
Acciones a desarrollar: • Redacción de reglamento de obra • Socialización de reglamento de obra • Sellado con lonas • Supervisión ambiental de cumplimiento en los accesos a la obra	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Enlonado de carrocería	
Lugar de Aplicación: • Área del proyecto	
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Empresa contratista	
Personal requerido: • Residente de obra • Equipo de supervisión ambiental	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto y contratista	
Indicador	
Nombre	Sellado de transporte con lonas
Periodicidad	Diaria
Método de cálculo	Registro fotográfico e inspección visual
Fuente de información	N.A.

MEDIDA: El traslado de materiales se realizará, preferentemente, durante el día y en horas de poco tránsito vehicular. MED26	
OBJETIVO	Minimizar las molestias de la población circundante a la obra durante horas pico de tránsito.
Actividades que lo producen: Actividades del proyecto	**Impactos Ambientales a manejar:** Impactos a la atmósfera
Tipo de Medida:	**Etapa de Implementación:**

• Prevención	• Etapa de Preparación del sitio • Etapa de Construcción
Acciones a desarrollar: • Redacción de reglamento de obra • Socialización de reglamento de obra • Establecimiento de horarios de transporte u horas de ingreso • Supervisión de cumplimiento	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • NA	
Lugar de Aplicación: • Área del proyecto	
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Empresa contratista	
Personal requerido: • Residente de obra • Equipo de supervisión ambiental	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto y contratista	
Indicador	
Nombre	Cumplimiento de horarios de transporte
Periodicidad	Diaria
Método de cálculo	Registro documental de ingreso
Fuente de información	N.A.

MEDIDA: Los residuos de la construcción deberán ser dispuestos en bancos de tiro autorizados por la autoridad competente.	**MED27**
OBJETIVO Evitar la disposición inadecuada de residuos de la construcción.	
Actividades que lo producen: Actividades del proyecto	**Impactos Ambientales a manejar:** Impacto al suelo Impacto a la infraestructura de RSU
Tipo de Medida: • Prevención	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio • Etapa de Construcción
Acciones a desarrollar: • Solicitud de autorización de banco de tiro al municipio • Traslado de residuos de la construcción al banco de tiro autorizado • Acopio de evidencia documental de cada tiro	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Manejo integral de RME	
Lugar de Aplicación: • Sistema Ambiental	

Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Empresa contratista	
Personal requerido: • Residente de obra • Equipo de supervisión ambiental	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto y contratista	
Indicador	
Nombre	Disposición de residuos de la construcción
Periodicidad	Diaria
Método de cálculo	Registro documental de tiro
Fuente de información	Bitácoras de supervisión, reportes de campo, evidencia fotográfica, registros georreferenciados, reportes de dron, comprobantes de suministro autorizado de agua y reportes de incidentes.

MEDIDA: Se diseñará e implementará un Plan de Manejo Integral del Agua que prevenga la contaminación del Río Jamapa y la zona costera durante la ejecución de todas las actividades constructivas del proyecto.		**MED28**
OBJETIVO	Evitar la contaminación del agua en el área de proyecto por actividades constructivas.	
Actividades que lo producen: Actividades del proyecto	**Impactos Ambientales a manejar:** Impacto al agua continental Impacto al agua costera / marina	
Tipo de Medida: • Prevención	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio • Etapa de Construcción	
Acciones a desarrollar: • Diseño de un plan de manejo integral del agua • Generación de cronograma de actividades • Implementación del programa		
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Manejo integral de agua		
Lugar de Aplicación: • Trazo del proyecto		
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Empresa contratista		
Personal requerido: • Residente de obra		

• Equipo de supervisión ambiental	
Responsable del seguimiento:	
• Promovente del proyecto y contratista	
Indicador	
Nombre	Manejo integral del agua
Periodicidad	De acuerdo al programa de obra
Método de cálculo	Por definir
Fuente de información	N.A.

MEDIDA: Se garantizará, mediante el control y supervisión permanentes, que el desarrollo de los trabajos se apegue exclusivamente a los sitios del proyecto autorizados y a la ejecución conforme al plan de obra propuesto.	**MED29**
OBJETIVO Evitar la invasión de espacios físicos diferentes a los autorizados para el desarrollo del proyecto	
Actividades que lo producen: Actividades de preparación de sitio y construcción	**Impactos Ambientales a manejar:** Suelo
Tipo de Medida: • Minimización	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio • Etapa de Construcción
Acciones a desarrollar: • Trazo y delimitación • Vuelos de fotogrametría • Levantamientos topográficos	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Fotogrametría • Vuelos VANT • Topografía y estaciones totales	
Lugar de Aplicación: • Trazo del proyecto	
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Empresa contratista	
Personal requerido: • Residente de obra • Equipo de supervisión ambiental • Brigada topográfica	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto y contratista	
Indicador	
Nombre	Control de áreas de trabajo
Periodicidad	Único

Método de cálculo	Verificación en campo
Fuente de información	Planos, croquis, evidencia fotográfica, bitácoras de supervisión, registros georreferenciados.

MEDIDA: El material de construcción que se utilice en esta etapa deberá provenir, en caso de que así lo requiera la legislación ambiental aplicable, de fuentes autorizadas en materia ambiental.	**MED30**
OBJETIVO Evitar la explotación ilegal de materiales de construcción.	
Actividades que lo producen: Actividades de preparación de sitio y construcción	**Impactos Ambientales a manejar:** Suelo (recursos minerales)
Tipo de Medida: • Prevención	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio • Etapa de Construcción
Acciones a desarrollar: • Identificación de materiales que requieran de autorización • Identificación de fuentes de abastecimiento autorizadas • Acopio de copia de autorizaciones vigentes	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Capacitación • Supervisión de cumplimiento	
Lugar de Aplicación: • Trazo del proyecto	
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Empresa contratista	
Personal requerido: • Residente de obra • Equipo de supervisión ambiental • Gerente de compras capacitado	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto y contratista	
Indicador	
Nombre	Adquisición sostenible de materiales
Periodicidad	Diaria
Método de cálculo	% de compras con autorización
Fuente de información	Autorizaciones de los sitios de aprovechamiento de material vigente.

MEDIDA: Utilización de lonas o pantallas cortaviento para cubrir los materiales almacenados que no serán utilizados inmediatamente en la zona de construcción.	**MED31**
OBJETIVO	Evitar la suspensión de polvo y partículas durante periodos de velocidad de viento importante.
Actividades que lo producen: Almacenamiento de materiales de construcción	**Impactos Ambientales a manejar:** Emisiones atmosféricas
Tipo de Medida: • Prevención	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio • Etapa de Construcción
Acciones a desarrollar: • Identificación de episodios de viento acelerado o nortes • Uso de lonas o pantallas cortaviento • Supervisión ambiental	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Uso de lonas o pantallas • Supervisión de cumplimiento	
Lugar de Aplicación: • Almacenamiento de materiales	
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Empresa contratista	
Personal requerido: • Residente de obra • Equipo de supervisión ambiental • Almacenista	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto y contratista	
Indicador	
Nombre	Uso de lonas / pantallas cortaviento
Periodicidad	Incremento de velocidad del viento
Método de cálculo	N.A.
Fuente de información	Evidencia fotográfica

MEDIDA: Para el manejo / almacenamiento de materiales e insumos en estado líquido que pudieran derramarse y contaminar el suelo, se deberá contar con medios de contención como charolas o tarimas para el control de derrames	**MED32**
OBJETIVO	Prevenir la contaminación del suelo durante el manejo y almacenamiento de sustancias
Actividades que lo producen:	**Impactos Ambientales a manejar:** Impacto al suelo por derrames

Almacenamiento de materiales de construcción	
Tipo de Medida: • Prevención	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio • Etapa de Construcción
Acciones a desarrollar: • Identificación de sustancias peligrosas • Adquisición e implementación de medios de contención • Supervisión ambiental	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Medios de contención de derrames • Supervisión de cumplimiento	
Lugar de Aplicación: • Almacenamiento de materiales	
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Empresa contratista	
Personal requerido: • Residente de obra • Equipo de supervisión ambiental • Almacenista	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto y contratista	
Indicador	
Nombre	Contención de derrames
Periodicidad	Diaria
Método de cálculo	Número de eventos de derrame
Fuente de información	Programa y bitácoras, evidencia fotográfica y reportes de incidentes.

MEDIDA: Los mantenimientos de maquinaria que de manera extraordinaria o inevitable deban realizarse en el frente de obra contemplarán medidas que prevengan derrames de aceites o combustibles, y dispondrán de materiales y equipos para la correcta atención de derrames accidentales.	**MED33**
OBJETIVO Prevenir la contaminación del suelo durante el mantenimiento extraordinario de maquinaria / equipo	
Actividades que lo producen: Movimiento de maquinaria y equipo	**Impactos Ambientales a manejar:** Impacto al suelo por derrames
Tipo de Medida: • Prevención	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio • Etapa de Construcción
Acciones a desarrollar: • Identificación de descomposturas	

• Adquisición e implementación de medios de contención • Supervisión ambiental	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Medios de contención de derrames • Supervisión de cumplimiento	
Lugar de Aplicación: • Almacenamiento de materiales	
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Empresa contratista	
Personal requerido: • Residente de obra • Equipo de supervisión ambiental • Operador de maquinaria capacitado	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto y contratista	
Indicador	
Nombre	Contención de derrames
Periodicidad	Diaria
Método de cálculo	Número de eventos de derrame por descompostura atendidos
Fuente de información	Evidencia fotográfica, comprobantes de mantenimiento correctivo y reportes de incidentes.

MEDIDA Implementación de un programa de supervisión asistida por drones y recorridos de verificación en campo para vigilar que los frentes no generen turbidez excesiva ni agreguen residuos al agua.	**MED34**
OBJETIVO Prevenir la dispersión de partículas en el agua continental y costera / marina	
Actividades que lo producen: Actividades de construcción del proyecto	**Impactos Ambientales a manejar:** Impacto al agua continental Impacto al agua costera
Tipo de Medida: • Prevención	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Preparación del sitio • Etapa de Construcción
Acciones a desarrollar: • Programación de vuelos • Implementación de vuelos mediante VAN • Acciones correctivas	

• Supervisión ambiental	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar:	
• Uso de vehículos aéreos no tripulados • Supervisión de cumplimiento	
Lugar de Aplicación:	
• Rivera y zona federal marítimo terrestre	
Responsable de la ejecución:	
• Promovente del proyecto • Empresa contratista	
Personal requerido:	
• Residente de obra • Equipo de supervisión ambiental	
Responsable del seguimiento:	
• Promovente del proyecto y contratista	
Indicador	
Nombre	Vuelos de supervisión
Periodicidad	Diaria
Método de cálculo	Acciones correctivas por detección de eventos
Fuente de información	Bitácoras de supervisión, reportes de campo, evidencia fotográfica, registros georreferenciados, reportes de dron, comprobantes de suministro autorizado de agua y reportes de incidentes.

MEDIDA: Incorporación de colores, formas, acabados y criterios de integración visual que favorezcan la armonía entre la estructura civil y el entorno urbano-costero, con la finalidad de reducir el contraste visual del proyecto y mejorar su inserción paisajística.	**MED35**
OBJETIVO Disminuir el impacto visual de la obra civil respecto al fondo costero	
Actividades que lo producen: Actividades de construcción del proyecto	**Impactos Ambientales a manejar:** Impacto al medio perceptual
Tipo de Medida: • Minimización	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Construcción
Acciones a desarrollar: • Diseño de formas • Selección de paleta de colores • Implementación de pintura	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Mitigación de impacto visual • Supervisión de cumplimiento	
Lugar de Aplicación: • Puente	
Responsable de la ejecución:	

• Promovente del proyecto • Empresa contratista	
Personal requerido: • Residente de obra • Arquitecto, diseñador gráfico, diseñador de paisaje o similar	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto y contratista	
Indicador	
Nombre	Mitigación de impacto visual
Periodicidad	Único
Método de cálculo	N.A.
Fuente de información	Evidencia fotográfica antes/durante/después, especificaciones de acabados, reportes de supervisión

MEDIDA: Diseño e instalación de pasos de fauna para el cangrejo azul (Cardisoma guanhumi) en los puntos del trazo que intercepten rutas de migración o desplazamiento estacional de la especie.	**MED36**
OBJETIVO	Prevenir afectaciones sobre individuos de cangrejo azul (*Cardisoma guanhumi*) mediante el diseño e instalación de pasos de fauna en los puntos del trazo que intercepten rutas de desplazamiento o zonas de conectividad funcional de la especie, con el fin de favorecer su tránsito seguro, reducir el riesgo de atropellamiento o aislamiento, y mantener la conexión entre madrigueras, zonas de refugio y áreas de uso dentro del SAR.
Actividades que lo producen: Actividades de construcción del proyecto	**Impactos Ambientales a manejar:** Impacto a la fauna silvestre
Tipo de Medida: • Prevención	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Construcción • Etapa de Operación
Acciones a desarrollar: • Diseño de pasos de fauna (dimensiones, sustrato, etc) • Identificación de rutas de migración y/o desplazamiento estacional • Selección de los sitios de instalación de los pasos de fauna • Construcción de pasos de fauna	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Inventario de fauna • Pasos de fauna • NOM-059-SEMARNAT-2010	
Lugar de Aplicación: • Trazo del proyecto (por definir en función de rutas detectadas)	
Responsable de la ejecución: • Promovente del proyecto • Empresa contratista	
Personal requerido:	

• Residente de obra • Equipo de supervisión ambiental	
Responsable del seguimiento: • Promovente del proyecto y contratista	
Indicador	
Nombre	Instalación de pasos de fauna
Periodicidad	Único
Método de cálculo	Colocación de pasos de fauna previo a operación
Fuente de información	Reportes de fauna, fichas de registro, evidencia fotográfica, coordenadas o croquis de hallazgos, bitácoras de recorridos, reportes de rescate/reubicación cuando aplique.

MEDIDA: Recolección periódica de residuos sólidos urbanos por parte del Servicio de Limpia del H. Ayuntamiento	**MED37**
OBJETIVO Mantener libre de residuos sólidos urbanos las zonas de tránsito peatonal en el proyecto.	
Actividades que lo producen: Tránsito peatonal en la zona del prouecto	**Impactos Ambientales a manejar:** Contaminación del suelo Contaminación del agua continental Contaminación del agua costera
Tipo de Medida: • Prevención	**Etapa de Implementación:** • Etapa de Operación
Acciones a desarrollar: • Identificación de contenedores • Programación de recorridos de recolección de RSU • Trazo de ruta de recolección de RSU • Transporte, separación y disposición final de RSU	
Técnicas y/o tecnologías a utilizar: • Manejo integral de RSU	
Lugar de Aplicación: • Trazo del proyecto	
Responsable de la ejecución: • H. Ayuntamiento de Boca del Río	
Personal requerido: • Brigada de residuos • Servicio de Limpia	
Responsable del seguimiento: • H. Ayuntamiento de Boca del Río	
Indicador	
Nombre	Recolección de RSU
Periodicidad	Por definir
Método de cálculo	N.A.

Fuente de información	N.A.

VI. 3. Seguimiento y control (monitoreo)

Para el seguimiento y control de la implementación de las medidas de mitigación propuestas para cada etapa del proyecto, se integrará un equipo de supervisión ambiental responsable de verificar, documentar y reportar el cumplimiento de las medidas, términos, condicionantes y obligaciones ambientales aplicables. Este seguimiento deberá realizarse durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, de acuerdo con la naturaleza, periodicidad e indicadores definidos para cada medida.

El seguimiento ambiental tendrá como objetivo verificar que las actividades del proyecto se mantengan dentro del área autorizada, que se apliquen las medidas propuestas y que se atiendan oportunamente los impactos directos, residuales y acumulativos identificados en el Capítulo V. Asimismo, permitirá dar seguimiento a los componentes sensibles del SAR diagnosticados en el Capítulo IV, incluyendo la desembocadura del río Jamapa, la franja litoral, la playa, los esteros, la vegetación costera, los individuos de mangle, la fauna silvestre, el cangrejo azul, las aves rapaces, el paisaje y los espacios de uso social, turístico y recreativo.

El equipo de supervisión ambiental tendrá, al menos, las siguientes funciones:

• Identificar las medidas de mitigación aplicables a cada actividad y etapa del proyecto.

• Verificar la disponibilidad de recursos humanos, materiales y logísticos necesarios para implementar cada medida.

• Coordinar la distribución de responsabilidades de implementación entre la promovente, la contratista y, cuando corresponda, las instancias operativas involucradas.

• Brindar asesoría técnica para la correcta implementación de las medidas de mitigación.

• Supervisar que las actividades se ejecuten exclusivamente dentro del área autorizada y conforme al plan de obra aprobado.

• Verificar el cumplimiento de las medidas de manejo de residuos, control de maquinaria, prevención de derrames, manejo de materiales, control de sedimentos, señalización, capacitación, fauna, vegetación, mangle, cangrejo azul, aves rapaces e integración paisajística.

• Documentar la ejecución de las medidas mediante bitácoras, reportes de campo, evidencia fotográfica, registros georreferenciados cuando sea aplicable, listas de capacitación, comprobantes o manifiestos de residuos, reportes de fauna, reportes de incidentes y acciones correctivas.

• Identificar desviaciones, incumplimientos o áreas de oportunidad durante la ejecución de las obras.

• Proponer y dar seguimiento a acciones correctivas dentro del alcance de las medidas propuestas.

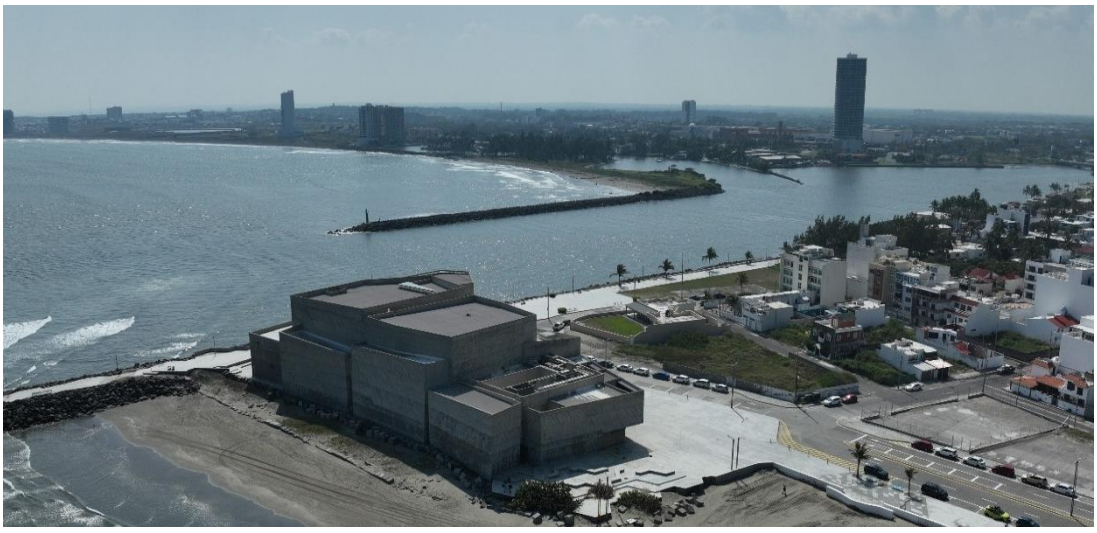
• Integrar informes de cumplimiento ambiental para su presentación a la gerencia del proyecto y, en su caso, a la autoridad ambiental competente cuando esta lo requiera.

El seguimiento deberá tener un enfoque preventivo y adaptativo. En caso de detectarse condiciones no previstas, incidentes ambientales, afectaciones indirectas a componentes sensibles del SAR o incumplimientos en la aplicación de medidas, el equipo de supervisión ambiental deberá registrar el evento, comunicarlo a los responsables de obra, proponer la acción correctiva correspondiente y verificar su atención oportuna.

La evidencia generada durante el seguimiento y control ambiental formará parte del soporte documental del Programa de Vigilancia Ambiental. Esta información permitirá demostrar la aplicación estricta, documentada y verificable de las medidas propuestas, así como evaluar su eficacia para mantener los impactos del proyecto dentro de rangos ambientalmente manejables y compatibles con la condición actual del SAR.

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL,

MODALIDAD REGIONAL



Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz

GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ 2024 - 2030

SIOP SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA Y OBRA PÚBLICA

Secretaría de Infraestructura y Obras Públicas del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave (SIOP).

Capítulo VII

Junio, 2026.

Contenido

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS. 2

VII.1. Descripción y análisis del escenario sin proyecto. 3

VII.2. Descripción y análisis del escenario con proyecto. 5

VII.3. Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de prevención, mitigación, compensación y/o corrección. 7

VII.4. Pronóstico ambiental. 9

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL PUENTE EN BOCA DEL RÍO-ALVARADO, VERACRUZ

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

En esta sección se desarrolla el pronóstico ambiental del proyecto mediante la comparación de los escenarios evaluados en el Capítulo V: escenario sin proyecto, escenario con proyecto sin medidas de mitigación y escenario con proyecto considerando la aplicación de las medidas de prevención, mitigación, restauración, compensación, control y vigilancia ambiental propuestas en el Capítulo VI. Este análisis permite interpretar la posible evolución del Sistema Ambiental Regional en función de las condiciones actuales diagnosticadas en el Capítulo IV, los impactos identificados y valorados, los impactos residuales y la contribución acumulativa del proyecto sobre los componentes sensibles del SAR.

El pronóstico ambiental no parte de la ausencia de impactos, sino del reconocimiento de que el proyecto se inserta en un sistema urbano-costero previamente transformado, pero que conserva componentes ambientales y sociales sensibles, entre ellos la desembocadura del río Jamapa, la franja litoral, la playa, los esteros, la vegetación costera, los individuos de mangle, la fauna silvestre, el cangrejo azul, las aves rapaces, el paisaje y los espacios de uso social, turístico y recreativo. Bajo este enfoque, la viabilidad ambiental del proyecto dependerá de que las obras se ejecuten dentro del área autorizada y de que las medidas propuestas y el Programa de Vigilancia Ambiental se apliquen de manera estricta, documentada y verificable durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.

VII.1. Descripción y análisis del escenario sin proyecto.

En el escenario sin proyecto, el SAR mantendría la trayectoria ambiental y territorial actualmente observada, caracterizada por la interacción entre procesos naturales costeros, urbanización, actividad turística, infraestructura vial, ocupación de márgenes, presión recreativa sobre playas y transformación histórica de la franja Boca del Río–Alvarado. Esta condición implica que la evolución del sistema no correspondería a un escenario estático, sino a la continuidad de procesos de cambio previamente identificados en el diagnóstico ambiental.

La ciudad de Boca del Río, por su conurbación funcional con Veracruz Puerto y su relación territorial con la Riviera Veracruzana, forma parte de una zona metropolitana con alta dinámica urbana, turística y comercial. En este contexto, la franja costera presenta presiones asociadas con infraestructura existente, ocupación del litoral, tránsito vehicular, uso recreativo de playas y eventos meteorológicos estacionales, particularmente durante la temporada de "Nortes". En ausencia del proyecto, se prevé que estas presiones continúen incidiendo sobre la línea de costa, la playa, las dunas remanentes, el paisaje y los espacios de uso social y turístico.

Desde el punto de vista hidrológico, el área se relaciona funcionalmente con la desembocadura del río Jamapa. Este sistema estuarino presenta presiones previas asociadas con urbanización de márgenes, escurrimientos, residuos, turbidez estacional y variaciones en la calidad del agua. En ausencia del proyecto, estas condiciones se mantendrían sujetas a las dinámicas actuales de uso del territorio, aportes urbanos, temporada de lluvias, estiaje, influencia marina y actividades humanas desarrolladas en el entorno.

En cuanto al componente biótico, el SAR corresponde a un sistema urbano-costero transformado, pero que aún conserva componentes ambientales funcionales y sensibles. Entre ellos se encuentran la Isla del Amor, los esteros, los individuos de mangle en parches aislados, las áreas con madrigueras activas de cangrejo azul, los sitios de uso por aves rapaces, la fauna silvestre asociada a cuerpos de agua y la vegetación remanente. En ausencia del proyecto, estos componentes continuarían expuestos a presiones derivadas de la fragmentación, presencia humana, tránsito, modificación del hábitat, presión turística y expansión urbana.

En el componente atmosférico, la calidad del aire del SAR continuaría influenciada por las fuentes móviles asociadas con la movilidad urbana y regional, así como por las actividades comerciales, turísticas y de servicios presentes en la zona. En ausencia del proyecto, no se prevén cambios abruptos atribuibles a una nueva obra; sin embargo, la dinámica de tránsito, crecimiento urbano y consolidación turística mantendría las presiones actuales sobre emisiones, ruido y confort ambiental.

En la dimensión socioeconómica, el SAR concentra una población significativa. Asimismo, presenta una proporción relevante de grupos vulnerables, adultos mayores, niños, adolescentes, hogares con jefatura femenina y población dependiente. En ausencia del proyecto se mantendrían las condiciones actuales de conectividad, movilidad y accesibilidad entre Boca del Río y Alvarado, así como las presiones relacionadas con crecimiento urbano, población flotante, turismo, saturación vial en determinados periodos y demanda de infraestructura de movilidad.

En función de lo sintetizado anteriormente y ampliamente presentado en el Capítulo IV, los resultados del escenario sin proyecto presentados en el apartado V.3.1 de esta Manifestación de Impacto Ambiental permiten prever la continuidad de las dinámicas y actividades que confluyen en el SAR. Bajo este escenario se aprecia una tendencia negativa en la calidad ambiental para 41 de los 42 factores ambientales evaluados. El promedio de valoración obtenido para la calidad ambiental del SAR es de aproximadamente -33, con valores negativos que no superan los -40, con especial atención en los componentes de Población y Economía, además de la intervención antrópica que afecta al medio perceptual. Debe mencionarse, sin embargo, que la valoración promedio de tendencia de deterioro de -33.80 se ubica en un rango considerado como moderado.

En síntesis, en ausencia del proyecto no se eliminarían las presiones actuales sobre el SAR. Por el contrario, se prevé la continuidad de procesos de urbanización, presión recreativa, modificación paisajística, dinámica erosiva litoral, presión sobre vegetación costera y fauna silvestre, así como retos de movilidad y conectividad regional. Este escenario constituye la línea de comparación para valorar la contribución específica del proyecto y la eficacia esperada de las medidas de prevención, mitigación, restauración, compensación, control y vigilancia ambiental propuestas.

VII.2. Descripción y análisis del escenario con proyecto.

El escenario con proyecto considera la ejecución de las obras y actividades previstas para la preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto, sin incorporar todavía el efecto de las medidas de prevención, mitigación, restauración, compensación, control y vigilancia ambiental. Este escenario permite identificar la magnitud potencial de los impactos asociados con el proyecto y constituye una referencia para valorar la eficacia esperada de las medidas propuestas en el Capítulo VI.

Para la etapa de preparación del sitio, la valoración promedio de los impactos negativos fue de aproximadamente -25. Los impactos adversos previstos se relacionan principalmente con actividades comunes a obras de infraestructura, tales como delimitación de áreas de trabajo, señalización y canalización temporal del tránsito vehicular y peatonal, desmonte y despalme, limpieza de obstrucciones, terracerías, compactación, trazo, nivelación y movimiento de maquinaria y equipo. Estas actividades podrían generar efectos temporales sobre suelo, calidad perceptible del aire, ruido, movilidad local, percepción social, morfología del territorio y componentes bióticos presentes en el entorno.

Durante esta etapa también podrían presentarse molestias temporales a la población usuaria del espacio, visitantes, comercios, servicios turísticos y actividades recreativas, derivadas de cierres parciales, restricciones de paso, ajustes de circulación, tránsito de maquinaria y modificación temporal de rutas peatonales o vehiculares. Estos efectos podrían incidir en la aceptación social del proyecto durante la fase constructiva, aun cuando su duración estaría asociada al periodo de ejecución de las obras.

Para la etapa de construcción, la valoración promedio de los impactos negativos fue de aproximadamente -28. Las actividades con mayor relevancia corresponden al movimiento de maquinaria, movimiento de suelo y materiales, encofrados para cimentación, tablestacado, rellenos, colocación de columnas y trabes, así como construcción de la infraestructura permanente. En ausencia de medidas, estas actividades podrían incrementar temporalmente la generación de polvos, ruido, emisiones, residuos, sedimentos, turbidez y riesgo de contaminación del suelo o del agua.

En el medio abiótico, los principales efectos potenciales se relacionan con la calidad del aire, el confort sonoro, la generación de material particulado, el manejo de residuos, el riesgo de derrames, el transporte de sólidos, la turbidez, la calidad del agua, el drenaje

superficial y la interacción del proyecto con la franja litoral y la desembocadura del río Jamapa. En este escenario, el riesgo ambiental no debe interpretarse como una afectación inevitable, sino como la condición que podría presentarse en ausencia de controles ambientales suficientes.

En el medio biótico, podrían presentarse efectos temporales sobre fauna silvestre por perturbación, ahuyentamiento, tránsito de maquinaria, ruido, presencia humana, pérdida o modificación puntual de refugios, así como riesgo de daño directo a organismos de menor movilidad, incluidos reptiles, cangrejos y otros organismos asociados con ambientes costeros o estuarinos. Asimismo, los componentes sensibles del SAR, como mangle, cangrejo azul, aves rapaces, vegetación costera, esteros e Isla del Amor, requieren atención específica por su cercanía funcional con el área del proyecto.

En relación con la línea de costa y la dinámica litoral, la presencia de infraestructura civil permanente podría modificar localmente la percepción del frente costero y su interacción con procesos sedimentarios. Sin embargo, en este escenario no debe asumirse que el proyecto revertirá por sí mismo la tendencia erosiva identificada, ni que generará acreción de manera automática o generalizada. La funcionalidad del proyecto como infraestructura vial dependerá de que su diseño, construcción y operación mantengan condiciones adecuadas de estabilidad, seguridad y continuidad operativa frente a la dinámica costera existente. Bajo este enfoque, la infraestructura no se plantea como una solución integral a la erosión costera regional, sino como una obra que debe conservar su funcionalidad vial y estructural sin comprometer la estabilidad ambiental de la franja litoral.

Durante la operación y mantenimiento, la valoración promedio de impactos negativos fue de aproximadamente -23, por lo que esta etapa presenta menor número y magnitud relativa de impactos adversos respecto a la preparación del sitio y construcción. No obstante, la operación implica efectos permanentes asociados con la presencia de una nueva infraestructura vial, tránsito vehicular, confort sonoro, modificación perceptual del paisaje, mantenimiento periódico, generación de residuos y posible interacción con fauna silvestre, particularmente especies menores y cangrejo azul.

En este escenario también se identifican impactos positivos vinculados con la generación temporal de empleo durante la preparación del sitio y construcción, así como con el impulso a actividades económicas asociadas al suministro de materiales, combustibles, lubricantes, renta o venta de maquinaria y equipo, equipo de protección

personal, señalética e insumos para seguridad vial. Durante la operación, los beneficios potenciales se relacionan principalmente con conectividad, accesibilidad y redistribución del tránsito en el corredor Boca del Río–Alvarado.

En síntesis, el escenario con proyecto sin medidas permite reconocer que los impactos adversos más relevantes se concentran en la preparación del sitio y construcción, especialmente por su interacción con suelo, agua, sedimentos, fauna, vegetación costera, paisaje, movilidad local y percepción social. Aunque la etapa de operación presenta menor magnitud relativa de impactos negativos y mayores beneficios de conectividad, también incorpora efectos permanentes que deben ser reconocidos como parte del balance ambiental del proyecto. Este escenario justifica la necesidad de aplicar las medidas propuestas en el Capítulo VI y de verificar su cumplimiento mediante el Programa de Vigilancia Ambiental.

VII.3. Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de prevención, mitigación, compensación y/o corrección.

De acuerdo con lo presentado en el apartado V.3.3, la aplicación de las medidas de prevención, mitigación, restauración, compensación, control y vigilancia ambiental propuestas en el Capítulo VI reduce la importancia de los impactos negativos identificados para las distintas etapas del proyecto. En este escenario, los valores promedio de los impactos adversos se ubican entre -21 y -24, por lo que, conforme a la escala de valoración adoptada, se mantienen principalmente entre las categorías de irrelevantes y moderados.

La reducción en la valoración de impactos no debe interpretarse como ausencia de efectos ambientales, sino como una disminución de su magnitud, duración, extensión o relevancia mediante la aplicación de medidas específicas de manejo. Por ello, este escenario representa la condición ambiental esperada bajo el supuesto de que las medidas propuestas se ejecuten de manera estricta, documentada y verificable mediante el Programa de Vigilancia Ambiental.

En el medio abiótico, las medidas propuestas permitirán controlar emisiones atmosféricas, dispersión de polvos, generación de partículas, manejo de maquinaria, riesgo

de derrames, manejo de residuos, uso de sanitarios móviles, control de sedimentos, prevención de turbidez excesiva y protección de la contaminación de los cuerpos de agua. Para ello se consideran acciones como verificación vehicular, mantenimiento preventivo de maquinaria, apagado de motores cuando no estén en operación, riego de superficies transitables, uso de lonas en transporte y almacenamiento de materiales, manejo integral de residuos, provisión autorizada de agua, supervisión de frentes de obra.

En relación con la desembocadura del río Jamapa, la zona costera, playa, esteros y porción marina del entorno del proyecto, las medidas propuestas deberán prevenir aportes no controlados de residuos, sedimentos, materiales, concreto, aceites, combustibles u otras sustancias contaminantes. En este sentido, la aplicación de controles de obra, supervisión ambiental, recorridos de verificación y vigilancia asistida por drones permitirá reducir el riesgo de afectaciones indirectas sobre la calidad del agua, la turbidez, el transporte de sólidos y la funcionalidad hidrológica del entorno.

En cuanto a los componentes bióticos, las medidas propuestas permitirán reducir riesgos sobre fauna silvestre mediante observación permanente durante obra, monitoreo de especies indicadoras, capacitación ambiental, delimitación de frentes de trabajo, acciones preventivas y, cuando sea necesario, manejo adaptativo. En particular, el seguimiento preventivo del cangrejo azul se orientará a identificar y verificar madrigueras activas, rutas de desplazamiento, zonas de refugio y áreas sensibles, mientras que la instalación de pasos de fauna buscará favorecer el tránsito seguro de individuos y reducir riesgos de atropellamiento, aislamiento o interferencia con sus desplazamientos.

Respecto a las aves rapaces, el monitoreo de hábitat permitirá dar seguimiento a sitios de percha, alimentación, caza, anidación y uso de hábitat en sitios sensibles cercanos a la Isla del Amor. Esta medida permitirá detectar oportunamente condiciones de sensibilidad ecológica y orientar la planeación de actividades para reducir perturbaciones por ruido, tránsito de maquinaria, presencia humana o modificación del entorno inmediato.

En relación con los individuos de mangle registrados en las inmediaciones de la obra, no se prevé su remoción directa como parte del proyecto; sin embargo, su cercanía funcional con el área de intervención justifica mantener acciones de vigilancia, delimitación preventiva y seguimiento de su condición. Las medidas propuestas deberán prevenir afectaciones indirectas por depósito de materiales, cambios no previstos en escurrimientos

superficiales, compactación, residuos, tránsito no autorizado o cualquier otra actividad que pudiera comprometer su integridad.

Desde el punto de vista paisajístico, la incorporación de colores, formas, acabados y criterios de integración visual permitirá reducir el contraste de la infraestructura civil con el entorno urbano-costero. Esta medida no elimina la visibilidad del proyecto ni su carácter permanente, pero contribuye a una inserción paisajística más compatible con la unidad visual de la desembocadura del río Jamapa, la franja litoral, la playa y la Riviera Veracruzana.

En el componente socioeconómico, las medidas asociadas con señalización, canalización temporal del tránsito, control de frentes de obra, horarios de traslado, limpieza, manejo de residuos, capacitación y supervisión ambiental permitirán reducir molestias temporales a usuarios locales, visitantes, comercios, transporte público y actividades recreativas. A su vez, se mantienen impactos positivos asociados con la generación temporal de empleo, contratación de servicios, compra de insumos y, durante la operación, mejora de conectividad y accesibilidad regional.

En conjunto, la aplicación adecuada y verificable de las medidas propuestas permitirá disminuir la relevancia de los impactos negativos previstos y mantenerlos dentro de rangos ambientalmente manejables. Este escenario constituye la base para el pronóstico ambiental del proyecto, ya que integra la valoración de impactos, el reconocimiento de impactos residuales y acumulativos, y el papel del Programa de Vigilancia Ambiental como mecanismo de seguimiento y control.

VII.4. Pronóstico ambiental.

VII.4. Pronóstico ambiental.

Con base en la caracterización ambiental del Capítulo IV, la valoración de impactos del Capítulo V y las medidas propuestas en el Capítulo VI, el pronóstico ambiental del proyecto indica que el SAR mantendrá su condición general de sistema urbano-costero transformado, con procesos ambientales activos y componentes sensibles que requieren seguimiento. La ejecución del proyecto no elimina las presiones preexistentes sobre la

franja litoral, la desembocadura del río Jamapa, la vegetación costera, la fauna silvestre, el paisaje y los usos sociales del espacio; sin embargo, la aplicación estricta de las medidas de prevención, mitigación, restauración, compensación, control y vigilancia ambiental permitirá reducir la contribución del proyecto a dichas presiones.

En relación con la línea de costa y la dinámica litoral, el pronóstico debe interpretarse con cautela. El análisis desarrollado para el SAR muestra una tendencia erosiva en una proporción importante de los transectos evaluados, con sectores puntuales de acreción asociados con la configuración costera y la infraestructura existente. Por ello, no se asume que el proyecto revertirá por sí mismo la tendencia erosiva regional ni que generará acreción de manera automática. El pronóstico ambiental se orienta a que el diseño, construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura mantengan condiciones adecuadas de estabilidad, seguridad y funcionalidad vial, sin incrementar los procesos erosivos, sin alterar de manera no prevista el transporte local de sedimentos y sin generar aportes de materiales hacia la playa, esteros, río Jamapa o zona marina adyacente.

Respecto a la desembocadura del río Jamapa, el proyecto deberá ejecutarse bajo condiciones que mantengan la funcionalidad hidráulica y eviten aportes no controlados de residuos, sedimentos, concreto, aceites, combustibles u otras sustancias contaminantes. Bajo la aplicación de las medidas propuestas, no se prevén cambios significativos en la dinámica general del cuerpo de agua atribuibles al proyecto; sin embargo, por tratarse de un sistema estuarino dinámico, su condición deberá mantenerse bajo vigilancia durante la preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.

En el componente biótico, el pronóstico reconoce que el SAR conserva elementos sensibles dentro de un contexto urbano-costero transformado. No se prevé la remoción directa de individuos de mangle como parte del proyecto; no obstante, los ejemplares registrados en las inmediaciones de la obra deberán mantenerse bajo seguimiento preventivo para evitar afectaciones indirectas por depósito de materiales, tránsito no autorizado, compactación, residuos o cambios no previstos en escurrimientos superficiales. El seguimiento de estos individuos permitirá documentar su condición y atender oportunamente cualquier riesgo asociado con las actividades del proyecto.

Para la fauna silvestre, el pronóstico indica que los impactos más probables serán temporales y estarán relacionados con perturbación, ruido, presencia humana, tránsito de maquinaria, modificación puntual de refugios y riesgo de interacción con organismos de

menor movilidad. La observación permanente durante obra, el monitoreo de especies indicadoras, el seguimiento preventivo del cangrejo azul, el monitoreo de hábitat de aves rapaces y los pasos de fauna para cangrejo azul permitirán reducir riesgos y generar información verificable sobre la respuesta de estos componentes sensibles. Estas medidas no implican ausencia absoluta de riesgo, pero sí establecen mecanismos para prevenir, reducir, atender y documentar posibles afectaciones.

En términos paisajísticos, el proyecto incorporará una infraestructura permanente y visible dentro de la unidad costera-urbana de la desembocadura del río Jamapa y la Riviera Veracruzana. Por ello, el pronóstico no debe interpretarse como ausencia de impacto visual, sino como la incorporación de un nuevo elemento de infraestructura en un paisaje previamente transformado. La aplicación de criterios de integración visual mediante colores, formas, acabados y ordenamiento de frentes de obra permitirá reducir el contraste visual y favorecer una inserción más compatible con el carácter urbano-costero del sitio.

Desde el punto de vista socioeconómico, el proyecto puede generar beneficios asociados con conectividad, accesibilidad, movilidad regional, empleo temporal y contratación de bienes y servicios durante las etapas de preparación del sitio y construcción. Durante la operación, se prevén beneficios relacionados con la redistribución del tránsito y la articulación funcional entre Boca del Río y Alvarado. No obstante, estos beneficios deberán interpretarse junto con los impactos residuales y acumulativos asociados con la presencia de infraestructura permanente, modificación paisajística, mayor accesibilidad, presión recreativa, tránsito y uso social de la franja costera.

En el escenario con proyecto y medidas, los impactos residuales identificados se mantienen dentro de rangos ambientalmente manejables, principalmente entre categorías de baja significancia y algunos efectos moderados asociados con movilidad temporal, traslado de maquinaria y materiales, confort sonoro nocturno, percepción social, paisaje y operación de la infraestructura vial. Asimismo, el análisis acumulativo permite reconocer que el proyecto puede contribuir de manera incremental a procesos previamente existentes en el SAR, pero dicha contribución se considera proporcional al contexto urbano-costero en el que se inserta el proyecto y manejable mediante la aplicación de las medidas propuestas y del Programa de Vigilancia Ambiental.

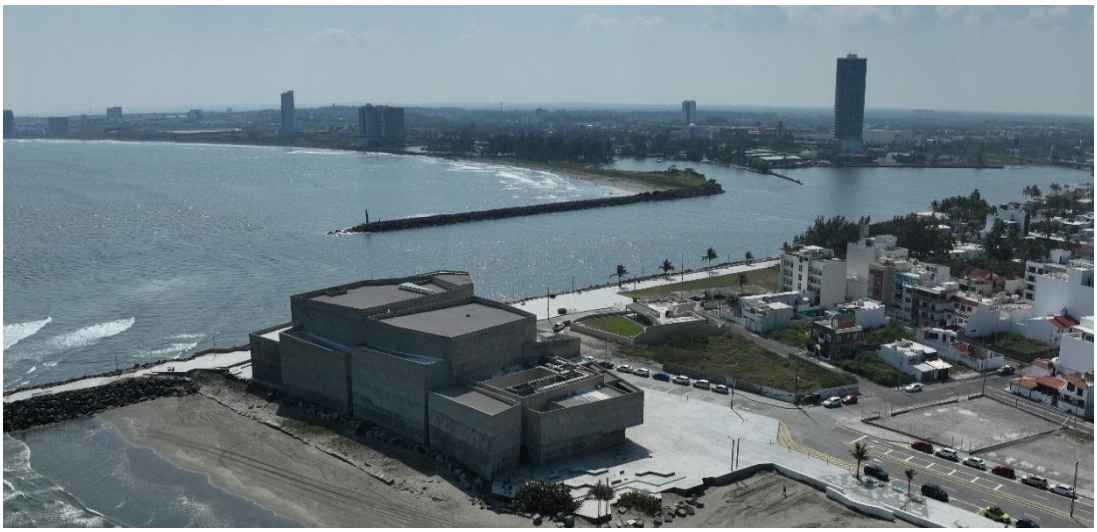
En consecuencia, el pronóstico ambiental indica que el proyecto es ambientalmente viable, siempre que las obras y actividades se ejecuten dentro del área autorizada, se

apliquen de manera estricta las medidas propuestas en el Capítulo VI y se mantenga un seguimiento documentado y verificable mediante el Programa de Vigilancia Ambiental. La viabilidad ambiental no se sustenta en la ausencia de impactos, sino en que estos han sido identificados, valorados, relacionados con medidas de manejo y sujetos a vigilancia durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.

Por lo anterior, el proyecto "**Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz"** se considera **AMBIENTALMENTE VIABLE** bajo condiciones de cumplimiento, supervisión y control ambiental, siempre que se mantenga atención prioritaria sobre la desembocadura del río Jamapa, la franja litoral, la vegetación costera, los individuos de mangle, la fauna silvestre, el cangrejo azul, las aves rapaces, el paisaje, la movilidad local y los usos sociales, turísticos y recreativos del entorno.

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL, MODALIDAD REGIONAL

Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz



Secretaría de Infraestructura y Obras Públicas del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave (SIOP).

CAPÍTULO VIII. Identificación de los Instrumentos Metodológicos y Elementos Técnicos que Sustenta los Resultados de la Manifestación de Impacto Ambiental

Mayo, 2026.

GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ 2024 - 2030

SIOP SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA Y OBRA PÚBLICA

Contenido

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL 3

8.1. Cartografía 3

8.2. Fotografías 3

8.3. Glosario de Términos 3

8.4. Bibliografía 6

REPORTE FOTOGRÁFICO 13

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

En este capítulo se describen y se presentan los elementos metodológicos y técnicos que formaron parte de la integración y de los resultados de la presente Manifestación de Impacto Ambiental.

8.1. Cartografía

La información cartográfica analizada e integrada para el proyecto se puede consultar en los **ANEXOS** del presente documento.

Para el caso de los planos del proyecto, estos pueden ser consultados también en la carpeta digital de **ANEXOS** del presente documento.

8.2. Fotografías

Las fotografías de referencia para mejor interpretación del proyecto fueron incluidas en cada uno de los capítulos de la MIA-R, asimismo al final del presente capitulo se incluye un reporte fotográfico con vistas aéreas del sitio en donde quedara el Proyecto.

8.3. Glosario de Términos

Adaptación: Medidas y ajustes en sistemas humanos o naturales, como respuesta a estímulos climáticos, proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos.

Beneficioso o perjudicial: Positivo o negativo.

Contingencias ambientales: Situación de riesgo derivado de actividades humanas o de fenómenos naturales que pueden poner en peligro a uno o varios ecosistemas.

Daño ambiental: Es el que ocurre sobre algún elemento ambiental a consecuencia de un impacto ambiental adverso.

Daño a los ecosistemas: Es el resultado de uno o más impactos ambientales sobre uno o varios elementos ambientales o procesos del ecosistema que desencadenan un desequilibrio ecológico.

Daño grave al ecosistema: Es aquel que propicia la pérdida de uno o varios elementos ambientales, que afecta la estructura o función, o que modifica las tendencias evolutivas o sucesionales del ecosistema.

Duración: El tiempo de duración del impacto; por ejemplo, permanente o temporal.

Ecosistema costero: La franja en la cual el medio marino y terrestre adyacente se constituyen en un sistema cuyos elementos interactúan entre sí, comprendiendo la transición física entre la tierra y el mar, los ecosistemas terrestres adyacentes que afectan el mar a través de los flujos biológicos como el flujo de nutrientes y energía y los ecosistemas marinos afectados por su proximidad, tales como lagunas costeras, estuarios, manglares, dunas y playa.

Impacto ambiental: Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.

Impacto ambiental acumulativo: El efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.

Impacto ambiental residual: El impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.

Impacto ambiental significativo o relevante: Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.

Impacto ambiental sinérgico: Aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.

Importancia: Indica qué tan significativo es el efecto del impacto en el ambiente. Para ello se considera lo siguiente: a) La condición en que se encuentran el o los elementos o componentes ambientales que se verán afectados. b) La relevancia de la o las funciones afectadas en el sistema ambiental. c) La calidad ambiental del sitio, la incidencia del impacto en los procesos de deterioro. d) La capacidad ambiental expresada como el potencial de asimilación del impacto y la de regeneración o autorregulación del sistema. e) El grado de concordancia con los usos del suelo y/o de los recursos naturales actuales y proyectados.

Indicadores: Es un valor observado representativo de un fenómeno determinado. En general, los indicadores cuantifican la información mediante la agregación de múltiples y diferentes datos. La información resultante se encuentra pues sintetizada. En resumen, los indicadores simplifican una información que puede ayudar a revelar fenómenos complejos.

Índices: Valor cuantitativo en el monitoreo de cambios en los extremos del clima, estos son calculados a partir de las series de datos observados de temperatura y precipitación.

Irreversible: Aquel cuyo efecto supone la imposibilidad o dificultad extrema de retornar por medios naturales a la situación existente antes de que se ejecutara la acción que produce el impacto.

Magnitud: Extensión del impacto con respecto al área de influencia a través del tiempo, expresada en términos cuantitativos.

Medidas de prevención: Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente.

Medidas de mitigación: Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar el impacto ambiental y restablecer o compensar las condiciones ambienta les existentes antes de la perturbación que se causará con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas.

Naturaleza del impacto: Se refiere al efecto benéfico o adverso de la acción sobre el ambiente.

Relleno: Conjunto de operaciones necesarias para depositar materiales en una zona terrestre generalmente baja.

Reversibilidad: Ocurre cuando la alteración causada por impactos generados por la realización de obras o actividades sobre el medio natural puede ser asimilada por el entorno debido al funcionamiento de procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de autodepuración del medio.

Sistema ambiental: Es la interacción entre el ecosistema (componentes abióticos y bióticos) y el subsistema socioeconómico (incluidos los aspectos culturales) de la zona donde se pretende establecer el proyecto.

Vegetación forestal: 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.

Vulnerabilidad: Nivel a que un sistema es susceptible, o no es capaz de soportar los efectos adversos del Cambio Climático, incluida la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática a la que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad, y su capacidad de adaptación.

Zona de tiro: Área destinada al depósito del material dragado en el continente.

8.4. Bibliografía

Aguirre-León, G. 2011. Métodos de estimación, captura y marcaje para estudios poblacionales de reptiles. En: Gallina-Tessaro, S. y C. López-González (Eds.). Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Vol. 1. Universidad Autónoma de Querétaro–INECOL, A.C., México. pp. 127–141.

Alcántara, S. 1993. Mastofauna del Centro de Investigaciones Costeras La Mancha, Veracruz. Anales Inst. Biol. UNAM, Ser. Zool. 64(1): 57–85.

Altamirano González-Ortega, M.A., Guzmán Hernández, J., Martin Gómez, M.F., Domínguez Velázquez, L.E. 2003. Un método para la selección de aves bioindicadoras con base en sus posibilidades de monitoreo. Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología 4(2): 10–16.

AOU (American Ornithologists' Union). 2011. Check-list of North American Birds. 7ma edición y suplementos. American Ornithologists' Union, Washington, D.C.

Aranda, J.M. 2012. Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México. 255 p.

Arizmendi, M.C. y L. Márquez-Valdelamar. 2000. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México. CIPAMEX–Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, México. 404 p.

Becker, P.H. 2003. Biomonitoring with birds. En: Markert, B.A., Breure, A.M. y H.G. Zechmeister (Eds.). Bioindicators and Biomonitors. Elsevier, Amsterdam. pp. 677–736.

Berlanga, H., H. Gómez de Silva, V.M. Vargas-Canales, V. Rodríguez-Contreras, L.A. Sánchez-González, R. Ortega-Álvarez y R. Calderón-Parra. 2017. Aves de México: Lista actualizada de especies y nombres comunes. CONABIO, México, D.F.

Bojórquez-Tapia, L. y A. Ortega-Rubio. 1989. Análisis de técnicas de simulación cualitativa para la predicción del impacto ecológico. Disponible en: http://www.bashanfoundation.org/contributions/Ortega-A/ortegaprediccion.pdf

Burgas, D., Byholm, P. y T. Parkkima. 2014. Raptors as surrogates of biodiversity along a landscape gradient. Journal of Applied Ecology 51: 786–794.

Burger, J. y M. Gochfeld. 2004. Marine Birds as Sentinels of Environmental Pollution. EcoHealth 1: 263–274.

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 2014a. Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal. Disponible en: https://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGAF/Juridico/leyes/Ley_de_Caminos_Puentes_y_Autotransporte_Federal.pdf

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 2014b. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEEPA_MEIA_311014.pdf

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 2021a. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf_mov/Constitucion_Politica.pdf

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 2021b. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf

Cano, A. y P.R. Stevenson. 2009. Diversidad y composición florística de tres tipos de bosque en la Estación Biológica Caparú, Vaupés. Revista Colombia Forestal 12: 63–80.

Carmona Díaz, G. y J.E. Morales Mávil. 2008. Evaluación, manejo y rehabilitación de flora y fauna afectada por derrame de gasóleo del oleoducto de 30" Nuevo Teapa–Salina Cruz km 122+950, en las riberas del Río Coatzacoalcos, Veracruz. Informe final. PEMEX y Universidad Veracruzana. 280 p.

Casal, G., J. Freire, R. Domínguez-Pérez y J.A. Sánchez-Carnero. 2010. Análisis de la línea de costa mediante fotointerpretación: criterios de digitalización y fuentes de incertidumbre. Revista de Teledetección 33: 38–51.

Castillo, A. y P. Moreno-Casasola. 1998. Análisis de la flora de dunas costeras del litoral atlántico de México. Acta Botánica Mexicana 45: 55–80.

Castro, I., J.R. Aboal, J.A. Fernández y A. Carballeira. 2011. Use of Raptors for Biomonitoring of Heavy Metals: Gender, Age and Tissue Selection. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 86: 347–351.

Ceballos, G. y G. Oliva (Coords.). 2005. Los mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura Económica–Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 986 p.

Celis-Murillo, A., F. González-García y D. Meltzer. 2008. Cantos de aves de México: Península de Yucatán. Volumen I. Yucatán, México.

CITES. 2007. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES). Species Database. Disponible en: https://cites.org

CONABIO. 2011. La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad–Gobierno del Estado de Veracruz–Universidad Veracruzana–Instituto de Ecología, A.C., México.

Diario Oficial de la Federación (DOF). 2010. 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. DOF 30 de diciembre de 2010. Disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5173091

Espejel, I., E. Jiménez-Orocio, R.A. Castillo-Campos, P. Moreno-Casasola, A. Infante-Mata, A.J. García-Sánchez, M.L. Martínez et al. 2017. Flora en playas y dunas costeras de México. Acta Botánica Mexicana 121: 39–81.

Flores, G. y P. Gerez. 1994. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo. CONABIO–UNAM, México. 439 p.

Flores-Villela, O. 1993. Herpetofauna mexicana: lista anotada de las especies de anfibios y reptiles de México, cambios taxonómicos recientes y nuevas especies. Carnegie Museum of Natural History, Special Publication No. 17. Pittsburgh, PA. 73 p.

Flores-Villela, O. y L. Canseco-Márquez. 2004. Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 20(2): 115–144.

Flores-Villela, O., F. Mendoza-Quijano y G. González-Porter. 1995. Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México. Publicaciones Especiales del Museo de Zoología, Facultad de Ciencias, UNAM 10: 1–285.

Gallardo, J.C. 2003. Las aves marinas y costeras del Golfo de México: estado del conocimiento y prioridades de investigación. En: Caso, M., I. Pisanty y E. Ezcurra (Eds.). Diagnóstico ambiental del Golfo de México. INE–SEMARNAT, México.

González-García, F. y A. Celis-Murillo. 2006. Cantos de las aves de México: Veracruz. Volumen I. Veracruz, México.

González-Romero, A. y C. López-González. 1993. Mamíferos silvestres de Veracruz. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz.

Gregory, R.D., A. van Strien, P. Vorisek, A.W.G. Meyling, D.G. Noble, R.P.B. Foppen y D.W. Gibbons. 2005. Developing indicators for European birds. Philosophical Transactions of the Royal Society B 360: 269–288.

Guízar-Nolazco, E., D. Granados-Sánchez y A. Castañeda-Mendoza. 2010. Flora y vegetación en la porción sur de la mixteca poblana. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 16(2): 95–118.

Gutiérrez, D., C. García-Sáez, M. Lara y C. Padilla. 1993. Comisión Nacional de Biodiversidad y Sistemas Arrecifales del Golfo de México. SEMARNAP, México.

Himmelstoss, E.A., R.L. Henderson, M.G. Kratzmann y A.S. Farris. 2021. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 5.1 user guide. U.S. Geological Survey Open-File Report 2021–1091, 104 p. https://doi.org/10.3133/ofr20211091

Howell, S.N.G. y S. Webb. 2001. A guide to the birds of México and Northern Central America. Oxford University Press. 851 p.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2017. Guía para la interpretación cartográfica: uso del suelo y vegetación, escala 1:250 000. INEGI, Aguascalientes, México. 195 p.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2021. Conjunto de datos vectoriales de la Carta de Humedales Potenciales. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/temas/humedales/

Iñigo-Elías, E. 2000. Las aves rapaces y sus amenazas en México. CIPAMEX, México.

Márquez Ramírez, W. y J. Márquez Ramírez. 2009. Municipios con mayor biodiversidad en Veracruz. Foresta Veracruzana 11(2): 43–50.

Martínez, M.L., R.A. Feagin, K.M. Yeager, J. Day, R. Costanza, J.A. Harris, R.J. Hobbs et al. 2014. Artificial modifications of the coast in response to the Deepwater Horizon oil spill: Quick solutions or long-term liabilities? Frontiers in Ecology and the Environment 10(1): 44–49.

Merlin Bird ID. 2014. The Cornell Lab of Ornithology. Cornell University. Disponible en: http://merlin.allaboutbirds.org/

Moreno, J.C. 2016. Análisis de la evolución de la línea de costa mediante fotointerpretación y herramientas SIG: aplicación al monitoreo del puerto de Veracruz. Reporte técnico, México.

Moreno-Casasola, P. (Ed.). 2016. Servicios ecosistémicos de las selvas y bosques costeros de Veracruz. INECOL–ITTO–CONAFOR–INECC, México. 360 p.

Moreno-Casasola, P., A.C. Travieso-Bello, A. Salinas-Gutiérrez y G. Vázquez. 2011. Lagunas interdunarias y dunas costeras del estado de Veracruz, México. Servicios ambientales y conservación. INECOL, A.C.–CONABIO, México.

Ogden, J.C., J.D. Baldwin, O.L. Bass, J.A. Browder, M.I. Cook, P.C. Frederick, P.E. Frezza, R.A. Galvez, A.B. Hodgson, K.D. Meyer, L.D. Oberhofer, A.F. Paul, P.J. Fletcher, S.M. Davis y J.J. Lorenz. 2014. Waterbirds as indicators of ecosystem health in the coastal marine habitats of southern Florida: 1. Selection and justification for a suite of indicator species. Ecological Indicators 44: 148–163.

Ortiz-Pulido, R., J. Laborde y S. Guevara. 2000. Frugivoría por aves en un paisaje fragmentado: consecuencias en la dispersión de semillas. Biotropica 32(3): 473–488.

Peterson, R.T. y E.L. Chalif. 1998. Aves de México: Guía de campo. Identificación de todas las especies encontradas en México, Guatemala, Belice y El Salvador. Editorial Diana, México.

Ponce, V.M. 1971. La matriz de Leopold para la evaluación del impacto ambiental. Disponible en: http://ponce.sdsu.edu/la_matriz_de_leopold.html

Ramos Fernández, A. 1987. Diccionario de la naturaleza: hombre, ecología, paisaje. Espasa-Calpe, Madrid.

Reyes-Ortiz, J.L., G. Sánchez-Vigil y M.L. Martínez. 2017. Composición y estructura de la flora costera del centro de Veracruz, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 88(3): 567–582.

SEMARNAT. 2002. Diversidad biológica de Veracruz. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental–Especies nativas de México de flora y fauna silvestre–Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio–Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2010.

Sergio, F. y V. Penteriani. 2005. Public information and territory establishment in a loosely colonial raptor. Ecology 86: 340–346.

Sergio, F., I. Newton y L. Marchesi. 2005. Top predators and biodiversity. Nature 436: 192.

Sergio, F., I. Newton y L. Marchesi. 2008. Top predators and biodiversity: much debate, few data. Journal of Applied Ecology 45: 992–999.

Sergio, F., T. Caro, D. Brown, B. Clucas, J. Hunter, J. Ketchum, K. McHugh y F. Hiraldo. 2008. Top predators as conservation tools: ecological rationale, assumptions, and efficacy. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 39: 1–19.

Sibley, D.A. 2001. National Audubon Society: The Sibley Guide to Birds. National Audubon Society, Estados Unidos. 544 p.

Silva, R., M.L. Martínez, P. Moreno-Casasola, V.M. Vázquez-González, A. Hesp, B. Mendoza-González, R. Lithgow, R. Riosmena-Rodríguez, M.A. Lara-Domínguez y G. Camacho-Valdez. 2023. Lagunas costeras y humedales del Golfo de México: estado de conservación y servicios ecosistémicos. Revista Mexicana de Biodiversidad 94: e944651.

Silva-Sáenz, P. 2010. Curso de Inventarios Florísticos de Plantas Vasculares. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Biología, Morelia, Michoacán. 12 p.

Velarde, E., E. Ezcurra, M.A. Cisneros-Mata y M.F. Lavín. 2004. Seabird ecology, El Niño anomalies, and prediction of sardine fisheries in the Gulf of California. Ecological Applications 14(2): 607–615.

REPORTE FOTOGRÁFICO



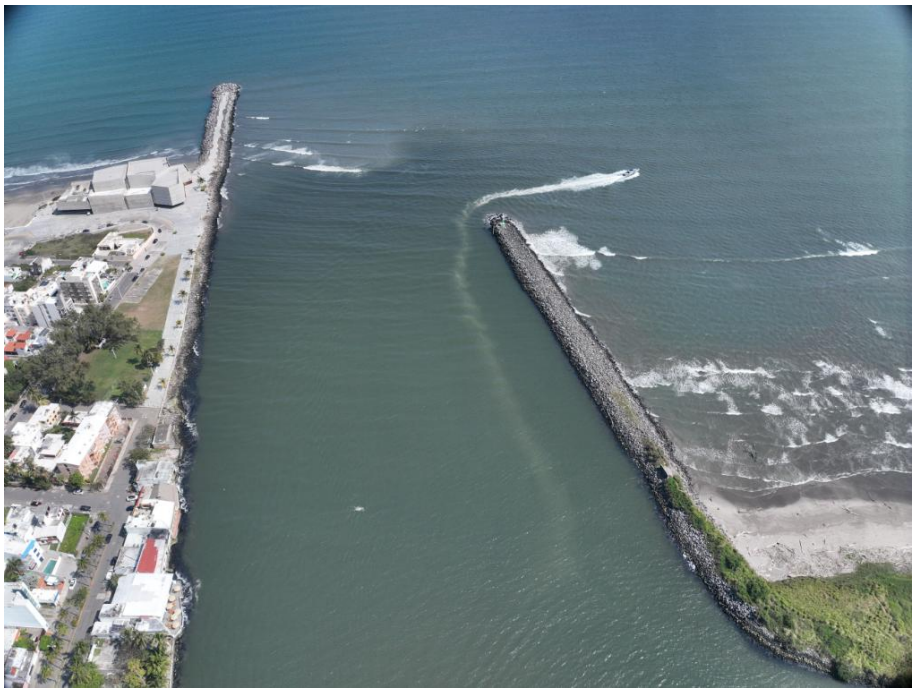
Vista del rio Jamapa, Tramo C Puente.



Vista del Foro Boca, en donde se pretende inicie el Tramo C (Puente)



Vista del rio Jamapa, en donde se pretende construir el Tramo C (Puente).



Vista del rio Jamapa en dirección al mar, en donde se pretende construir el Tramo C (Puente).



Vista del sitio en donde se pretende inicie el Tramo D, con vista a la Isla del Amor.



Vista del sitio en donde se pretende inicie el Tramo D, con vista a la Isla del Amor.



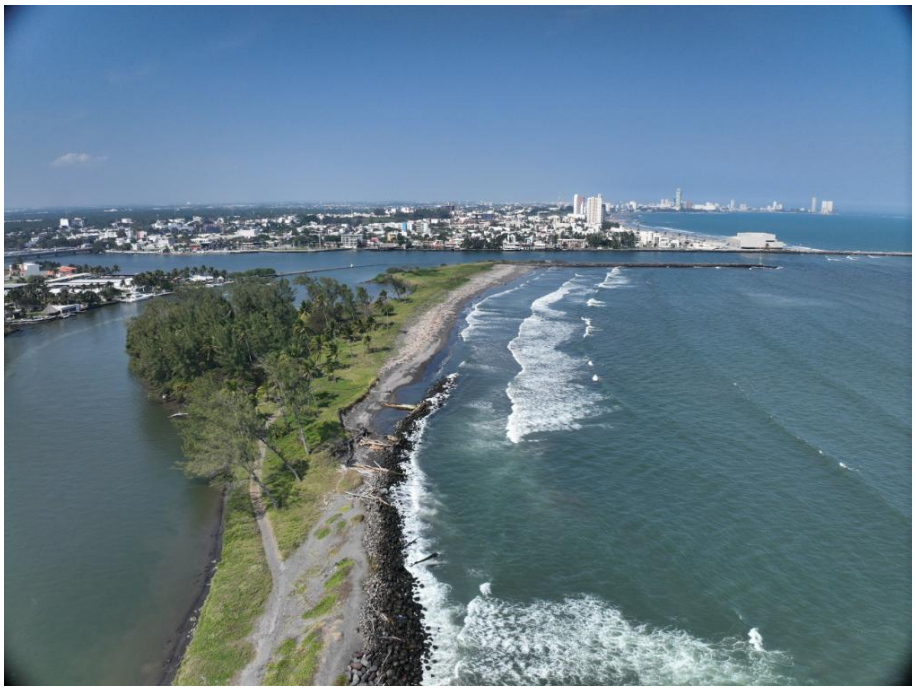
Vista del sitio en donde se pretende inicie el Tramo D, con vista a la Isla del Amor.



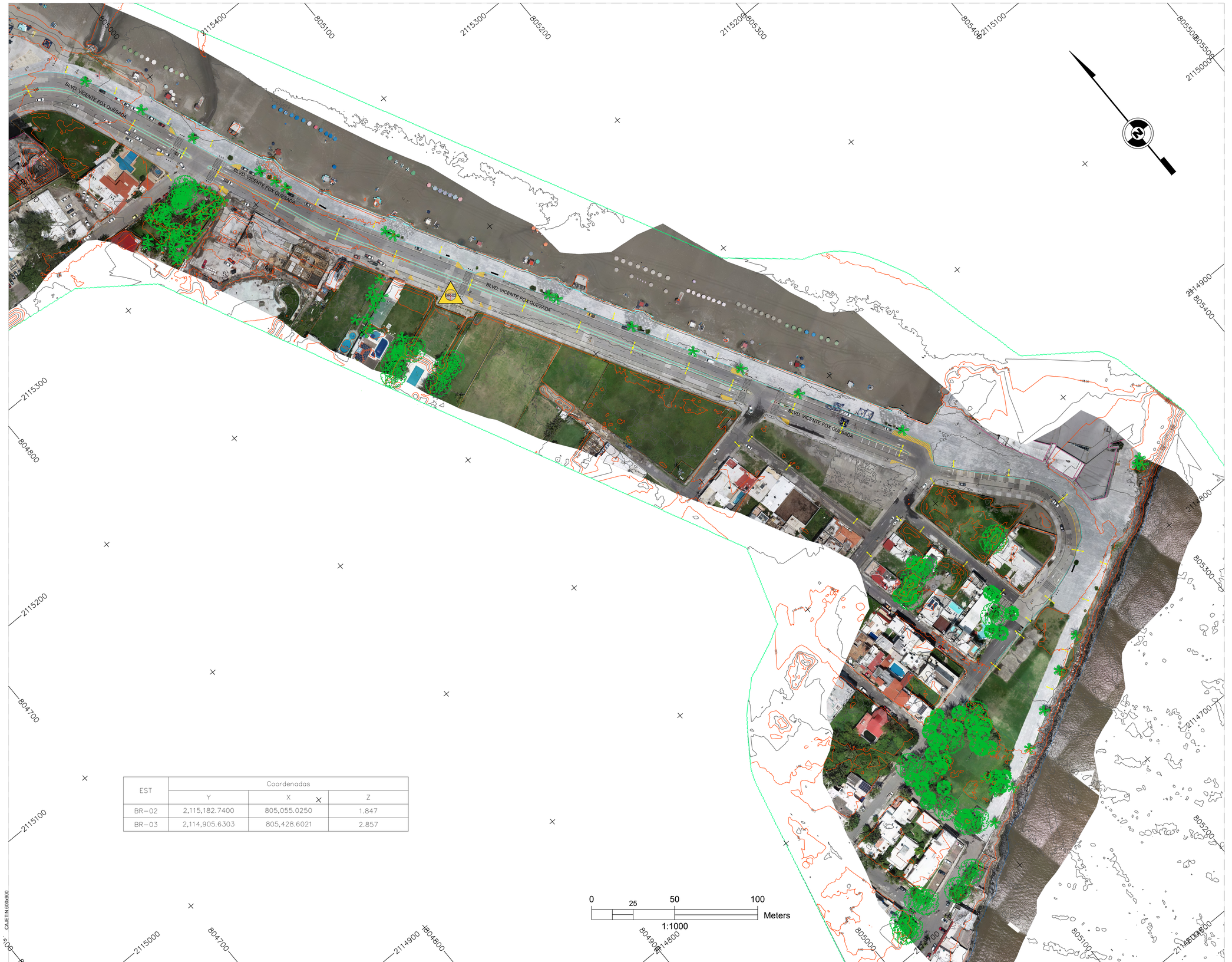
Vista de la vialidad en donde se pretende se intercepte el tramo D.



Vista del sitio en donde se pretende se construya el Tramo D, con vista al Foro Boca.



Vista del sitio en donde se pretende se construya el Tramo D, con vista al Foro Boca.



EST	Coordenadas		
	Y	X	Z
BR-02	2,115,182.7400	805,055.0250	1.847
BR-03	2,114,905.6303	805,428.6021	2.857

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



SIMBOLOGÍA

- PUNTO DE CONTROL TOPOGRAFICO
- CAMELLÓN
- BARDAS
- BANCAS
- BOLARDOS
- EDIFICACIONES
- MANZANAS
- ORILLA DE LA BOCA DEL RÍO
- REGISTROS
- SEÑALAMIENTOS AMARILLOS
- SEÑALAMIENTOS BLANCOS
- LUMINARIAS

REVISIONES

REV.	MOTIVO DE LA MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE

NOTAS:

1.– SISTEMA DE COORDENADAS EN UTM 14N WGS84.
2.– ESCALA ACOTADA EN METROS.
3.– TAMAÑO DE PAPEL 90*60 CM
4.– LA ALTURA DE LOS BOLARDOS ES N.P.T + 0.60 M
5.– -----

CONSTRUCTOR / PROYECTISTA

REPRESENTANTE TÉCNICO DE LA CONSTRUCTORA

REPRESENTANTE TÉCNICO DE LA PROYECTISTA

REALIZÓ: CYM

REVISÓ:

APROBÓ:

AUTORIZÓ:

ESPECIALIDAD: ~~TOPO~~GRAFIA
UBICACIÓN TÉCNICA: ~~GRAL00~~
TITULO DEL PLANO: PUNTOS DE CONTROL TOPOGRAFICO

ANTEPROYECTO

ESC: 1:750 | ACOT: METROS | FECHA: 06/OCT/2025

PLANO o CLAVE: COEBR-CYM-AN-TRAMOB-TOP-PLA-100001-0A

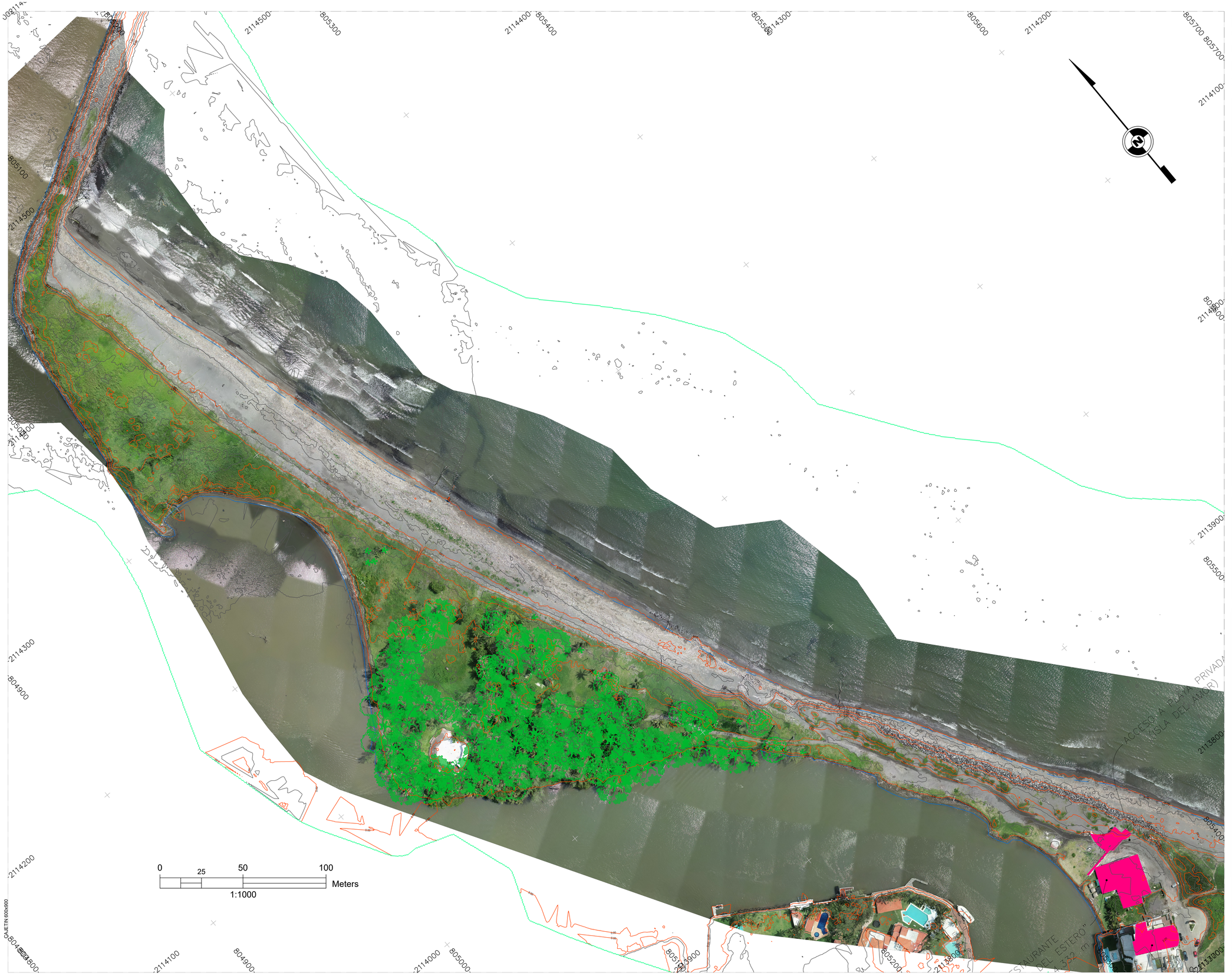
REVISIÓN: 0A

ARCHIVO ELECTRONICO: COEBR-CYM-AN-TRAMOB-TOP-PLA-100001-0A

HOJA 01 DE 01

CAJETIN 600x900

DIMENSIONES: 0.60 x 0.90 m



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



SIMBOLOGÍA

- PUNTO DE CONTROL TOPOGRAFICO
- CAMELLÓN
- BARDAS
- BANCAS
- BOLARDOS
- EDIFICACIONES
- MANZANAS
- ORILLA DE LA BOCA DEL RÍO
- REGISTROS
- SEÑALAMIENTOS AMARILLOS
- SEÑALAMIENTOS BLANCOS
- LUMINARIAS

REVISIONES

REV.	MOTIVO DE LA MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE

NOTAS:

1.– SISTEMA DE COORDENADAS EN UTM 14N WGS84.
2.– ESCALA ACOTADA EN METROS.
3.– TAMAÑO DE PAPEL 90*60 CM
4.– LA ALTURA DE LOS BOLARDOS ES N.P.T + 0.60 M
5.– -----

CONSTRUCTOR / PROYECTISTA

REPRESENTANTE TÉCNICO DE LA CONSTRUCTORA

REPRESENTANTE TÉCNICO DE LA PROYECTISTA

REALIZÓ: CYM

REVISÓ:

APROBÓ:

AUTORIZÓ:

ESPECIALIDAD: ~~TOPO~~GRAFIA
UBICACIÓN TÉCNICA: ~~GRAL00~~
TITULO DEL PLANO: ~~PUNTOS~~ DE CONTROL TOPOGRAFICO

ANTEPROYECTO

ESC: 1:750 | ACOT: METROS | FECHA: 06/OCT/2025

PLANO o CLAVE: COEBR-CYM-AN-TRAMOC-TOP-PLA-100001-0A

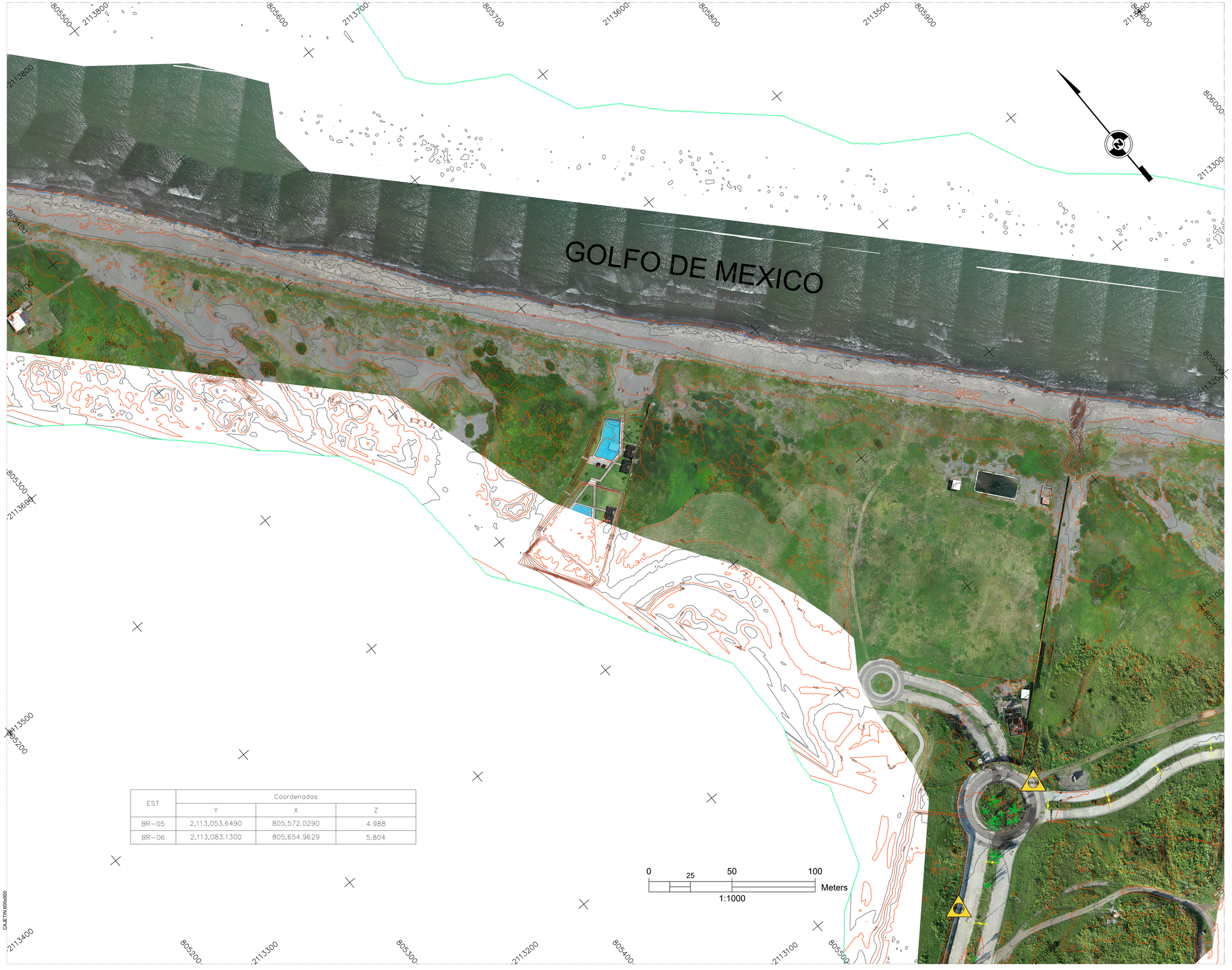
REVISIÓN: 0A

ARCHIVO ELECTRONICO: COEBR-CYM-AN-TRAMOC-TOP-PLA-100001-0A

HOJA 01 DE 01

DIMENSIONES: 0.60 x 0.90 m

CAJETIN 600x900



EST	Coordenadas		
	Y	X	Z
BR-05	2,113,053.6490	805,572.0290	4.988
BR-06	2,113,083.1300	805,654.9629	5.804

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

SIMBOLOGÍA

- PUNTO DE CONTROL TOPOGRAFICO
- CAMELLÓN
- BARDAS
- BANCAS
- BOLARDOS
- EDIFICACIONES
- MANZANAS
- ORILLA DE LA BOCA DEL RÍO
- REGISTROS
- SEÑALAMIENTOS AMARILLOS
- SEÑALAMIENTOS BLANCOS
- LUMINARIAS

REVISIONES

REV.	MOTIVO DE LA MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE

NOTAS:

1.– SISTEMA DE COORDENADAS EN UTM 14N WGS84.
2.– ESCALA ACOTADA EN METROS.
3.– TAMAÑO DE PAPEL 90*60 CM
4.– LA ALTURA DE LOS BOLARDOS ES N.P.T + 0.60 M
5.– ~~~~~

CONSTRUCTOR / PROYECTISTA

REPRESENTANTE TÉCNICO DE LA CONSTRUCTORA

REPRESENTANTE TÉCNICO DE LA PROYECTISTA

REALIZÓ: CYM	ESPECIALIDAD: ~~TOPO~~GRAFIA
REVISÓ:	UBICACIÓN TÉCNICA: ~~GRAL~~00
APROBÓ:	TITULO DEL PLANO: ~~PUNTO~~S DE CONTROL TOPOGRAFICO
AUTORIZÓ:	ANTEPROYECTO

ESC: 1:750 | ACOT: METROS | FECHA: 06/OCT/2025

PLANO o CLAVE: COEBR-CYM-AN-TRAMOD-TOP-PLA-100001-0A

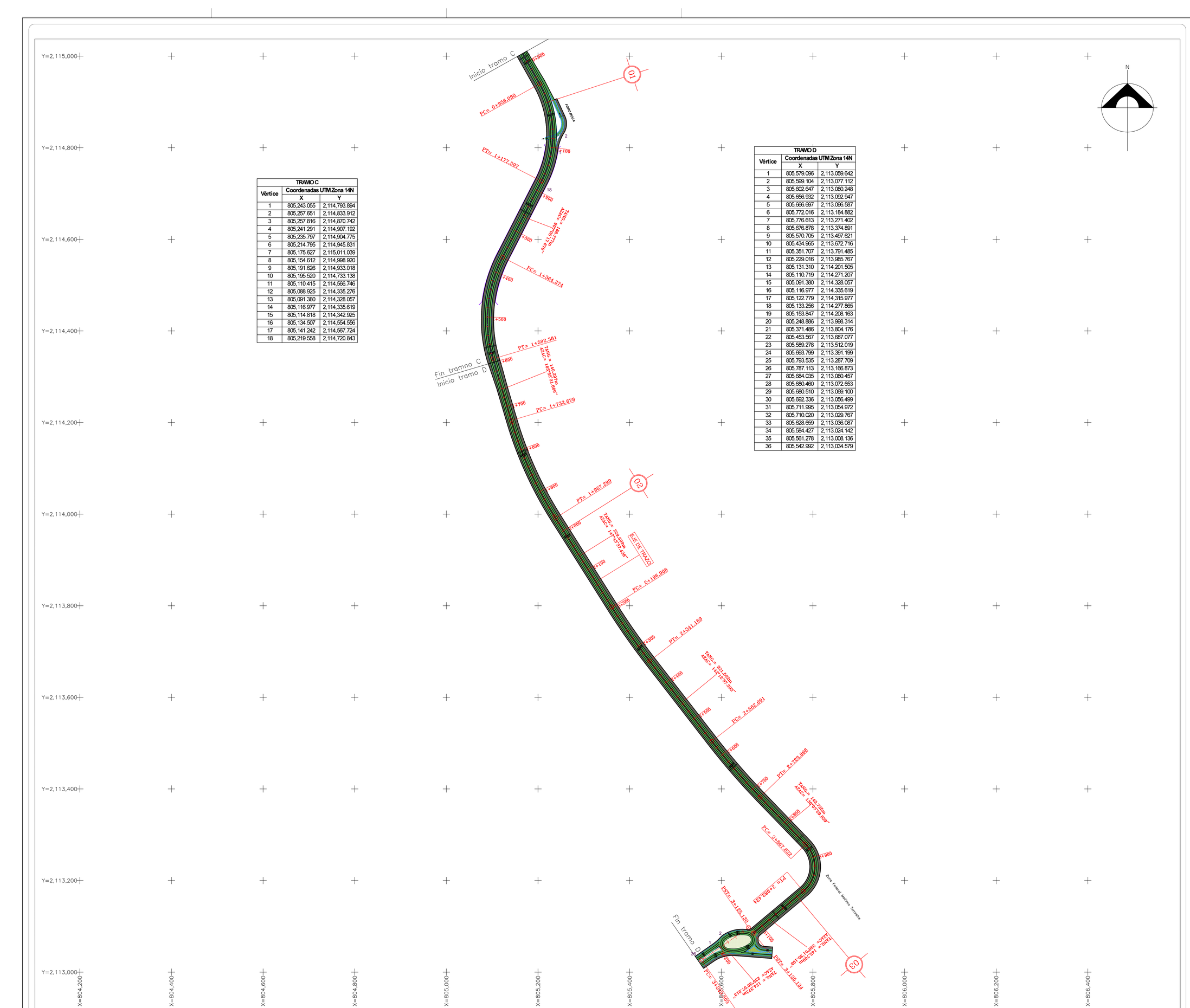
REVISIÓN: 0A

ARCHIVO ELECTRONICO: COEBR-CYM-AN-TRAMOD-TOP-PLA-100001-0A

HOJA 01 DE 01

DIMENSIONES: 0.60 x 0.90 m

CAJETIN 600x900



TRAMO C		
Vértice	Coordenadas UTM Zona 14N	
	X	Y
1	805,243.055	2,114,793.894
2	805,257.651	2,114,833.912
3	805,257.816	2,114,870.742
4	805,241.291	2,114,907.192
5	805,235.797	2,114,904.775
6	805,214.795	2,114,945.831
7	805,175.627	2,115,011.039
8	805,154.612	2,114,998.920
9	805,191.626	2,114,933.018
10	805,195.520	2,114,733.138
11	805,110.415	2,114,566.746
12	805,088.925	2,114,335.276
13	805,091.380	2,114,328.057
14	805,116.977	2,114,335.619
15	805,114.818	2,114,342.925
16	805,134.507	2,114,554.556
17	805,141.242	2,114,567.724
18	805,219.558	2,114,720.843

TRAMO D		
Vértice	Coordenadas UTM Zona 14N	
	X	Y
1	805,579.096	2,113,059.642
2	805,599.104	2,113,077.112
3	805,602.647	2,113,080.248
4	805,656.932	2,113,092.947
5	805,666.697	2,113,096.587
6	805,772.016	2,113,184.882
7	805,776.613	2,113,271.402
8	805,676.878	2,113,374.891
9	805,570.705	2,113,497.621
10	805,434.965	2,113,672.716
11	805,351.707	2,113,791.485
12	805,229.016	2,113,985.767
13	805,131.310	2,114,201.505
14	805,110.719	2,114,271.207
15	805,091.380	2,114,328.057
16	805,116.977	2,114,335.619
17	805,122.779	2,114,315.977
18	805,133.256	2,114,277.865
19	805,153.847	2,114,208.163
20	805,248.886	2,113,998.314
21	805,371.486	2,113,804.176
22	805,453.567	2,113,687.077
23	805,589.278	2,113,512.019
24	805,693.799	2,113,391.199
25	805,793.535	2,113,287.709
26	805,787.113	2,113,166.873
27	805,684.035	2,113,080.457
28	805,680.460	2,113,072.653
29	805,680.510	2,113,069.100
30	805,692.336	2,113,056.499
31	805,711.995	2,113,054.972
32	805,710.020	2,113,029.767
33	805,628.659	2,113,036.087
34	805,584.427	2,113,024.142
35	805,561.278	2,113,008.136
36	805,542.992	2,113,034.579

N

LOCALIZACIÓN REGIONAL



LOCALIZACIÓN PARTICULAR



SIMBOLOGÍA

POLÍGONO TRAMO C

POLÍGONO TRAMO D

ESCALA GRÁFICA

0 10 20 40 60 80 100 200m

ESCALA 1:2,000

NOMBRE DEL PLANO:
PLANTA DEL PROYECTO. TRAMOS C Y D.

Clave de Plano: XXXXX/XXX/XXXX/XX

Hoja: 1 DE 1 | Escala: 1 : 2,500

Fecha de Elaboración: ABRIL 2026

ESTADO: VERACRUZ.
MUNICIPIO: BOCA DEL RÍO Y ALVARADO..

Levantó:

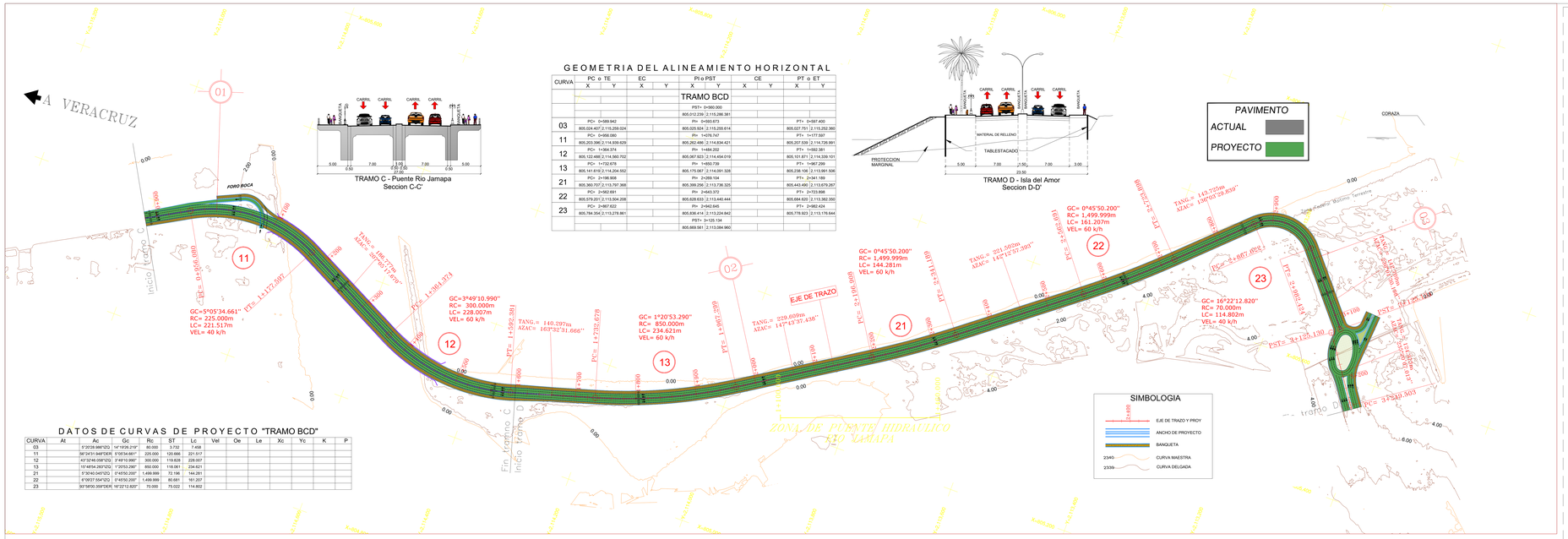
Procesó:

GEOMETRIA DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

CURVA	PC o TE		EC		PI o PST		CE		PT o ET	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
					TRAMO BCD					
					PST= 0+560.000					
					805,012.239	2,115,286.381				
03					PI= 0+583.873				PT= 0+587.400	
	805,024.407	2,115,259.024			805,025.924	2,115,255.614			805,027.751	2,115,252.360
11	PC= 0+894.080				PI= 1+076.747				PT= 1+177.597	
	805,203.392	2,114,939.629			805,282.489	2,114,834.421			805,297.539	2,114,726.991
12	PC= 1+364.374				PI= 1+484.202				PT= 1+592.381	
	805,122.488	2,114,560.702			805,067.923	2,114,454.019			805,101.871	2,114,339.101
13	PC= 1+732.678				PI= 1+850.739				PT= 1+967.299	
	805,141.619	2,114,204.552			805,175.067	2,114,091.526			805,238.106	2,113,991.506
21	PC= 2+169.308				PI= 2+269.104				PT= 2+361.189	
	805,360.707	2,113,797.366			805,399.256	2,113,736.325			805,443.490	2,113,679.267
22	PC= 2+562.691				PI= 2+643.372				PT= 2+723.898	
	805,579.201	2,113,504.206			805,628.633	2,113,440.444			805,684.820	2,113,382.350
23	PC= 2+807.622				PI= 2+842.645				PT= 2+882.434	
	805,784.394	2,113,278.861			805,816.419	2,113,224.842			805,778.923	2,113,176.644
					PST= 3+125.134					
					805,669.561	2,113,084.960				

DATOS DE CURVAS DE PROYECTO "TRAMO BCD"

CURVA	At	Ac	Gc	Rc	ST	Lc	Vel	Oe	Le	Xc	Yc	K	P
03		5°20'28.988"GD	14°19'06.219"	80.000	3.732	7.458							
11		36°24'31.844"GDR	5°05'34.661"	225.000	120.666	221.517							
12		43°32'46.058"GD	3°49'10.990"	300.000	119.828	228.007							
13		16°48'54.283"GD	1°20'53.290"	850.000	118.061	234.621							
21		8°39'40.945"GD	0°45'50.200"	1,499.999	72.166	144.281							
22		8°09'27.554"GD	0°45'50.200"	1,499.999	80.681	161.207							
23		35°58'00.859"GDR	16°22'12.820"	70.000	75.022	114.802							





OBRAS DE DRENAJE	
CLASIFICACION GEOTECNICA CLASIFICACION PARA PRESUPUESTO	
ESPESOR TERRAPLEN	0.09 0.09 0.10 0.10 0.10

720,000 740,000 760,000 780,000 800,000 820,000 840,000 860,000 880,000

2,180,000 2,160,000 2,140,000 2,120,000 2,100,000 2,080,000 2,060,000

N

GOLFO DE MÉXICO

MIAHUATLAN
ACATLAN
TEPETLAN
COACOATZINTLA
ALTO LUCERO
JILOTEPEC
BANDERILLA
XALAPA-ENRIQUEZ
ACTOPAN
DOS RIOS
COATEPEC
URSULO GALVAN
JOSE CARDEL
PUENTE NACIONAL
TLALTETELA
APAZAPAN
JALCOMULCO
PASO DE OVEJAS
TENAMPA
TOTUTLA
TLACOTEPEC DE MEJIA
VERACRUZ
SOCHIAPA
COMAPA
HUATUSCO DE CHICUELLAR
MANLIO FABIO ALTAMIRANO
BOCA DEL RIO
MEDELLIN
COLONIA MANUEL GONZALEZ
TEPATLAXCO
CAMARON DE TEJEDA
SOLEDAD DE DOBLADO
JAMAPA
PASO DEL MACHO
ATOYAC
CORDOBA
AMATLAN DE LOS REYES
COTAXTLA
NARANJAL
YANGA
TAMARINDO
TLALIXCOYAN
COETZALA
CUITLAHUAC
ALVARADO
CUICHAPA
IGNACIO DE LA LLAVE
OMEALCA
LERDO DE TEJADA
TLACOTALPAN
ANGEL R. CABADA
SALTABARRANCA
TEZONAPA
Oaxaca
Puebla
ACULA

UBICACIÓN GENERAL



UBICACIÓN PARTICULAR



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL PUENTE EN BOCA DEL RIO-ALVARADO, VERACRUZ."

SIMBOLOGÍA

- Sitio del proyecto
- Cabecera municipal
- Division estatal
- Division municipal
- Estado de Veracruz

NOMBRE DEL MAPA: **Ubicacion regional del proyecto**

FECHA DE ELABORACIÓN:	CLAVE:	FUENTE:
FEBRERO-2026	MIA-DBA-M01	INEGI, CONABIO

ESCALA: 1:250,000

0 3,125 6,250 12,500 18,750 25,000 m.

DATOS DE PROYECCIÓN:
Universal Transversal de Mercator (UTM)
Datum: WGS 84, Zona 14 Norte

ARGO Consultores Ambientales SA de CV

795,000 800,000 805,000 810,000 815,000

2,125,000 2,120,000 2,115,000 2,110,000 2,105,000

Oasis
Los Torrentes
Lomas de Río Medio Cuatro
Nuevo Veracruz
Veracruz
Valente Díaz
Las Amapolas
Veracruz
Las Amapolas
Los Dos Torrentes
Valle Alto
Aeropuerto
Hacienda Paraíso
Hacienda Sotavento
Carretera Córdoba-Veracruz
Fraccionamiento Puente Moreno
Fraccionamiento Arboledas de San Miguel
Fraccionamiento Arboledas San Ramón
El Tejar
Medellín
Medellín de Bravo
Jamapa
Paso del Toro
Jamapa
Veracruz
Veracruz
Boca del Río
Boca del Río
Desembocadura del Río jamapa
GOLFO DE MÉXICO
N
Carretera Riviera Veracruzana
Antón Lizardo
Alvarado

UBICACIÓN GENERAL



UBICACIÓN PARTICULAR



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL PUENTE EN BOCA DEL RIO-ALVARADO, VERACRUZ."

SIMBOLOGÍA

- Sitio del proyecto
- Cabecera municipal
- Vialidades
- Division municipal
- Estado de Veracruz

Localidad

- Urbana

NOMBRE DEL MAPA: **Ubicación local del proyecto**		
FECHA DE ELABORACIÓN: FEBRERO-2026	CLAVE: MIA-DBA-M02	FUENTE: INEGI, CONABIO

ESCALA: 1:40,000

0 500 1,000 2,000 3,000 4,000 m.

DATOS DE PROYECCIÓN:
Universal Transversal de Mercator (UTM)
Datum: WGS 84, Zona 14 Norte

ARGO Consultores Ambientales SA de CV

804,000 804,500 805,000 805,500 806,000 806,500

2,115,000 2,114,500 2,114,000 2,113,500 2,113,000

GOLFO DE MÉXICO

N

Blvd. Vicente Fox

Escollera Oeste

Desembocadura del Río jamapa

Escollera Este

BOCA DEL RIO

Carretera Riviera Veracruzana

UBICACIÓN GENERAL



UBICACIÓN PARTICULAR



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL PUENTE EN BOCA DEL RIO-ALVARADO, VERACRUZ."

SIMBOLOGÍA

- Cabecera municipal

Poligonos del proyecto

- TRAMO C
- TRAMO D

NOMBRE DEL MAPA: **Polígonos envolventes del proyecto**

FECHA DE ELABORACIÓN:	CLAVE:	FUENTE:
FEBRERO-2026	MIA-DBA-M03	INEGI, CONABIO

ESCALA: 1:5,000

0 62.5 125 250 375 500 m.

DATOS DE PROYECCIÓN:
Universal Transversal de Mercator (UTM)
Datum: WGS 84, Zona 14 Norte

ARGO Consultores Ambientales SA de CV

800,000 802,000 804,000 806,000 808,000 810,000 812,000

2,120,000 2,118,000 2,116,000 2,114,000 2,112,000 2,110,000

N

GOLFO DE MÉXICO

Veracruz

Carretera Córdoba-Veracruz

Boca del Río

Desembocadura del Río jamapa

BOCA DEL RIO

Medellín de Bravo

MEDELLIN

Medellín de Bravo

Alvarado

Laguna de Mandinga

Carretera Riviera Veracruzana

UBICACIÓN GENERAL



UBICACIÓN PARTICULAR



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL PUENTE EN BOCA DEL RIO-ALVARADO, VERACRUZ."

SIMBOLOGÍA

- Cabecera municipal
- Sistema Ambiental Regional
- División municipal

NOMBRE DEL MAPA: **Sistema Ambiental Regional del proyecto**

FECHA DE ELABORACIÓN:	CLAVE:	FUENTE:
FEBRERO-2026	MIA-DBA-M04	INEGI, CONABIO

ESCALA: 1:20,000

0 250 500 1,000 1,500 2,000 m.

DATOS DE PROYECCIÓN:
Universal Transversal de Mercator (UTM)
Datum: WGS 84, Zona 14 Norte

ARGO Consultores Ambientales SA de CV

800,000 802,000 804,000 806,000 808,000 810,000 812,000

2,120,000 2,118,000 2,116,000 2,114,000 2,112,000 2,110,000

GOLFO DE MÉXICO

N

Desembocadura del Río jamapa

BOCA DEL RIO

MEDELLIN

Laguna de Mandinga

UBICACIÓN GENERAL



UBICACIÓN PARTICULAR



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL PUENTE EN BOCA DEL RIO-ALVARADO, VERACRUZ."

SIMBOLOGÍA

- Cabecera municipal
- Sistema Ambiental Regional

Tipo de clima

- Aw2

NOMBRE DEL MAPA:	**Tipo de clima en la zona del proyecto**
FECHA DE ELABORACIÓN:	FEBRERO-2026
CLAVE:	MIA-DBA-M06
FUENTE:	INEGI, CONABIO

ESCALA: 1:20,000

0 250 500 1,000 1,500 2,000 m.

DATOS DE PROYECCIÓN:
Universal Transversal de Mercator (UTM)
Datum: WGS 84, Zona 14 Norte

ARGO Consultores Ambientales SA de CV

800,000 802,000 804,000 806,000 808,000 810,000 812,000

2,120,000 2,118,000 2,116,000 2,114,000 2,112,000 2,110,000

GOLFO DE MÉXICO

N

Desembocadura del Río jamapa

BOCA DEL RIO

MEDELLIN

Laguna de Mandinga

UBICACIÓN GENERAL



UBICACIÓN PARTICULAR



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL PUENTE EN BOCA DEL RIO-ALVARADO, VERACRUZ."

SIMBOLOGÍA

- Cabecera municipal
- Sistema Ambiental Regional

Rango de precipitación

- 1200 a 1500 mm
- 1500 a 2000 mm

NOMBRE DEL MAPA:	**Rangos de precipitación en la zona del proyecto**
FECHA DE ELABORACIÓN: FEBRERO-2026	CLAVE: MIA-DBA-M07
FUENTE: INEGI, CONABIO	

ESCALA: 1:20,000

0 250 500 1,000 1,500 2,000 m.

DATOS DE PROYECCIÓN:
Universal Transversal de Mercator (UTM)
Datum: WGS 84, Zona 14 Norte

ARGO Consultores Ambientales SA de CV

800,000 802,000 804,000 806,000 808,000 810,000 812,000

2,120,000 2,118,000 2,116,000 2,114,000 2,112,000 2,110,000

N

GOLFO DE MÉXICO

Desembocadura del Río jamapa

BOCA DEL RIO

MEDELLIN

Laguna de Mandinga

UBICACIÓN GENERAL



UBICACIÓN PARTICULAR



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL PUENTE EN BOCA DEL RIO-ALVARADO, VERACRUZ."

SIMBOLOGÍA

- Cabecera municipal
- Sistema Ambiental Regional

Edafología (Clave WRB)

- ARca-oh+RGca-arp/1
- FLoe-ar+VRpe-mz/1
- SA
- TCek-ub
- VRcr-gln+GLeu/3
- VRcr-mz+PHvr-ph+VR...
- VRpe-mz+VRcr/3

NOMBRE DEL MAPA:	**Edafología en la zona del proyecto**
FECHA DE ELABORACIÓN: FEBRERO-2026	CLAVE: MIA-DBA-M08
FUENTE: INEGI, CONABIO	

ESCALA: 1:20,000

0 250 500 1,000 1,500 2,000 m.

DATOS DE PROYECCIÓN:
Universal Transversal de Mercator (UTM)
Datum: WGS 84, Zona 14 Norte

ARGO Consultores Ambientales SA de CV

800,000 802,000 804,000 806,000 808,000 810,000 812,000

2,120,000 2,118,000 2,116,000 2,114,000 2,112,000 2,110,000

GOLFO DE MÉXICO

N

Desembocadura del Río jamapa

BOCA DEL RIO

MEDELLIN

Laguna de Mandinga

UBICACIÓN GENERAL



UBICACIÓN PARTICULAR



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO CORREDOR ESCÉNICO EN BOCA DEL RÍO, VERACRUZ

SIMBOLOGÍA

- Cabecera municipal
- Sistema Ambiental Regional

Suelo geológico

- H2O
- Q(al)
- Q(eo)
- Q(la)
- Q(li)
- S/It

NOMBRE DEL MAPA:	**Geología en la zona del proyecto**
FECHA DE ELABORACIÓN: FEBRERO-2026	CLAVE: MIA-DBA-M09
FUENTE: INEGI, CONABIO	

ESCALA: 1:20,000

0 250 500 1,000 1,500 2,000 m.

DATOS DE PROYECCIÓN:
Universal Transversal de Mercator (UTM)
Datum: WGS 84, Zona 14 Norte

ARGO Consultores Ambientales SA de CV

800,000 802,000 804,000 806,000 808,000 810,000 812,000

2,120,000 2,118,000 2,116,000 2,114,000 2,112,000 2,110,000

GOLFO DE MÉXICO

N

Desembocadura del Río jamapa

BOCA DEL RIO

MEDELLIN

Laguna de Mandinga

UBICACIÓN GENERAL



UBICACIÓN PARTICULAR



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL PUENTE EN BOCA DEL RIO-ALVARADO, VERACRUZ."

SIMBOLOGÍA

Cabecera municipal

Sistema Ambiental Regional

Sistema de Topoformas

Llanura Aluvial Costera

DEM

Elevación (m)

High : 98

Low : -2

NOMBRE DEL MAPA: **Geomorfología en la zona del proyecto**		
FECHA DE ELABORACIÓN: FEBRERO-2026	CLAVE: MIA-DBA-M10	FUENTE: INEGI, CONABIO

ESCALA: 1:20,000

0 250 500 1,000 1,500 2,000 m.

DATOS DE PROYECCIÓN:
Universal Transversal de Mercator (UTM)
Datum: WGS 84, Zona 14 Norte

ARGO Consultores Ambientales SA de CV

800,000 802,000 804,000 806,000 808,000 810,000 812,000

2,120,000 2,118,000 2,116,000 2,114,000 2,112,000 2,110,000

GOLFO DE MÉXICO

N

Desembocadura del Río jamapa

BOCA DEL RIO

MEDELLIN

Laguna de Mandinga

UBICACIÓN GENERAL



UBICACIÓN PARTICULAR



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL PUENTE EN BOCA DEL RIO-ALVARADO, VERACRUZ."

SIMBOLOGÍA

- Cabecera municipal
- Sistema Ambiental Regional
- Escurrimientos
- Cuerpos de agua
- Subcuenca R. San Francisco - Puerto de Veracruz
- Subcuenca R. Jamapa

NOMBRE DEL MAPA: **Hidrología superficial en la zona del proyecto**		
FECHA DE ELABORACIÓN: FEBRERO-2026	CLAVE: MIA-DBA-M12	FUENTE: INEGI, CONABIO

ESCALA: 1:20,000

0 250 500 1,000 1,500 2,000 m.

DATOS DE PROYECCIÓN:
Universal Transversal de Mercator (UTM)
Datum: WGS 84, Zona 14 Norte

ARGO Consultores Ambientales SA de CV

800,000 802,000 804,000 806,000 808,000 810,000 812,000

2,120,000 2,118,000 2,116,000 2,114,000 2,112,000 2,110,000

GOLFO DE MÉXICO

N

Desembocadura del Río jamapa

BOCA DEL RIO

MEDELLIN

Laguna de Mandinga

UBICACIÓN GENERAL



UBICACIÓN PARTICULAR



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL PUENTE EN BOCA DEL RIO-ALVARADO, VERACRUZ."

SIMBOLOGÍA

- Cabecera municipal
- Sistema Ambiental Regional

Tipo de material

- Cuerpo de agua perenne
- Material no consolidado con posibilidades altas
- Material no consolidado con posibilidades bajas
- Material no consolidado con posibilidades medias

NOMBRE DEL MAPA: Hidrología subterránea en la zona del proyecto		
FECHA DE ELABORACIÓN: FEBRERO-2026	CLAVE: MIA-DBA-M12	FUENTE: INEGI, CONABIO

ESCALA: 1:20,000

0 250 500 1,000 1,500 2,000 m.

DATOS DE PROYECCIÓN:
Universal Transversal de Mercator (UTM)
Datum: WGS 84, Zona 14 Norte

ARGO Consultores Ambientales SA de CV

800,000
802,000
804,000
806,000
808,000
810,000
812,000

2,120,000
2,118,000
2,116,000
2,114,000
2,112,000
2,110,000

GOLFO DE MÉXICO

N

Desembocadura del Río jamapa

BOCA DEL RIO

MEDELLIN

Laguna de Mandinga

UBICACIÓN GENERAL



UBICACIÓN PARTICULAR



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL PUENTE EN BOCA DEL RIO-ALVARADO, VERACRUZ."

SIMBOLOGÍA

- Cabecera municipal
- Sistema Ambiental Regional

Acuífero (nombre corto)

- Acuerdo General 175 acuíferos
- Río Jamapa

NOMBRE DEL MAPA:	**Acuíferos en la zona del proyecto**
FECHA DE ELABORACIÓN: FEBRERO-2026	CLAVE: MIA-DBA-M13
FUENTE: INEGI, CONABIO	

ESCALA: 1:20,000

0 250 500 1,000 1,500 2,000 m.

DATOS DE PROYECCIÓN:
Universal Transversal de Mercator (UTM)
Datum: WGS 84, Zona 14 Norte

ARGO Consultores Ambientales SA de CV



UBICACIÓN GENERAL



UBICACIÓN PARTICULAR



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL PUENTE EN BOCA DEL RIO-ALVARADO, VERACRUZ."

SIMBOLOGÍA

- Cabecera municipal
- Sistema Ambiental Regional

Uso de suelo y vegetación

- AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL Y PERMANENTE
- ASENTAMIENTOS HUMANOS
- CUERPO DE AGUA
- MANGLAR
- PASTIZAL CULTIVADO
- POPAL
- VEGETACIÓN DE DUNAS COSTERAS
- VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE VEGETACIÓN DE DUNAS COSTERAS

NOMBRE DEL MAPA: **Uso de suelo y vegetación en la zona del proyecto**		
FECHA DE ELABORACIÓN: FEBRERO-2026	CLAVE: MIA-DBA-M14	FUENTE: INEGI, CONABIO

ESCALA: 1:20,000

0 250 500 1,000 1,500 2,000 m.

DATOS DE PROYECCIÓN:
Universal Transversal de Mercator (UTM)
Datum: WGS 84, Zona 14 Norte

ARGO Consultores Ambientales SA de CV

800,000 802,000 804,000 806,000 808,000 810,000 812,000

2,120,000 2,118,000 2,116,000 2,114,000 2,112,000 2,110,000

GOLFO DE MÉXICO

N

Desembocadura del Río jamapa

BOCA DEL RIO

MEDELLIN

Laguna de Mandinga

UBICACIÓN GENERAL



UBICACIÓN PARTICULAR



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL PUENTE EN BOCA DEL RIO-ALVARADO, VERACRUZ."

SIMBOLOGÍA

- Cabecera municipal
- Sistema Ambiental Regional

Región Ambiental (Clave)

- Llanura Costera Veracruzana Norte (75)

NOMBRE DEL MAPA:	**Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio**
FECHA DE ELABORACIÓN: FEBRERO-2026	CLAVE: MIA-DBA-M15
FUENTE: INEGI, CONABIO	

ESCALA: 1:20,000

0 250 500 1,000 1,500 2,000 m.

DATOS DE PROYECCIÓN:
Universal Transversal de Mercator (UTM)
Datum: WGS 84, Zona 14 Norte

ARGO Consultores Ambientales SA de CV

800,000 802,000 804,000 806,000 808,000 810,000 812,000

2,120,000 2,118,000 2,116,000 2,114,000 2,112,000 2,110,000

GOLFO DE MÉXICO

N

Desembocadura del Río jamapa

BOCA DEL RIO

MEDELLIN

Laguna de Mandinga

UBICACIÓN GENERAL



UBICACIÓN PARTICULAR



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL PUENTE EN BOCA DEL RIO-ALVARADO, VERACRUZ."

SIMBOLOGÍA

- Cabecera municipal
- Sistema Ambiental Regional

Unidad de Gestión Ambiental

- ALVARADO
- ARROYO MORENO
- BOCA DEL RÍO
- MEDELLÍN
- PN SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO
- VERACRUZ
- ZONA MARINA DE COMPETENCIA FEDERAL

NOMBRE DEL MAPA: **Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de México**

FECHA DE ELABORACIÓN:	CLAVE:	FUENTE:
FEBRERO-2026	MIA-DBA-M16	INEGI, CONABIO

ESCALA: 1:20,000

0 250 500 1,000 1,500 2,000 m.

DATOS DE PROYECCIÓN:
Universal Transversal de Mercator (UTM)
Datum: WGS 84, Zona 14 Norte

ARGO Consultores Ambientales SA de CV

800,000 802,000 804,000 806,000 808,000 810,000 812,000

2,120,000 2,118,000 2,116,000 2,114,000 2,112,000 2,110,000

GOLFO DE MÉXICO

N

Desembocadura del Río jamapa

BOCA DEL RIO

MEDELLIN

Laguna de Mandinga

UBICACIÓN GENERAL



UBICACIÓN PARTICULAR



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL PUENTE EN BOCA DEL RIO-ALVARADO, VERACRUZ."

SIMBOLOGÍA

- Cabecera municipal
- Sistema Ambiental Regional

Grado de erosión

- Extrema
- Fuerte
- Leve
- Moderada
- No aplica
- Suelo estable

NOMBRE DEL MAPA: **Erosión en la zona del proyecto**

FECHA DE ELABORACIÓN:	CLAVE:	FUENTE:
FEBRERO-2026	MIA-DBA-M17	INEGI, CONABIO

ESCALA: 1:20,000

0 250 500 1,000 1,500 2,000 m.

DATOS DE PROYECCIÓN:
Universal Transversal de Mercator (UTM)
Datum: WGS 84, Zona 14 Norte

ARGO Consultores Ambientales SA de CV

160,000 165,000 170,000 175,000 180,000 185,000 190,000

2,125,000 2,120,000 2,115,000 2,110,000 2,105,000

VERACRUZ

GOLFO DE MÉXICO

N

Desembocadura del Río jamapa

BOCA DEL RIO

MEDELLIN

JAMAPA

Laguna de Mandinga

UBICACIÓN GENERAL



UBICACIÓN PARTICULAR



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL PUENTE EN BOCA DEL RIO-ALVARADO, VERACRUZ."

SIMBOLOGÍA

- Sistema Ambiental Regional
- Manglar
- Región Terrestre Prioritaria Dunas costeras del centro de Veracruz
- Región Marina Prioritaria Laguna Verde-Antón Lizardo

RAMSAR

- Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano
- Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz

ANP Estatales

- Archipiélago de Lagunas Interdunarias de la Zona Conurbada de los Mun. de Veracruz y La Antigua
- Arroyo Moreno
- El Médano del Perro
- Tembladeras-Laguna Olmeca

ANP Federales

- Sistema Arrecifal Veracruzano

AICA

- Centro de Veracruz
- Humedales de Alvarado

NOMBRE DEL MAPA: **Zonas de Importancia Ambiental en la zona del proyecto**

FECHA DE ELABORACIÓN:	CLAVE:	FUENTE:
FEBRERO-2026	MIA-DBA-M18	INEGI, CONABIO

ESCALA: 1:50,000

0 625 1,250 2,500 3,750 5,000 m.

DATOS DE PROYECCIÓN:
Universal Transversal de Mercator (UTM)
Datum: WGS 84, Zona 14 Norte

ARGO Consultores Ambientales SA de CV

804,500 804,750 805,000 805,250 805,500 805,750 806,000 806,250

2,114,500 2,114,250 2,114,000 2,113,750 2,113,500 2,113,250

BOCA DEL RÍO

Desembocadura del Río jamapa

GOLFO DE MÉXICO

N

UBICACIÓN GENERAL



UBICACIÓN PARTICULAR



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL PUENTE EN BOCA DEL RIO-ALVARADO, VERACRUZ."

SIMBOLOGÍA

- Cabecera municipal
- Sistema Ambiental Regional
- Trazo Distribuidor Boca

Índice NDVI

Value

0.887683
0.0154955
-0.856692

NOMBRE DEL MAPA: **Indice de Vegetación NDVI en la zona del proyecto**		
FECHA DE ELABORACIÓN: FEBRERO-2026	CLAVE: MIA-DBA-M19	FUENTE: INEGI, CONABIO

ESCALA: 1:3,000

0 37.5 75 150 225 300 m.

DATOS DE PROYECCIÓN:
Universal Transversal de Mercator (UTM)
Datum: WGS 84, Zona 14 Norte

ARGO Consultores Ambientales SA de CV



ESTUDIO HIDROLÓGICO

TRABAJOS DE INGENIERIAS Y PREPARACION DE SITIO PARA EL PROYECTO PUENTE BOCA DEL RIO

[redacted]	[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]	[redacted]
Cal y Mayor y Asociados	Cal y Mayor y Asociados	ALMEBO

1 INFORMACIÓN DE CONTROL

Documento	**TRABAJOS DE INGENIERIAS Y PREPARACIÓN DE SITIO PARA EL PROYECTO PUENTE BOCA DEL RÍO**
Centro de Costos	540-796
Fecha	noviembre 2025
Preparado por	Cal y Mayor y Asociados

2 REGISTRO DE REVISIONES

Revisión	Fecha	Versión	Autorización	
			Nombre / Cargo	Firma
		1		

Cal y Mayor y Asociados desarrolló este estudio con un equipo de profesionales expertos en este tipo de proyectos. Los resultados entregados por **Cal y Mayor y Asociados** representan su mejor juicio dentro del contexto de tiempo actual, empleando información recopilada para este estudio, así como disponible de diversas fuentes oficiales.

Las proyecciones contenidas en el presente reporte se realizaron con base en las expectativas económicas más actualizadas del fondo monetario internacional (FMI). Los modelos resultantes cumplen con el rigor técnico metodológico, que habitualmente se emplea en este tipo de estudios, los cuales son válidos siempre y cuando se mantengan las condiciones macroeconómicas de crecimiento, bajo las cuales fueron realizadas. Los resultados actuales y futuros, y las tendencias, podrían diferir de los presentados, debido a varios

factores, incluyendo, sin limitación, aquéllos discutidos en este informe. Muchos de estos factores están fuera del alcance de Cal **y Mayor y Asociados**, tales como: crisis económicas, incremento de inseguridad en algunas zonas del país, catástrofes naturales, como huracanes, inundaciones, terremotos; entre otros. Cualquier otra parte autorizada por nuestro cliente para utilizar este informe sólo podrá hacerlo de manera completa y no en forma parcial o resumen.

TABLA DE CONTENIDO

1 RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN. 9

1.1 Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 9

1.2 Servicio Meteorológico Nacional (SMN) 9

1.3 CONABIO. 9

1.4 Introducción a la Hidrología Urbana 10

1.5 Fundamentos de Hidrología de Superficie 10

1.6 Conjunto de datos vectoriales edafológicos. 10

1.7 Conjunto de datos vectoriales geológicos. 11

1.8 Conjunto de datos vectoriales de aguas superficiales. 12

1.9 Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación. 13

1.10 Conjunto de datos vectoriales de carta topográfica. 14

1.11 Carta hidrológica de aguas superficiales. 15

1.12 Carta de uso de suelo y vegetación. 15

1.13 Carta geológica. 16

1.14 Carta edafológica. 17

1.15 Carta de efectos climáticos regionales (mayo-octubre). 17

1.16 Carta topográfica. 18

2 CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS DE LA CUENCA DE APORTACIÓN. 19

2.1 Geomorfología. 19

2.2 Fisiografía. 19

2.3 Rasgos superficiales de la cuenca. 20

2.3.1 Ubicación. 20

2.3.2 Área de la cuenca. 21

2.3.3 Parteaguas 22
2.3.4 Pendiente de la cuenca 23
2.3.5 Geología 25
2.3.6 Suelos 30
2.3.7 Cobertura vegetal 33
2.3.8 Características de la red de drenaje 37
3 CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DE LA CUENCA DE APORTACIÓN 40
3.1 Generalidades 40
3.1.2 Asignación de periodo de retorno al evento de diseño. 49
4 ANÁLISIS HIDROLÓGICO. 52
4.1 Envolvente de Lowry 52
4.2 Envolvente de Creager 55
4.3 Análisis hidrológico de cuencas aforadas 56
4.3.1 Método de Gumbel. 57
4.4 Fórmula Racional 63
4.4.1 Cálculo de la intensidad de lluvia con la ecuación de Chen. 64
4.4.2 Tiempo de concentración 67
4.4.3 Determinación del coeficiente de escurrimiento para áreas compuestas. 68
4.5 Precipitación Máxima Probable 72
4.6 Método estadístico para determinar la P.M.P. 72
5 CONCLUSIONES 81
6 BIBLIOGRAFIA 83

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Mapa de fisiografía de Veracruz (INEGI). 20
Ilustración 2. Cuenca hidrológica donde se localiza la zona de estudio 21
Ilustración 3. Cuenca y subcuenca hidrológica. 22
Ilustración 4. Parteaguas de la Subcuenca de análisis. 23
Ilustración 5.Geología de la subcuenca de análisis. 25
Ilustración 6. Edafología de la subcuenca de estudio. 30
Ilustración 7. Vegetación tipo de la subcuenca de estudio. 33
Ilustración 8. Tipo de corrientes. 38
Ilustración 9. Dirección de las corrientes. 39
Ilustración 10. Ubicación geográfica de la estación climatológica 30056 El Tejar. 41
Ilustración 11. Climas de la región (INEGI). 42
Ilustración 12. Mapa de climatología de Boca del Río, Veracruz. 42
Ilustración 13. Gráfica de temperatura media mensual registrada en la estación 30056 El Tejar. 43
Ilustración 14. Precipitación máxima anual acumulada (mm) estación 30056 El Tejar. 46
Ilustración 15. Regiones hidrológicas de la República Mexicana. 54
Ilustración 16. Estaciones hidrométricas ubicadas en la Subcuenca de análisis 56
Ilustración 17. Curvas IDF. 67
Ilustración 18. Vegetación y uso de suelo de cuenca no aforada. 70
Ilustración 19. Edafología de cuenca no aforada. 71
Ilustración 20. Gráfica para determinar km en función de la duración de la lluvia y de su valor medio anual. 75
Ilustración 21. Gráfica para realizar el ajuste de la lluvia media anual por lluvia máxima observada. 76
Ilustración 22. Gráfica para realizar el ajuste de la desviación estándar de la serie anual de lluvias máximas. 77
Ilustración 23. Gráfica para realizar el ajuste de la media y desviación estándar de la serie anual de lluvias máximas, por tamaño de la muestra. 78
Ilustración 24. Curvas área – reducción para la precipitación máxima probable. 80
Ilustración 25. Hidrograma de diseño para la Subcuenca del río Jamapa, Tr = 50 años. 82

Lista de tablas

Tabla 1 Subcuencas pertenecientes a la Cuenca RH28B. 20
Tabla 2 Clasificación de rocas en la cuenca de estudio. 26
Tabla 3 Relación de estaciones climatológicas cercanas al sitio de estudio. 40
Tabla 4 Temperatura media mensual de la estación 30056 El Tejar. 43
Tabla 5. Temperaturas medias mensuales (°C). 45
Tabla 6 Precipitación media mensual acumulada (mm) de la estación 30056 El Tejar. 45
Tabla 7 Precipitación máxima anual (mm) estación 30056 El Tejar. 46
Tabla 8 Evaporación mensual (mm) estación 30056 El Tejar. 48
Tabla 9 Periodos de retorno a diferentes niveles de riesgo. 50
Tabla 10. Valores del coeficiente de Lowry (Cl) y Creager (Cc). 52
Tabla 11. Valores de ∇n, Yn 59
Tabla 12. Valores de los parámetros de la fórmula de Chen (originales y estimados). 65
Tabla 13. Predicciones de lluvia máxima e intensidad de lluvia. 66
Tabla 14. Intensidad de lluvia en mm/h. 66
Tabla 15. Tiempos de concentración para la subcuenca en estudio calculados por los métodos de Kirpich y Chow. 68
Tabla 16. Coeficiente de escurrimiento según el tipo de área drenada. 69
Tabla 17. Coeficiente de escurrimiento para las áreas drenadas de la cuenca no aforada. 71
Tabla 18. Fórmula Racional. Gasto calculado para un Tr = 50 años. 72
Tabla 19. Cálculo de la media y la desviación estándar de la serie anual. 73
Tabla 20. Gastos máximos de diseño. 81

Lista de ecuaciones

Ecuación 1 23
Ecuación 2 24
Ecuación 3 49
Ecuación 4 49
Ecuación 5 50
Ecuación 6 50
Ecuación 7 50
Ecuación 8 50
Ecuación 9 52
Ecuación 10 55
Ecuación 11 55
Ecuación 12 57
Ecuación 13 58
Ecuación 14 58
Ecuación 15 58
Ecuación 16 59
Ecuación 17 59
Ecuación 18 60
Ecuación 19 63
Ecuación 20 64
Ecuación 21 64
Ecuación 22 64
Ecuación 23 64
Ecuación 24 64
Ecuación 25 65
Ecuación 26 65
Ecuación 27 65
Ecuación 28 65
Ecuación 29 67
Ecuación 30 68
Ecuación 31 69
Ecuación 32 72

1 RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

La evaluación, análisis y recopilación de información estadística relativa a los componentes geomorfológicos, climatológicos e hidrológicos, así como la información más relevante que puede intervenir en el comportamiento hidrológico de la Subcuenca del sitio: Río Jamapa se describe a continuación, citando la fuente, fecha de edición, periodo o cubrimiento y la relevancia de este proyecto en el desarrollo del Estudio Hidrológico. La información recopilada se obtuvo principalmente de cartas topográficas, hidrológicas, climatológicas, geológicas, suelos, vegetación, edafológicas y de los registros de estaciones climatológicas.

A continuación, se presenta un resumen de la información general empleada.

1.1 Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

El INEGI se encarga de producir, integrar y dar a conocer la información estadística (de la población y la economía) y geográfica (abarca todos los aspectos que caracterizan el territorio de México). Es un organismo público autónomo responsable de normar y coordinar el Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica, así como de captar y difundir información de México en cuanto al territorio, los recursos, la población y economía, que permita dar a conocer las características de nuestro país y ayudar a la toma de decisiones.

Se recopiló información cartográfica en el INEGI se obtuvieron cartas topográficas, hidrológicas, climatológicas, geológicas, suelos, vegetación, edafológicas y de los registros de estaciones climatológicas escala 1: 250,000, digitalizados en imágenes georreferidas donde se ubica Veracruz. También se obtuvieron cartas topográficas 1:50,000 en versiones de imagen y vectorizadas, en las que es factible definir las cuencas hidrológicas que aportan a los ríos que descargan sus aguas en Boca del Río, Veracruz y las cuencas aledañas a esa zona.

1.2 Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN), es el organismo encargado de proporcionar información sobre el estado del tiempo a escala nacional y local en nuestro país. El SMN, depende de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la cual, a su vez, forma parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Uno de los objetivos del SMN es realizar el acopio de la información climatológica nacional, entre sus funciones se encuentran, concentrar, revisar, depurar y ordenar la información, generando el Banco Nacional de Datos Climatológicos para consulta al público.

1.3 CONABIO.

Para la realización del SIG, se recolectó información de la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO). Se trata de información digitalizada de la República Mexicana a escala 1:1,000,000, de diferentes parámetros tales como:

- Climas.
- Cuencas hidrológicas.

- Densidad de población.
- División estatal.
- Eco regiones de México.
- Edafología.
- Escurrimiento medio anual.
- Estaciones climatológicas.
- Estaciones hidrométricas.
- Evapotranspiración.
- Hidrogeología.
- Hidrografía.
- Hipsometría.
- Batimetría.
- Isotermas.
- Localidades.
- Precipitación media anual.

1.4 Introducción a la Hidrología Urbana

Daniel Francisco Campos Aranda. Primera edición marzo de 2010. Tiene como objetivo fundamental exponer las ideas conceptuales asociadas a la ingeniería hidráulica y describir con detalle los procedimientos de estimación de los parámetros físicos y los gastos máximos. Para cumplir con su objetivo se desarrollan los capítulos: Ciudades, Urbanización y Drenaje, Elaboración de un Plan Global de Drenaje, Técnicas Estadísticas y Probabilísticas, Estimación de Curvas IDF, Estimación de Crecientes en Cuencas Rurales, Estimación de Crecientes en Cuencas Urbanas, Manejo de Planicies de Inundación, Flujo en Cunetas y Diseño Hidrológico de Sumideros, Diseño Hidrológico de Colectores Pluviales, Diseño Hidrológico de Estanques de Detención, Técnicas de Reducción del Escurrimiento.

1.5 Fundamentos de Hidrología de Superficie

Francisco Javier Aparicio Mijares. Primera edición 1989 (Editorial LIMUSA 1992). Ofrece una visión integral de los principios básicos de la hidrología de superficie, incluyendo el ciclo hidrológico, la precipitación, el escurrimiento, la infiltración y la percolación. Examina cómo el agua se desplaza sobre y bajo la superficie terrestre, la importancia de las cuencas hidrográficas y los modelos matemáticos utilizados para predecir su comportamiento. Además, aborda técnicas para la gestión y planificación de recursos hídricos.

1.6 Conjunto de datos vectoriales edafológicos.

- **Carta escala 1:250,000, clave E14-3, serie II (Veracruz).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E14-6, serie II (Orizaba).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E15-1, serie I (Coatzacoalcos).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E15-4, serie II (Coatzacolacos).**

El Conjunto de Datos Vectoriales Edafológicos con escala 1:250,000, serie II, editado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Este conjunto contiene información generada a

partir de datos edafológicos vectoriales a escala 1:250,000 con referencia geográfica del suelo, es decir, sus características morfológicas, propiedades físicas y químicas, limitantes de manejo y uso más severos, tales como: profundidad, pedregosidad, salinidad, textura de los 30 cm superficiales, etc. El diseño conceptual con el que se genera la información, la hace apropiada para manejarse en sistemas de información geográfica o en sistemas de cartografía asistida por computadora.

En términos generales la información contenida es la siguiente:

- Representación de los objetos geográficos en unidades edafológicas, mediante polígonos que muestran la asociación de hasta tres grupos de suelo.
- Para la clasificación de los suelos se utilizó el sistema internacional: Base Referencial Mundial del Recurso Suelo publicado en 1999 por la Sociedad Internacional de las Ciencias del Suelo, Centro Internacional de Referencia e Información en Suelos (ISRIC) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO/UNESCO).

En detalle esta agrupación contiene los siguientes atributos del objeto geográfico.

- Unidad edafológica: Área que representa una asociación de hasta 3 grupos de suelo, excepcionalmente se presenta uno solo, el primer tipo es el dominante y así sucesivamente, los menos dominantes cubren un área mínima del 20 %. Cada unidad se representa por una clave o etiqueta cuya orden índica la dominancia de los suelos presentes. También muestra la textura de los 30 cm superficiales, las limitantes físicas y/o químicas si están presentes, están asociadas como atributos del suelo dominante.
- Textura: Porcentaje de los diferentes tamaños partículas minerales de los primeros 30 centímetros de profundidad (arena, limo y arcilla) correspondiente al suelo dominante de la unidad edafológica.
- Fase física superficial: Presencia y abundancia de grava, piedra o ambas.
- Fase química: Presencia de sales solubles, sodio intercambiable o ambas por lo menos en una parte del suelo, a menos de 125 cm de profundidad, se indica como atributo dentro de la clave del suelo.

1.7 Conjunto de datos vectoriales geológicos.

- **Carta escala 1:250,000, clave E14-3, serie I (Veracruz).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E14-6, serie I (Orizaba).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E15-1, serie I (Coatzacoalcos).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E15-4, serie I (Coatzacolacos).**

El Conjunto de Datos Vectoriales Geológicos con escala 1:250,000, serie I, editado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Este conjunto contiene información generada en el período 1977-1989 acerca de las características geológicas a escala 1:250,000 en formato digital.

Los datos fueron obtenidos mediante fotointerpretación, verificación de campo, estudios de laboratorios (petrográficos y paleontológicos) y finalmente de la conversión a formato digital de los originales analógicos generados.

En términos generales la información contenida es la siguiente:

- Tipo de roca por génesis y edad (unidades cronoestratigráficas).
- Estructuras geológicas.
- Aspectos económicos.

En detalle esta agrupación contiene los siguientes objetos o entidades geográficas:

- Actitud en estrato. - Valor estimado de inclinación y dirección de una capa de espesor uniforme que constituye a una roca sedimentaria.
- Actitud de seudoestrato. - Valor estimado de inclinación y dirección en estratificación aparente en rocas no sedimentarias.
- Aparato volcánico. - Geoforma de origen volcánico formada por un conducto o fisura en la corteza terrestre.
- Banco de material. - Sitio de explotación de diversos materiales para su aprovechamiento con rendimiento económico.
- Campo petrolero. - Concentración de pozos petroleros.
- Dolina. - Depresión originada por colapso en áreas de disolución calcárea.
- Domo. - Elevación del terreno en forma de bóveda, más o menos isométrica en planta definida por rocas sedimentarias o volcánicas.
- Eje estructural. - Línea que representa la traza del plano axial de un pliegue de rocas sedimentarias en la superficie del terreno.
- Estructural tabular. - Cuerpo intrusivo tabular de origen ígneo.
- Falla. - Traza del plano de ruptura de la roca, a lo largo del cual se produce un desplazamiento relativo entre los bloques que separa.
- Flujo de derrames volcánicos. - Apreciación de la dirección de flujo de rocas volcánicas que ocurren como derrame.
- Fractura. - Traza del plano de ruptura de la roca sin desplazamiento de los bloques que separa.
- Klippe. - Montículo aislado que muestra la sobreposición de rocas antiguas con modernas.
- Labores de placer. - Zona de extracción de minerales de rendimiento económico, generalmente en los depósitos aluviales.
- Mina. - Obra hecha ex profeso para la explotación de un yacimiento, del que se extrae minerales de interés económico.
- Punto de verificación. -Sitio en el terreno de donde se colecta una muestra de roca, suelo o fósiles para su clasificación.
- Suelo. - Acumulación de material granular suelto como producto de los procesos de erosión e intemperísmo.
- Unidad cronoestratigráfica. - Región caracterizada por su edad y la predominancia de algún tipo de roca.
- Ventana tectónica. - Depresión que muestra unidades de rocas de edad más joven rodeadas de rocas más antiguas.
- Zona de alteración. - Área en la que se presentan minerales producidos por procesos de alteración hidrotermal.
- Zona geotérmica. - Región con manifestación de actividad geotermal.

1.8 Conjunto de datos vectoriales de aguas superficiales.

- **Carta escala 1:250,000, clave E14-3, serie I (Veracruz).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E14-6, serie I (Orizaba).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E15-1, serie I (Coatzacoalcos).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E15-4, serie I (Coatzacolacos).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E15-10, serie I (Salina Cruz).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E15-7, serie I (Minatitlán).**

- **Carta escala 1:250,000, clave E14-12, serie I (Zaachila).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E14-9, serie I (Oaxaca).**

El Conjunto de Datos Vectoriales de Aguas Superficiales con escala 1:250,000, serie I, editado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Es el conjunto de datos con referencia geográfica vectorial y codificada de la carta de datos de entidades hidrológicas del INEGI y contiene información con referencia geográfica. Las principales entidades hidrológicas representadas son: regiones hidrológicas, cuencas y subcuencas, unidades de escurrimiento, cuerpos de agua como presas, lagos, lagunas y bordos además de datos puntuales que representan los resultados físico-químicos de las muestras de agua colectadas en campo. El diseño conceptual con el que se genera la información, la hace apropiada para manejarse en sistemas de información geográfica o en sistemas de cartografía asistida por computadora.

Los datos fueron obtenidos mediante fotointerpretación, verificación de campo, estudios de laboratorios (petrográficos y paleontológicos) y finalmente de la conversión a formato digital de los originales analógicos generados.

En términos generales la información contenida es la siguiente:
- Regiones hidrológicas, cuencas y subcuencas.
- Unidades de escurrimiento.
- Información puntual de los sitios de toma de muestras de agua, con su respectivo análisis químico de laboratorio.

En detalle esta agrupación contiene los siguientes objetos o entidades geográficas:
1. División hidrológica.
2. Unidades de escurrimiento.
3. Sitios de muestreo del agua.

1.9 Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación.

- **Carta escala 1:250,000, clave E14-3, serie VI (Veracruz).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E14-6, serie V (Orizaba).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E15-1, serie V (Coatzacoalcos).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E15-4, serie V (Coatzacolacos).**

El Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación con escala 1:250,000, serie V, editado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Es el conjunto de datos con referencia geográfica vectorial y codificada de la carta de datos de uso del suelo y vegetación del INEGI y contiene información recabada durante el periodo 2011 - 2013 con referencia geográfica; se derivó con base a la información presentada en la serie IV de uso del suelo y vegetación. Consta de 148 conjuntos de datos escala 1:250,000 integrados en un conjunto nacional.

Estructuralmente, está constituida por 14 capas, de las cuales 8 son de polígonos y 5 de puntos, mismas que se mencionan a continuación:

Capas de polígonos:

- Vegetación (us250s3v)
- Agricultura (us250s3g)
- Altura de vegetación (us250s3h)
- Cobertura arbórea (us250s3d)
- Aspecto matorral (us250s3a)
- Nomadismo (us250s3n)
- Erosión (us250s3r)
- Corredores de importancia ecológica (us250s3i) y (us250s3l)

Capas de puntos:

- Especies vegetales (us250s3e)
- Cultivos (us250s3c)
- Actividades pecuarias (us250s3p)
- Actividades forestales (us250s3f)
- Otras actividades (us250s3o)

1.10 Conjunto de datos vectoriales de carta topográfica.

- **Carta escala 1:50,000, clave E14B67 (Zongolica).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E14B48 (Soledad de Doblado).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E14B59 (Piedras Negras).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E14B68 (Vicente Camalote).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E14B46 (Coscomatepec).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E15A51 (Alvarado).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E14B49 (Veracruz)**
- **Carta escala 1:50,000, clave E15A41 (Antón Lizardo).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E14B58 (Cotaxtla).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E14B47 (Huatusco).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E14B57 (Córdoba).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E14B56 (Orizaba).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E14B45 (San Salvador El Seco).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E14B43 (Puebla).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E14B54 (Tepeaca).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E14B36 (Xico).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E14B44 (Tepatlaxco).**

El Conjunto de Datos Vectoriales de Carta Topográfica con escala 1:50,000 y 1:250,000, serie III, editado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), contiene datos poblacionales, muestra las vías terrestres que se encuentran en la zona, entre ellas, carreteras de más de dos carriles, de cuota y libre, carreteras de dos carriles de cuota y libre. Contiene líneas de conducción telefónicas, telegráficas, eléctricas, subestaciones eléctricas, conductos superficiales y subterráneos, así como acueductos superficiales o subterráneos. Denota límites y mojoneras. Simboliza puntos geodésicos, entre ellos vértices de posicionamiento horizontales, bancos de nivel y estaciones gravimétricas. Entre los rasgos culturales que contiene, se encuentran representadas: escuelas, templos, sitios de asistencia médica,

edificaciones, casas aisladas, áreas urbanas con cerca, barda o división, sitios de interés, cementerios, muros de contención, estructuras elevadas, instalaciones de comunicación, y depósitos de agua. El conjunto representa el relieve con curvas de nivel acotadas en metros, curvas de nivel ordinarias, curvas de nivel auxiliar, curvas de nivel aproximadas, depresiones maestras y ordinarias, así como puntos fotogramétricos acotados en metros y muestra entradas a grutas. Entre los rasgos hidrográficos representan corrientes o cuerpos de agua, perennes e intermitentes, manantiales, corrientes que desaparecen, saltos de agua, canales, presas y bordos. Indica áreas de vegetación densa, cultivos o áreas verdes urbanas, pantanos, terrenos sujetos a inundación, zonas arenosas, malpaís y salinas.

1.11 Carta hidrológica de aguas superficiales.

- **Carta escala 1:250,000, clave E14-3, (Veracruz).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E14-6, (Orizaba).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E15-1, (Coatzacoalcos).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E15-4, (Coatzacolacos).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E15-10, (Salina Cruz).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E15-7, (Minatitlán).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E14-12, (Zaachila).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E14-9, (Oaxaca).**

Las Cartas con escala 1:250,000 editadas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y las Secretaria de Programación y Presupuesto (SPP), muestran las vías terrestres que se encuentran en la zona, entre ellas, carreteras de más de dos carriles, casetas de pago, carreteras pavimentadas, numeración de rutas estatales y federales, terracerías transitables todo el tiempo, terracerías transitables en tiempo seco, brechas, veredas, ferrocarril de servicio público, estaciones de ferrocarril y otras vías férreas. Muestran aeropuertos de carácter internacional, nacional y local con pistas pavimentadas o de tierra. Contienen líneas de conducción telefónicas, telegráficas, eléctricas de 33 kv o más y conductos superficiales y subterráneos. Denotan límites y mojoneras. Simbolizan puntos geodésicos, entre ellos vértices geodésicos de primero, segundo y tercer orden, bancos de nivel de primero, segundo y tercer orden y puntos de nivelación acotados en metros. Las cartas representan el relieve con curvas de nivel acotadas en metros a cada 50 metros, curvas de nivel suplementaras a cada 25 metros, curvas de nivel auxiliar, curvas de nivel aproximadas, depresiones, cotas fotogramétricas acotados en metros y referencias de cotas. Entre los rasgos hidrográficos representan corrientes o cuerpos de agua perennes e intermitentes, lechos de ríos secos, rápidos, saltos de agua, canales, corrientes que desaparecen, lagunas perennes e intermitentes, presas y bordos. Los rasgos hidrológicos indican las regiones hidrológicas, límites de región hidrológica, cuenca, límite de cuenca, subcuenca, límite de subcuenca, isotermas medias anuales (en grados centígrados), isoyetas medias anuales (en milímetros), estaciones hidrométricas, estaciones climatológicas, volúmenes estimados de cuerpo de agua (en millones de metros cúbicos), aprovechamientos superficiales muestreados, áreas de inundación, áreas de erosión, suelo con fase salina, suelo con fase sódica y suelo con fase sódica-salina. Incluyen las unidades de escurrimiento superficial de la precipitación media anual mediante coeficientes de escurrimiento de 0-5%, de 5-10%, de 10-20%, de 20-30% y mayor de 30% y límite de unidad de escurrimiento.

1.12 Carta de uso de suelo y vegetación.

- **Carta escala 1:250,000, clave E14-3, (Veracruz).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E14-6, (Orizaba).**

- **Carta escala 1:250,000, clave E15-1, (Coatzacoalcos).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E15-4, (Coatzacolacos).**

Las Cartas con escala 1:250,000 editadas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), y la Secretaria de Programación y Presupuesto (SPP), muestran las vías terrestres que se encuentran en la zona, entre ellas, carreteras de más de dos carriles, casetas de pago, carreteras pavimentadas, numeración de rutas estatales y federales, terracerías transitables todo el tiempo, terracerías transitables en tiempo seco, brechas, veredas, ferrocarril de servicio público, estaciones de ferrocarril y otras vías férreas. Muestran aeropuertos de carácter internacional, nacional y local con pistas pavimentadas o de tierra. Contienen líneas de conducción telefónicas, telegráficas, eléctricas de 33kv o más y conductos superficiales y subterráneos. Denotan límites y mojoneras. Simbolizan puntos geodésicos, entre ellos vértices geodésicos de primero, segundo y tercer orden, bancos de nivel de primero, segundo y tercer orden y puntos de nivelación acotados en metros. Las cartas representan el relieve con curvas de nivel acotadas en metros a cada 50 metros, curvas de nivel suplementaras a cada 25 metros, curvas de nivel auxiliar, curvas de nivel aproximadas, depresiones, cotas fotogramétricas acotados en metros y referencias de cotas. Entre los rasgos hidrográficos representan corrientes o cuerpos de aguas perennes e intermitentes, lechos de ríos secos, rápidos, saltos de agua, canales, corrientes que desaparecen, lagunas perennes e intermitentes, presas y bordos. Las cartas indican la actividad agrícola, pecuaria y forestal, así como vegetación natural, inducida y otros tipos de vegetación.

1.13 Carta geológica.

- **Carta escala 1:250,000, clave E14-3, (Veracruz).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E14-6, (Orizaba).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E15-1, (Coatzacoalcos).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E15-4, (Coatzacolacos).**

Las Cartas con escala 1:250,000 editadas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)y la Secretaria de Programación y Presupuesto (SPP), muestran datos poblacionales y las vías terrestres que se encuentran en la zona, entre ellas, carreteras de más de dos carriles, casetas de pago, carreteras pavimentadas, numeración de rutas estatales y federales, terracerías transitables todo el tiempo, terracerías transitables en tiempo seco, brechas, veredas, ferrocarril de servicio público, estaciones de ferrocarril y otras vías férreas. Muestran aeropuertos de carácter internacional, nacional y local con pistas pavimentadas o de tierra. Simbolizan puntos geodésicos, entre ellos vértices geodésicos de primero, segundo y tercer orden, bancos de nivel de primero, segundo y tercer orden y puntos de nivelación acotados en metros. Las cartas representan el relieve con curvas de nivel acotadas en metros, curvas de nivel suplementaras, curvas de nivel auxiliar, curvas de nivel aproximadas, depresiones, cotas fotogramétricas acotados en metros y referencias de cotas. Entre los rasgos hidrográficos, representan corrientes o cuerpos de aguas perennes e intermitentes, lechos de ríos secos, rápidos, saltos de agua, canales, corrientes que desaparecen, lagunas perennes e intermitentes, presas y bordos. Las cartas indican las rocas ígneas intrusivas, extrusivas, sedimentarias, metamórficas, tipos de suelo, sitios de interés como: localidades de referencia, minas, bancos de material, manantial, manantial termal, campo petrolero, zona geotérmica y zona de alteración. Las cartas simbolizan estructuras como: echados, foliación, dirección del flujo de derrames volcánicos, actitud de rocas seudoestratificadas, fallas de rumbo, normal, inversa, fractura, contacto geológico, rasgo inferido, dique, veta, anticlinales, sinclinales, domos, dolinas, zonas cársicas y aparatos volcánicos; también indican la era en la que se formó el suelo, cenozoica, mesozoica y paleozoica.

1.14 Carta edafológica.

- **Carta escala 1:250,000, clave E14-3, (Veracruz).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E14-6, (Orizaba).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E15-1, (Coatzacoalcos).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E15-4, (Coatzacolacos).**

Las Cartas con escala 1:250,000 editadas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)y la Secretaria de Programación y Presupuesto (SPP), muestran datos poblacionales y las vías terrestres que se encuentran en la zona, entre ellas, carreteras de más de dos carriles, casetas de pago, carreteras pavimentadas, numeración de rutas estatales y federales, terracerías transitables todo el tiempo, terracerías transitables en tiempo seco, brechas, veredas, ferrocarril de servicio público, estaciones de ferrocarril y otras vías férreas. Muestran aeropuertos de carácter internacional, nacional y local con pistas pavimentadas o de tierra. Simbolizan puntos geodésicos, entre ellos vértices geodésicos de primero, segundo y tercer orden, bancos de nivel de primero, segundo y tercer orden y puntos de nivelación acotados en metros. Las cartas representan el relieve con curvas de nivel acotadas en metros, curvas de nivel suplementaras, curvas de nivel auxiliar, curvas de nivel aproximadas, depresiones, cotas fotogramétricas acotados en metros y referencias de cotas. Entre los rasgos hidrográficos representan corrientes o cuerpos de agua perennes e intermitentes, lechos de ríos secos, rápidos, saltos de agua, canales, corrientes que desaparecen, lagunas perennes e intermitentes, presas y bordos. Las cartas indican las unidades químicas de suelo, sus fases físicas hasta 100 centímetros de profundidad y sus fases químicas a menos de 125 centímetros de profundidad.

1.15 Carta de efectos climáticos regionales (mayo-octubre).

- **Carta escala 1:250,000, clave E14-3, (Veracruz).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E14-6, (Orizaba).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E15-1, (Coatzacoalcos).**
- **Carta escala 1:250,000, clave E15-4, (Coatzacolacos).**

Gráfica escala 1:250,000 editada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), muestran las vías terrestres que se encuentran en la zona, entre ellas, carreteras de más de dos carriles, casetas de pago, carreteras pavimentadas, numeración de rutas estatales y federales, terracerías transitables todo el tiempo, terracerías transitables en tiempo seco, brechas, veredas, ferrocarril de servicio público, estaciones de ferrocarril y otras vías férreas. Muestran aeropuertos de carácter internacional, nacional y local con pistas pavimentadas o de tierra. Simbolizan puntos geodésicos, entre ellos vértices geodésicos de primero, segundo y tercer orden, bancos de nivel de primero, segundo y tercer orden y puntos de nivelación acotados en metros. Las cartas representan el relieve con curvas de nivel acotadas en metros, curvas de nivel suplementarias, curvas de nivel auxiliar, curvas de nivel aproximadas, depresiones, cotas fotogramétricas acotados en metros y referencias de cotas. Entre los rasgos hidrográficos representan corrientes o cuerpos de agua perennes e intermitentes, lechos de ríos secos, rápidos, saltos de agua, canales, corrientes que desaparecen, lagunas perennes e intermitentes, presas y bordos. En las cartas aparecen ubicadas las estaciones u observatorios meteorológicos, se indican con colores la precipitación total en milímetros de Mayo a Octubre, así como las isoyetas medias, también se indican los días con lluvia apreciable de Mayo a Octubre (lluvia mayor a 0.1mm), se indican las temperaturas máximas y mínimas promedio, presencia de heladas y la dirección y velocidad de los vientos dominantes.

1.16 Carta topográfica.

- **Carta escala 1:50,000, clave E14B67 (Zongolica).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E14B48 (Soledad de Doblado).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E14B59 (Piedras Negras).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E14B68 (Vicente Camalote).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E14B46 (Coscomatepec).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E15A51 (Alvarado).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E14B49 (Veracruz)**
- **Carta escala 1:50,000, clave E15A41 (Antón Lizardo).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E14B58 (Cotaxtla).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E14B47 (Huatusco).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E14B57 (Córdoba).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E14B56 (Orizaba).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E14B45 (San Salvador El Seco).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E14B43 (Puebla).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E14B54 (Tepeaca).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E14B36 (Xico).**
- **Carta escala 1:50,000, clave E14B44 (Tepatlaxco).**

Las Cartas Topográficas con escala 1:250,000 y 1:50,000 editadas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), contienen datos poblacionales, muestran las vías terrestres que se encuentran en la zona, entre ellas, carreteras de más de dos carriles, de cuota y libre, carreteras de dos carriles de cuota y libre. Contienen líneas de conducción telefónicas, telegráficas, eléctricas, subestaciones eléctricas, conductos superficiales y subterráneos, así como acueductos superficiales o subterráneos. Denotan límites y mojoneras. Simbolizan puntos geodésicos, entre ellos vértices de posicionamiento horizontales, bancos de nivel y estaciones gravimétricas. Entre los rasgos culturales que contiene se encuentran representadas: escuelas, templos, sitios de asistencia médica, edificaciones, casas aisladas, áreas urbanas con cerca, barda o división, sitios de interés, cementerios, muros de contención, estructuras elevadas, instalaciones de comunicación, y depósitos de agua. Las cartas representan el relieve con curvas de nivel acotadas en metros a cada 50 metros, curvas de nivel ordinarias a cada 10 metros, curvas de nivel auxiliar, curvas de nivel aproximadas, depresiones maestras y ordinarias, así como puntos fotogramétricos acotados en metros y muestra entradas a grutas. Entre los rasgos hidrográficos representan corrientes o cuerpos de agua perennes e intermitentes, manantiales, corrientes que desaparecen, saltos de agua, canales, presas y bordos. Indican áreas de vegetación densa, cultivos o áreas verdes urbanas, pantanos, terrenos sujetos a inundación, zonas arenosas, malpaís y salinas. En la carta se indica su localización dentro del territorio con un elipsoide Clarke de 1866, una proyección universal transversal de Mercator, cuadrícula UTM a cada 1,000 metros, Datum Horizontal Norteamericano de 1927. Las cotas fueron referenciadas con respecto al nivel medio del mar.

2 CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS DE LA CUENCA DE APORTACIÓN.

2.1 Geomorfología.

Son tres las unidades geomorfológicas que destacan; la primera se distingue por una morfología de planicies volcánicas con barrancas profundas y sierras entre las que destacan un estratovolcán aislado, la cual pertenece al área de la porción occidental que cubre el acuífero, que pertenece a la Subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac.

En la Subprovincia Chiconquiaco las topoformas presentes están asociadas con lomeríos de colinas redondeadas con mesetas y planicies volcánicas con barrancas profundas.

Las características de la zona central se definen por la presencia de una extensa planicie con elevaciones entre los 200 y 20 msnm, ligeramente inclinada al este, donde se depositaron materiales vilcanosedimentarios y aluviales, desde Puente Nacional y Paso de Ovejas, en el norte, hasta Manlio Fabio Altamirano y Soledad de Doblado, en el sur.

Las estructuras antes mencionadas contrastan por efecto de una erosión diferencial, con las barrancas escarpadas por donde circulan los arroyos ríos principales.

Se forman zonas bajas inundables con formación de lagunas intermitentes o zonas pantanosas durante la época de lluvias, esto en las zonas de depositación de materiales fluvio – aluviales donde la densidad de drenaje tiende a disminuir.

La zona litoral presenta características similares a las zonas anteriores, existe una interacción con los procesos litorales con mayor número de zonas de inundación y presencia de sistema de dunas, con un drenaje incipiente y elevaciones no mayores a los 50 msnm.

2.2 Fisiografía.

La subcuenca en estudio pertenece a la provincia conocida como Llanura Costera del Golfo Sur, siendo la subprovincia de nombre Llanura Costera Veracruzana, definiendo su sistema de topoformas como Llanura Aluvial Costera.

La subprovincia Llanura Costera Veracruzana se distingue por la presencia de lomeríos suaves ubicado al este y noreste, y en una mayor extensión se identifican llanuras con sistemas lagunares permanentes que ocupan extensas superficies. De los rasgos fisiográficos representativos del acuífero, se distinguen zonas de llanuras inundables, barras, dunas, llanuras costeras con dunas y en el extremo oriental, lomeríos suaves con llanos asociados.

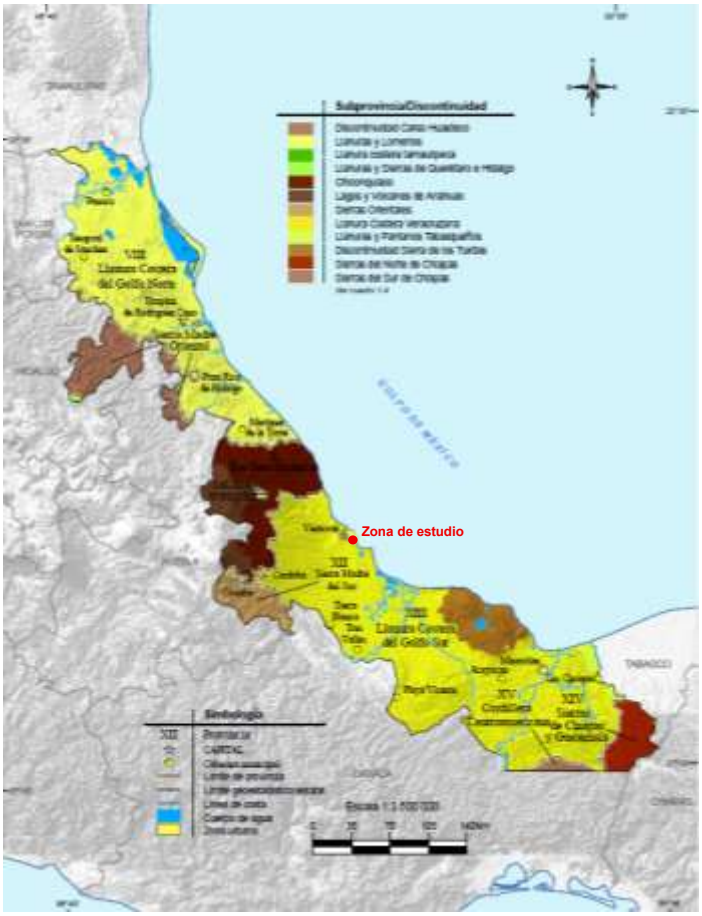


Ilustración 1. Mapa de fisiografía de Veracruz (INEGI).

2.3 Rasgos superficiales de la cuenca.

2.3.1 Ubicación.

La zona hidrológica de estudio se localiza dentro de la subcuenca (b) Río Jamapa, que a su vez forma parte de la cuenca (B) de nombre R. Jamapa y Otros, dentro de la región hidrológica Papaloapan (RH28).

Tabla 1 Subcuencas pertenecientes a la Cuenca RH28B.

CUENCA	SUBCUENCA
RH28B Rio Jamapa y Otros	RH28Ba R. Atoyac (Ba). RH28Bb R. Jamapa (Bb). RH28Bc R. San Fancisco – Puerto de Veracruz (Bc). RH28Bd R. Paso de Ovejas (Bd).

	RH28Be R. La Antigua (Be). RH28Bf R. Decozalapa (Bf). RH28Bg R. Ídolos (Bg). RH28Bh R. Actopan – Barra de Chachalacas (Bh). RH28Bi R. Pajaritos (Bi). RH28Bj R. Cedeño (Bh).



Ilustración 2. Cuenca hidrológica donde se localiza la zona de estudio

2.3.2 Área de la cuenca.

Boca del Río recibe aportaciones de los escurrimientos provenientes de la cuenca denominada Río Jamapa y Otros, en la vertiente sur del Golfo de México. La subcuenca del Río Jamapa cuenta con una longitud de 72 Km en el acuífero y una superficie de 3,870.57 km^2.

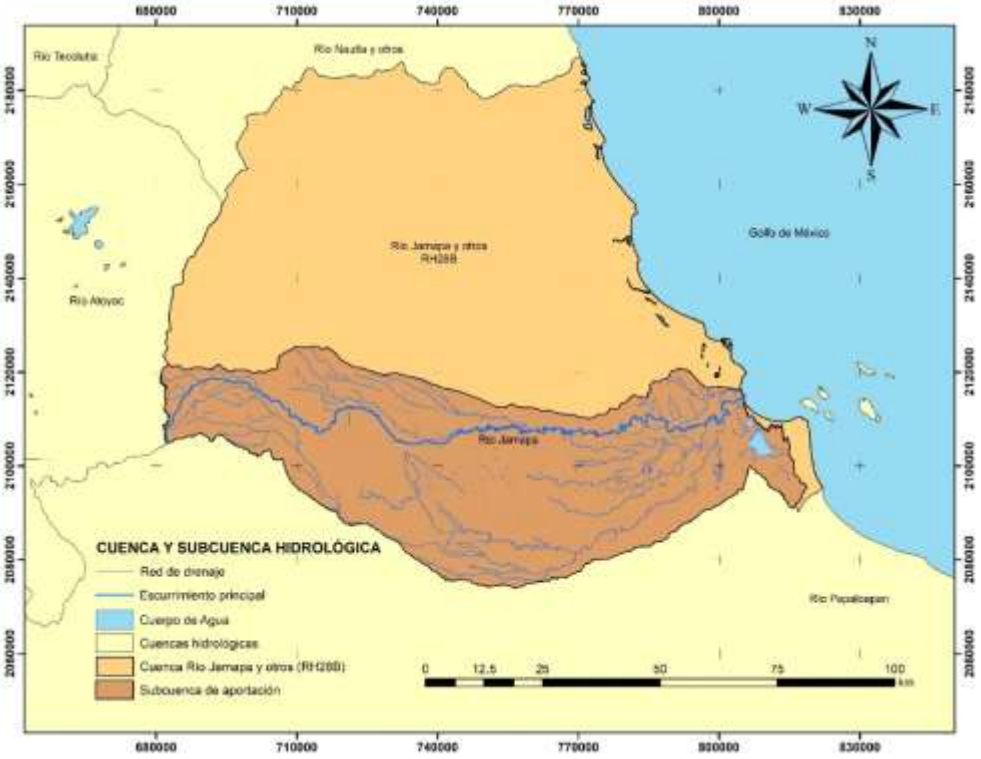


Ilustración 3. Cuenca y subcuenca hidrológica.

2.3.3 Parteaguas

El parteaguas define una subcuenca exorreica. Sus escurrimientos superficiales intermitentes y perennes desembocan directamente en el Golfo de México. Dentro de dicho parteaguas se pueden observar la Laguna de Mandinga y la Laguna de Mandinga Grande cuya descarga confluye con el río Jamapa en su desembocadura al Golfo de México (Ilustración 4).

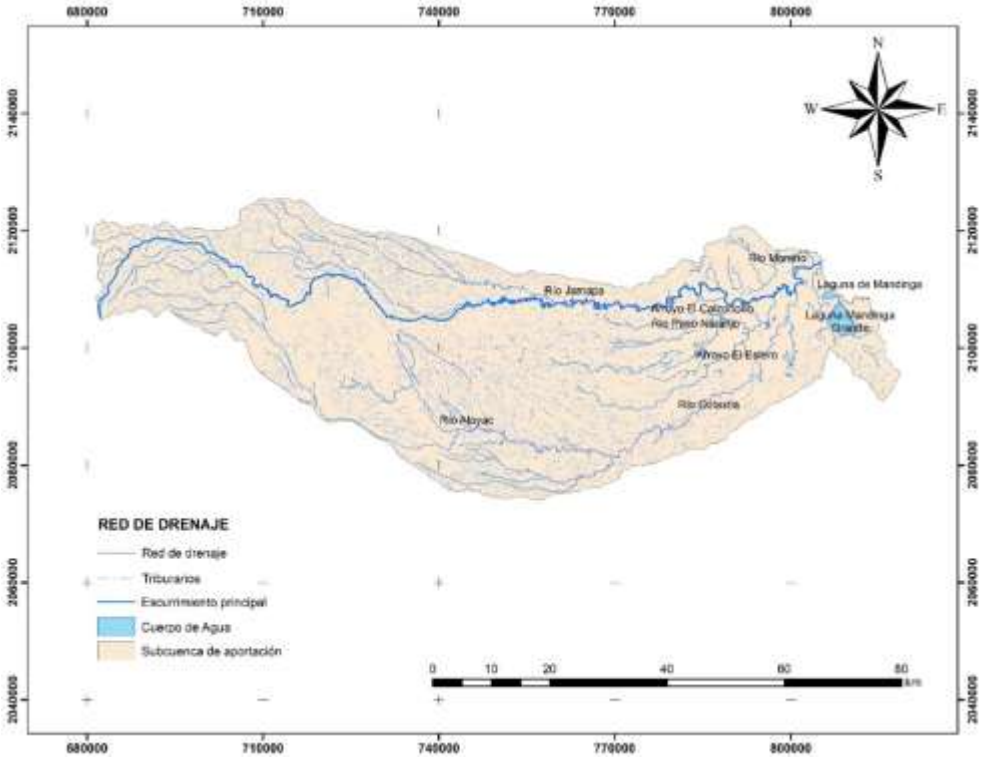


Ilustración 4. Parteaguas de la Subcuenca de análisis.

2.3.4 Pendiente de la cuenca

Para determinar la pendiente de la cuenca, es necesario conocer la topografía de la zona, así como, la longitud del escurrimiento principal.

En primer lugar, se determina el desnivel entre los extremos de la cuenca, como:

$$H = E_p - E_b \qquad \textit{Ecuación 1}$$

Donde:

H = Desnivel entre extremos de la cuenca (m).

Ep = Elevación máxima del parteaguas (msnm).

Eb = Elevación en la parte más baja (msnm).

Y posteriormente, la pendiente de la cuenca en análisis, mediante la siguiente ecuación:

$$S = \frac{H}{L}$$ *Ecuación 2*

Donde:

S = Pendiente media de la cuenca.

H = Desnivel entre extremos de la cuenca (m).

L = Longitud total del escurrimiento principal (m)

El cálculo de la pendiente media de la cuenca resulta, para los siguientes datos:

Datos:

Ep = 5610.00 msnm.

Eb = 0.00 msnm.

L = 205,542.11 m.

Aplicando la ecuación Ecuación 2:

$$H = 5610 - 0.00$$
$$H = 5610.00 \text{ m}$$

Por lo que aplicando la ecuación Ecuación 1, se determina la pendiente media de la cuenca, es decir:

$$S = \frac{5610.00}{205{,}542.11}$$

S = 0.0273

2.3.5 Geología

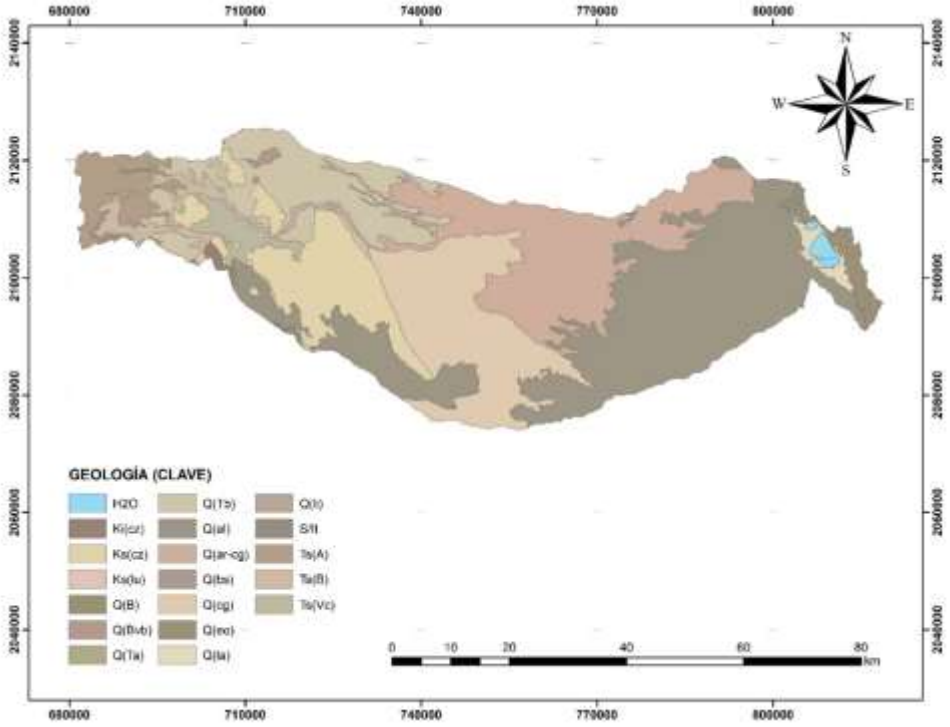


Ilustración 5.Geología de la subcuenca de análisis.

Las unidades geológicas pertenecientes al área de estudio se definen dentro de las eras Cenozoico (dentro de los periodos cuaternario y terciario superior) y Mesozoico (dentro de los periodos cretácico inferior y cretácico superior), siendo en esta última donde se ubican la mayor cantidad de unidades geológicas, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2 Clasificación de rocas en la cuenca de estudio.

Era		Periodo		Roca o suelo	
Clave	Nombre	Clave	Nombre	Clave	Nombre
C	Cenozoico	Q	Cuaternario	Q (B)	Basalto
				Q(Bvb)	Brecha volcánica básica
				Q (Ta)	Toba acida
				Q(Tb)	Toba básica
				Q(al)	Arenisca
				Q(ar-cg)	Arnisca-conglomerado
				Q(cg)	Conglomerado
				Q(eo)	Eolico
				Q(la)	Lacustre
		Ts	Terciario superior	Ts (A)	Andesita
				Ts (B)	Basalto
				Ts (Vs)	
M	Mesozoico	Ks	Cretácico superior	Ks(cz)	Caliza
				Ks(lu)	Lutita
		Ki	Cretácico inferior	Ki(cz)	Caliza

Las unidades geológicas ubicadas en la zona de estudio son (ver Ilustración 5):

- **Ki(cz):**

Unidad perteneciente al Cretácico Inferior, integrada por potentes espesores de rocas calcáreas de la Formación El Doctor, la cual presenta dos facies: una de plataforma donde las calizas son de color gris oscuro, bien estratificadas, y contienen lentes de pedernal y algunas intercalaciones de lutitas calcáreas; y la otra, de borde de plataforma, compuesta por calizas arrecifales poco estratificadas y de color gris claro. Su contacto superior es transicional con las calizas y lutitas de la Formación Soyatal.

Morfológicamente está representada por montañas de cantiles verticales, cortados por cañones profundos. También forma pequeños cerros redondeados.

- **Ks(cz):**

Unidad sedimentaria marina de tipo flysch del Cretácico Superior, representada por una alternancia rítmica de caüzas de color negro y lutitas fósiles calcáreas de color amarillento, con intercalaciones de margas de color pardo y rojizo. Esta secuencia se identifica como la Formación Soyatal, la cual se encuentra plegada y presenta estructuras recumbentes y fallas de cabalgadura. Su contacto inferior con las calizas de la Formación El Doctor es transicional.

Su representación morfológica es de lomeríos bajos de pendientes suaves, comúnmente localizados en valles sinclinales.

- **Ks(lu):**

Unidad constituida por lutitas calcáreas y margas de color pardo amarillento, en estratos de 10 a 15 cm de espesor, con microfósiles y laminación ondulante; está muy deformada y apizarrada.

- **Q (B):**

La unidad está constituida por basaltos de olivino que presentan entre sus plagioclasas labradorita y andesita. Los basaltos son de color gris oscuro, presentan por lo general textura holocristalina, en ocasiones porfídica con matriz intergranular, tienen estructura vesicular y están dispuestas según coladas de bloques o acordonadas; en ocasiones los basaltos presentan intemperismo incipiente; en algunos sitios están muy fracturados.

Los basaltos son utilizados, por sus características físicas como material de construcción para mampostería y como acabados.

- **Q(Bvb):**

La unidad representa a los conoscineríticos recientes que están formados por fragmentos piroclásticos, por lo general escoreáceos y por algunas bombas volcánicas. Los fragmentos son de composición básica con textura merocristalina y tienen tamaños que varían desde el de ceniza hasta los de 30 centímetros. Éstos líticos se encuentran casi sin consolidar y son de color gris o rojo y se encuentran dispuestos en seudoestratos. La unidad es muy permeable.

Esta unidad es muy usada como material de construcción ya sea como revestimiento de terracerías o para agregados ligeros en la elaboración de concreto.

- **Q(Ta):**

Representa los depósitos de Toba Ácida del período Cuaternario, que son depósitos piroclásticos de composición silícea con un color gris o rosado que pueden tener clastos de pumicita. Esta unidad se forma por erupciones volcánicas y se caracteriza por su composición y grado de compactación, incluyendo tobas líticas, cristalinas y arenosas, así como algunas ignimbrita

- **Q(Tb):**

Esta unidad consiste de fragmentos piroclásticos de composición básica, con tamaños de ceniza y lapilli y que están dispuestos en seudoestratos ya sean deleznables o compactos. Entre los piroclásticos hay cristales y líticos, en los primeros destacan los fragmentos de labradorita y los de hiperstena; los segundos son de composición básica y escoráceos; en ocasiones, se encuentran en la unidad bloques escoráceos y bombas volcánicas. La unidad es, en superficie fresca, color gris oscuro; mientra que, al intemperismo adopta un color crema con tonos rojizos. En ocasiones presenta sílice secundario; en algunos sitios, las tobas presentan paleosuelos y están interestratificadas con algunos horizontes de litarenitas.

- **Q (al):**

Está compuesto por grava, arena, limo y arcilla no consolidada, su granulometría varía de material grueso al pie de la sierra a fino en los valles y la costa, su color es café claro. Estos materiales rodearon a prominencias rocosas que formaban antiguas islas. Actualmente las formas delticas son de tipo lobado en su desembocadura y de extensa planicie en la mayor parte del área.

- **Q (ar-cg):**

Unidad originada por depósitos de talud y abanicos aluviales del Reciente, constituidos por arena, grava y fragmentos hasta de 30 cm de diámetro, angulosos y redondeados; con matriz de arena fina y arcilla, poco consolidados, de color amarillo y café claro. Su litología es muy heterogénea, derivada de rocas metamórficas, ígneas intrusivas y volcánicas interdigitadas con acarreos de material aluvial del Reciente. Por su cercanía a las unidades de granodiorita y del complejo metamórfico se infiere que los cubre discordantemente.

- **Q (cg):**

Es de tipo polimíctico depositado en ambiente continental, su color varía de rojo a café oscuro, lo integran clastos de riolita, toba y brecha volcánica ácida y escasos fragmentos de basalto, tiene matriz arenosa de la misma composición y está cementado con arcilla y caliche, los clastos son angulosos y subredondeados, de tamaño que varía de gravas a bloques, sobreyace a rocas volcánicas del Terciario Superior.

- **Q(eo).**

Unidad formada por sedimentos eólicos recientes, depositados por la acción del viento. Su granulometría es arenosa, los fragmentos se encuentran bien redondeados y el tamaño de las partículas es homogéneo. Sus componentes son cuarzo, feldespato y fragmentos de roca, los estratos presentan estructura cruzada. Se expresa morfológicamente en forma de dunas.

- **Q(la):**

Lo forma arcilla limosa expansiva de poco espesor, sobreyace a arena fina y su color rosa cambia a café rojizo cuando se humedece. Sufre contaminación salina debido a la invasión intermitente del mar sobre el continente. Su morfología es de planicie y se encuentra a lo largo de la línea de costa.

- **Q(li):**

Sedimento arenoso de origen marino depositado por movimientos de intermarea; sus componentes son cuarzo, feldespato, micas, fragmentos de conchas y de rocas ígneas y metamórficas. La arena es de grano fino, redondeado y subredondeado de superficie lisa y brillante. Se localiza formando grupos de alineación paralelas de barras, tómbolos, flechas y playas, que atestiguan indicios de antiguas líneas de costa, así como una actual regresión marina.

- **Ts (A).**

Esta unidad representa a las diferentes andesitas del Terciario Superior que afloran en el área, las hay de lamprobolita, de piroxenos, de cuarzo y basálticas. La unidad incluye algunos vitrófidos andesíticos, y en los estratovolcanes brechas andesíticas. En algunos sitios presenta matriz vítrea de composición ácida. La unidad es generalmente tenaz y tiene, en superficie fresca, color gris con tonos claros, obscuros y rosas con vivos ya sean oscuros o claros; en superficie intemperizada presenta tonos de ocre. Las andesitas están dispuestas, generalmente, como coladas de bloques, algunas son vesiculares, sobre todo las más básicas; en ocasiones se presentan fracturadas en lajas.

- **Ts (B).**

La unidad consiste de basaltos de olivino – andesíticos y de olivino y piróxenos. Los basaltos tienen textura holocristalina intergranular, en ocasiones porfídica con fenocristales de plagioclasa y de olivino, éstos, por lo general, tienen sus bordes alterados a iddingsita. La unidad, forma coladas, por lo general, acordonadas en algunos sitios y presenta intemperismo esferoidal profundo.

- **Ts (Vc).**

El Cenozoico–Terciario superior (Ts) con suelo conformado de rocas volcanoclásticas (Vc). La unidad de rocas volcanoclásticas Ts(Vc), se representan por la presencia de derrames de lava basáltica. Las unidades consisten esencialmente de rocas volcánicas, volcanoclásticas y de ceniza basáltica, escorias, rocas piroclásticos, todos asociados a conos volcánicos, los cuales yacen de la intersección de sistemas de fracturas con dirección noroeste–suroeste y este-oeste, cuya edad varía desde los 38,600 hasta 8,400 años aproximadamente.

2.3.6 Suelos

Para poder ubicar en la subcuenca, los tipos de suelo que la conforman, puede apreciarse la Ilustración 6.

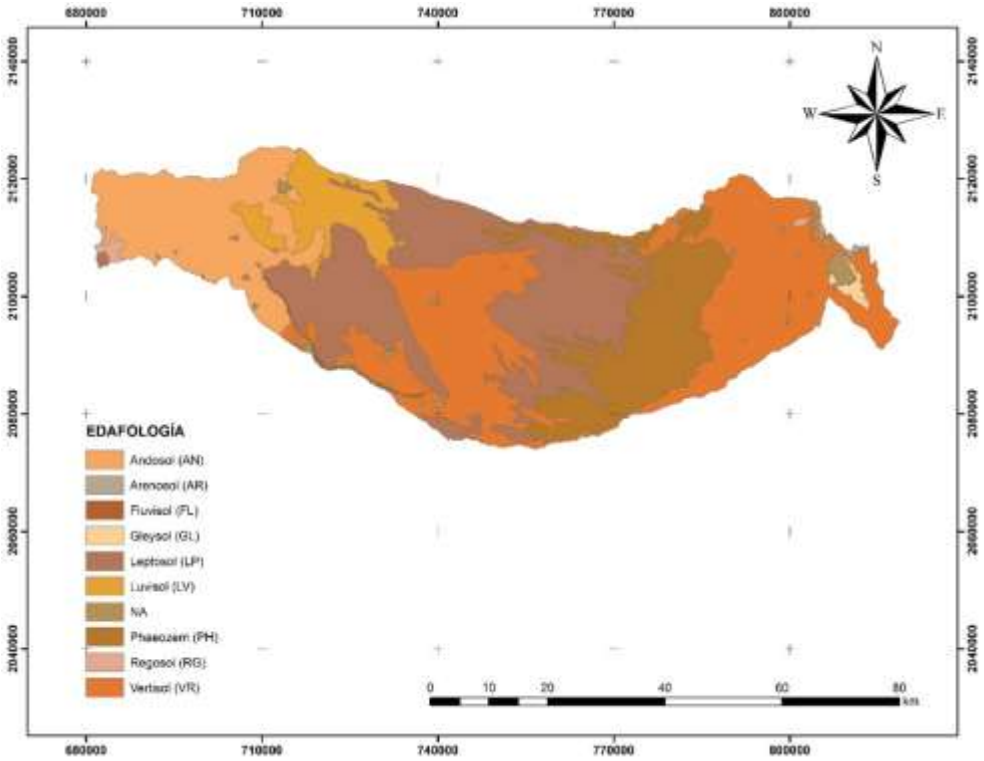


Ilustración 6. Edafología de la subcuenca de estudio.

- **Andosol (AN):**

Su nombre proviene de las palabras japonesas an: oscuro y do: tierra, literalmente, tierra negra.

Los andosoles son suelos de origen volcánico, constituidos principalmente de ceniza, la cual contiene alto contenido de alófano, que le confiere ligereza y untuosidad al suelo. Son generalmente de colores oscuros y tienen alta capacidad de retención de humedad. Tienen generalmente bajos rendimientos agrícolas debido a que retienen considerablemente el fósforo y éste no puede ser absorbido por las plantas. Tienen también uso pecuario, especialmente ovino; el uso más favorable para su conservación es el forestal.

- **Arenosol (AR):**

El nombre de estos suelos viene del latín arena, que significa de igual manera, arena.

Los Arenosoles comprenden suelos arenosos, incluyendo tanto suelos desarrollados en arenas residuales después de la meteorización in-situ de sedimentos o rocas ricos en cuarzo, como suelos desarrollados en arenas recién depositadas tales como dunas en desiertos y tierras de playas.

Se desarrolla en ambientes desde árido hasta húmedo y perhúmedo, y desde extremadamente frío hasta extremadamente cálido; las geoformas varían desde dunas recientes, cordones de playa, y planicies a plateaus muy antiguos arenosos; la vegetación varía desde vegetación de desierto hasta dispersa (principalmente herbácea) hasta bosque ligero.

- **Fluvisol (FL).**

Su nombre proviene del latín fluvius: río, literalmente, suelo de río.

Los fluvisoles se caracterizan por estar formados de materiales acarreados por agua. Son suelos muy poco desarrollados, medianamente profundos y presentan generalmente estructura débil o suelta. Presentan capas alternadas de arena con piedras o gravas redondeadas, como efecto de la corriente y crecidas del agua en ríos.

- **Gleysol (GL):**

Su nombre proviene del ruso gley: pantano. Literalmente, suelo pantanoso.

Los Gleysoles se encuentran en zonas donde se acumula y estanca el agua la mayor parte del año dentro de los 50 cm de profundidad. Se caracterizan por presentar, en la parte donde se saturan con agua, colores grises, azulosos o verdosos, que muchas veces al secarse y exponerse al aire se manchan de rojo. Son muy variables en su textura, pero en México predominan más los arcillosos, esto trae como consecuencia que presenten serios problemas de inundación durante épocas de intensa precipitación.

En algunos casos se pueden destinar a la agricultura con buenos resultados en cultivos como el arroz y la caña que requieren o toleran la inundación.

- **Leptosol (LP):**

Son suelos someros; del griego leptos, fino. Los Leptosoles son suelos muy someros sobre roca continua y suelos extremadamente gravillosos y/o pedregosos. Los Leptosoles son suelos azonales y particularmente comunes en regiones montañosas con ambiente: principalmente tierras en altitud media o alta con topografía fuertemente disectada.

Los Leptosoles se encuentran en todas las zonas climáticas (muchos de ellos en regiones secas cálidas o frías), en particular en áreas fuertemente erosionadas, tienen roca muy cerca de la superficie. Los Leptosoles en material calcáreo meteorizado pueden tener un horizonte mólico.

- **Luvisol (LV):**

Su nombre proviene del latín luere, lavar.

Los Luvisoles son suelos que tienen mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial como resultado de procesos pedogenéticos (especialmente migración de arcilla) que lleva a un horizonte subsuperficial árgico. Los Luvisoles tienen arcillas de alta actividad en todo el horizonte árgico y alta saturación con bases a ciertas profundidades.

Son suelos con una diferenciación pedogenética de arcilla (especialmente migración de arcilla) entre un suelo superficial con menor y un subsuelo con mayor contenido de arcilla, arcillas de alta actividad y una alta saturación con bases a alguna profundidad.

Su ambiente es principalmente tierras llanas o suavemente inclinadas en regiones templadas frescas y cálidas con estación seca y húmeda marcadas.

Cuenta con una diferenciación pedogenética del contenido de arcilla con un bajo contenido en el suelo superficial y un contenido mayor en el subsuelo sin lixiviación marcada de cationes básicos o meteorización avanzada de arcillas de alta actividad; los Luvisoles muy lixiviados pueden tener un horizonte eluvial álbicoentre el horizonte superficial y el horizonte subsuperficial árgico, pero no tienen las lenguas albelúvicasde los Albeluvisoles.

- **Phaeozem (PH):**

Son suelos oscuros ricos en materia orgánica; del griego phaios, oscuro, y ruso zemlja, tierra. Los Phaeozems acomodan suelos de pastizales relativamente húmedos y regiones forestales en clima moderadamente continental. Los Phaeozems son muy parecidos a Chernozems y Kastanozems pero están más intensamente lixiviados, consecuentemente, tienen horizonte superficial oscuro, rico en humus que, en comparación con Chernozems y Kastanozems, son menos ricos en bases. Los Phaeozems pueden o no tener carbonatos secundarios, pero tienen alta saturación con bases en el metro superior del suelo. Proviene de materiales no consolidados, predominantemente básicos, eólicos (loess), tillglaciario y otros.

Se desarrollan en un ambiente de cálido a fresco (tierras altas tropicales) regiones moderadamente continentales, suficientemente húmedas de modo que la mayoría de los años hay alguna percolación a través del suelo, pero también con períodos en los cuales el suelo se seca; tierras llanas a onduladas; la vegetación natural es pastizal como la estepa de pastos altos y/o bosque.

- **Regosol (RG):**

Son suelos débilmente desarrollados en material no consolidado y su denominación proviene; del griego rhegos, que significa manta.

Los Regosoles forman un grupo remanente taxonómico que contiene todos los suelos que no pudieron acomodarse en alguno de los otros. En la práctica, los Regosoles son suelos minerales muy débilmente desarrollados en materiales no consolidados que no tienen un horizonte mólico úmbrico, no son muy someros ni muy ricos en gravas (Leptosoles), arenosos (Arenosoles) o con materiales flúvicos (Fluvisoles). Los Regosoles están extendidos en tierras erosionadas, particularmente en áreas áridas y semiáridas y en terrenos montañosos.

Se presenta en todas las zonas climáticas y todas las alturas. Los Regosoles son particularmente comunes en áreas áridas (incluyendo el trópico seco) y en regiones montañosas. El desarrollo del perfil es mínimo

como consecuencia de edad joven y/o lenta formación del suelo.

- **Vertisol (VR):**

Suelos pesados arcillosos, que se mezclan; del latín vertere, dar vuelta.

Los Vertisoles son suelos muy arcillosos, que se mezclan, con altas proporciones de arcillas expandibles. Estos suelos forman grietas anchas y profundas desde la superficie hacia abajo cuando se secan, lo que ocurre en la mayoría de los años. El nombre Vertisoles se refiere al reciclado interno constante del material de suelo.

Proviene de sedimentos que contienen elevada proporción de arcillas expandibles, o arcillas expandibles producidas por neoformación a partir de meteorización de rocas, se presenta en depresiones y áreas llanas a onduladas, principalmente en climas tropicales, subtropicales, semiárido a subhúmedo y húmedo con una alternancia clara de estación seca y húmeda. La vegetación clímax es sabana, pastizal natural y/o bosque.

2.3.7 Cobertura vegetal

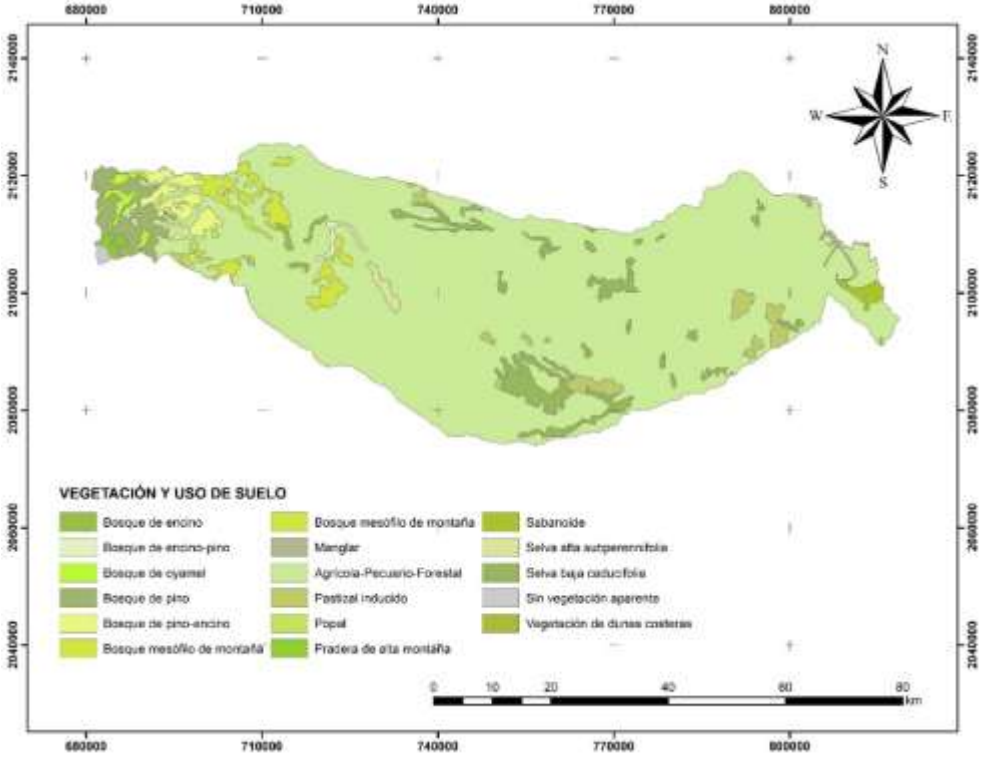


Ilustración 7. Vegetación tipo de la subcuenca de estudio.

- **Bosque de Encino:**

Comunidad vegetal formada por especies (aprox, 200) del género Quercus (Encinos o Robles), Estos bosques pueden ser de unos 6 - 8 m de altura o bien de unos 30 m más o menos abiertos o muy densos; se desarrolla~ en muy diversas condiciones ecológicas desde casi el nivel del mar hasta cerca de los 3000 m de altitud, Salvo en las condiciones más áridas, se le puede encontrar en casi el resto del país,

Por las características de los encinos, estos bosques han sido muy explotados con fines forestales: madera y elaboración de carbón principalmente,

En general este tipo de bosque se encuentra muy relacionado con los de pino, formando una serie de mosaicos, por lo que, en cartografía de muy pequeña escala, es difícil delimitar, Las características de distribución tanto de encinos como de pinos son muy similares.

- **Bosque de encino-pino**

El bosque de encino pino se encuentra en un pequeñísimo manchón en la parte suroeste del macizo montañoso, a 1,200 metros sobre el nivel del mar. A este bosque lo conforman elementos del género Quercus y del género Pinus donde domina el encino sobre el pino.

- **Bosque de oyamel:**

El bosque de oyamel es muy característico y de singular belleza, está conformado por árboles altos, a veces mayores a 30 m, las masas arboladas pueden estar conformadas por elementos de la misma especie o mixtos, acompañados por diferentes especies de coníferas y latifoliadas; algunos bosques son densos, sobre todo en condiciones libres de disturbio, pero debido al fuerte impacto que provocan las actividades humanas, su área se encuentra en constante disminución, para dar lugar a espacios agrícolas y pecuarios.

Se desarrolla a altitudes entre 2 400 y 3 400 m; prospera en suelos de tipo Andosol y Cambisol con profundidad variable, bien drenados, ricos en materia orgánica y húmedos durante buena parte del año, los climas donde se encuentran es semifrío subhúmedo y con menos frecuencia templado subhúmedo con lluvias en verano.

- **Bosque de pino:**

Es una comunidad siempre verde constituida por pinos, los cuales se encuentran asociados con encinares y otras especies. Los bosques de pinos y de coníferas en general, constituyen el recurso forestal por excelencia, tiene un crecimiento relativamente rápido, muchos de ellos son resistentes a los incendios, a las sequías y soportan el pastoreo.

La vegetación está dominada por diferentes especies de pino que alcanzan una altura promedio de 15 m a 30 m y crecen sobre suelos profundos tipo Andosol, o de escaso desarrollo como Regosol y Cambisol en climas semifríos subhúmedos con lluvias en verano.

- **Bosque de pino-encino:**

Es una comunidad compartida por diferentes especies de pinos y encinos. En los rangos más bajos domina el encino y conforme se va ascendiendo aparecen algunos elementos de pino mezclados entre los numerosos encinos, al aumentar la elevación los pinos empiezan a dominar sobre los encinos, hasta que en rangos superiores a los 2,500 msnm el bosque está conformado por masas puras de pinos.

Se desarrollan sobre suelos de origen ígneo, metamórfico y sedimentario en su mayoría del tipo Andosol, Cambisol, Regosol y Luvisol. La mayor parte de esta vegetación se encuentra en los climas templados subhúmedos con lluvias en verano, en algunos casos en climas semicálidos subhúmedos con lluvias en verano.

- **Bosque mesófilo de montaña:**

Vegetación densa propia de laderas de montaña que se encuentran protegidas de los fuertes vientos y la excesiva insolación, donde se forman neblinas durante casi todo el año. También crece en barrancas y otros sitios resguardados en condiciones más favorables de humedad. En el bosque mesófilo son notables la mezcla de elementos templados y tropicales.

- **Manglar:**

Los manglares, son humedales costeros que destacan por albergar una biota diversa. Son formaciones vegetales en las que predominan las especies conocidas como mangles, que son árboles o arbustos con adaptaciones reproductivas como la viviparidad, y adaptaciones especiales a la vida en lugares inundados y sujetos a las mareas, como sus sistemas radiculares convertidos en neumatóforos y en raíces zancudas (en ocasiones muy grandes), que tienen, respectivamente, funciones de captación de oxígeno del aire y de fijación en el terreno lodoso, y son las características fisonómicas más notables de esta comunidad, que puede alcanzar alturas de hasta 25 a 30 m, aunque por lo general presentan menos desarrollo. Habitan en las planicies costeras del trópico húmedo, cerca de las desembocaduras de ríos y arroyos, alrededor de esteros y lagunas costeras, en la zona de transición de los ecosistemas terrestres y marinos, y brindan conectividad con los pastos marinos y los arrecifes de coral.

- **Agrícola - Pecuaria - Forestal.**

Aquí se incluyen los diferentes sistemas manejados por el hombre y que constituyen los usos del suelo a partir de la modificación de la cobertura vegetal, en este gran grupo se incluyen los siguientes conceptos: agrícola, pecuario, forestal y acuícola.

En el rubro agrícola, se presentan los diferentes tipos de agricultura que se desarrollan en nuestro país, se incluyen también plantaciones forestales, bosques cultivados y pastizales cultivados. La información se organiza de acuerdo al suministro de agua y la temporalidad del cultivo.

El rubro pecuario, consiste de la información del tipo de ganado que se presenta y se registra durante la

etapa de verificación de campo; en el ámbito forestal, se indica el tipo de uso de tipo forestal que se explota en las distintas comunidades vegetales de nuestro país y que son registradas del mismo modo, durante la etapa de verificación de campo.

- **Pastizal inducido:**

Es aquel que surge cuando es eliminada la vegetación original. Este pastizal puede aparecer como consecuencia de desmontes de cualquier tipo de vegetación; también puede establecerse en áreas agrícolas abandonadas o bien como producto de áreas que se incendian con frecuencia. Algunas de las especies de gramíneas que se encuentran en estas condiciones son: Aristida adscensionis (Zacate tres barbas), Erioneuron pulchellum (Zacate borreguero), Bouteloua simplex, Paspalum notatum (Zacate burro), Cenchrus spp, (Zacate cadillo o Roseta), Lycurus phleoides, Enneapogon desvauxii y otros. No es rara la presencia ocasional de diversas hierbas, arbustos y árboles.

- **Popal:**

Vegetación herbácea en partes someras de cuerpos de agua, en zonas costeras. Son comunes popoay, quentó y platanillo.

- **Pradera de alta montaña:**

Es la forma de vida que desarrolla a partir del límite altitudinal superior al bosque de coníferas, se desarrolla en suelos del tipo Andosol, derivados de cenizas volcánicas intemperizadas y Regosol, delgados con abundante pedregosidad y afloramientos rocosos; están preferentemente adaptados a climas fríos.

- **Selva baja caducifolia:**

También conocido como bosque tropical caducifolio. Este ecosistema se caracteriza por su marcada estacionalidad que le da un aspecto muy distinto en época de lluvias y en época de estiaje. En la época de lluvias los árboles permanecen cubiertos de hojas y es la época de reproducción de muchas especies de plantas y animales. En contraste, la época seca dura hasta ocho meses, y durante ella, entre el 25 y el 90% de los árboles pierden sus hojas y muchos florecen, producen frutos y semillas.

La vegetación que crece en las selvas bajas es muy densa y los árboles tienen alturas de máximo 15 m. En las zonas más secas es común la presencia de cactáceas columnares y candelabriformes. Algunas especies y géneros representativos de plantas son Bursera spp., Haematoxylon brasiletto, Lysiloma spp., Ipomea spp., Cercidium spp. "palo verde", Ceiba spp., Beaucarnea spp., Yucca spp. Las selvas bajas son ricas en especies endémicas, además, muchas especies domesticadas de plantas, como el maíz y el frijol tienen sus hábitats ancestrales en estas selvas.

- **Área sin vegetación aparente:**

Se incluyen bajo este concepto los ariales, litorales, jales, dunas, bancos de ríos y bancos de materiales que se encuentran desprovistos de vegetación o ésta no es aparente y, por ende, no se puede considerar bajo algunos conceptos de vegetación.

Se ubica en partes donde el material es sólido producto de las rocas volcánicas o aquellos lugares que no han sido labrados, dificultando el desarrollo de cualquier tipo de vegetación.

- **Vegetación de dunas costeras:**

Está compuesta por los manchones de vegetación que invaden las dunas de zonas áridas y las van fijando progresivamente. Tales manchones generalmente proceden de las comunidades circunvecinas.

2.3.8 Características de la red de drenaje

2.3.8.1 Tipos de corrientes

En la Subcuenca del río Jamapa existen escurrimientos de los tipos perennes e intermitentes debido a la geomorfología presentada (Ilustración 8).

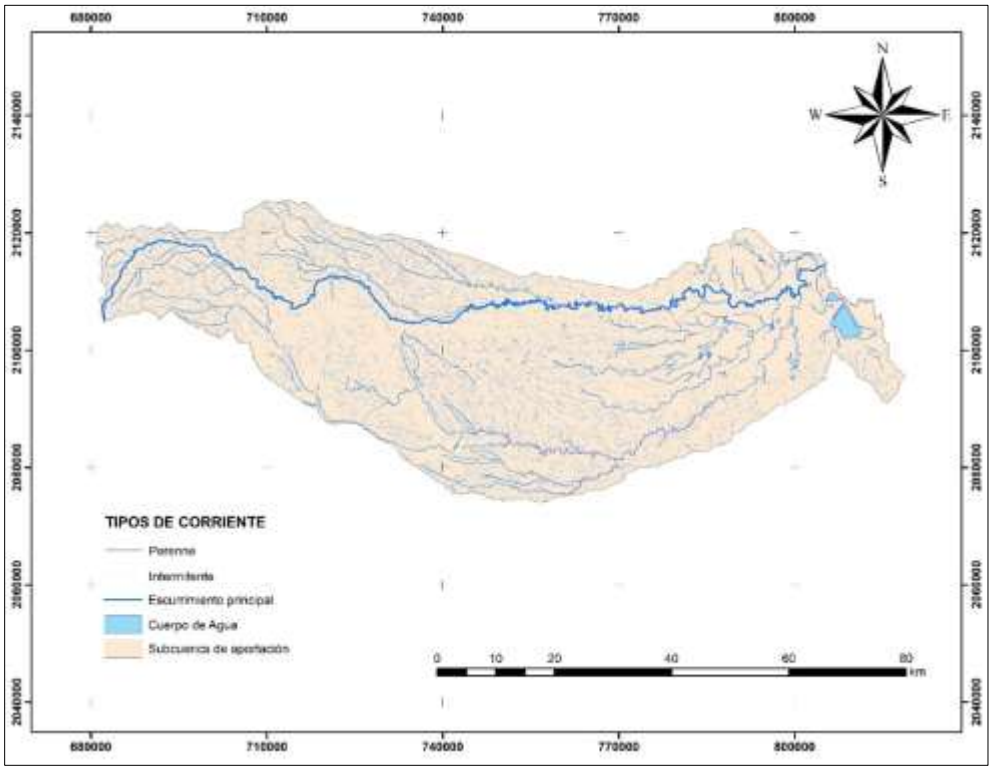


Ilustración 8. Tipo de corrientes.

2.3.8.2 Modelo de drenaje y endorreísmo

El patrón de drenaje de los escurrimientos (perennes e intermitentes) es paralelo con dirección hacia el Golfo de México. La cuenca en estudio es del tipo exorreica (Ilustración 9).

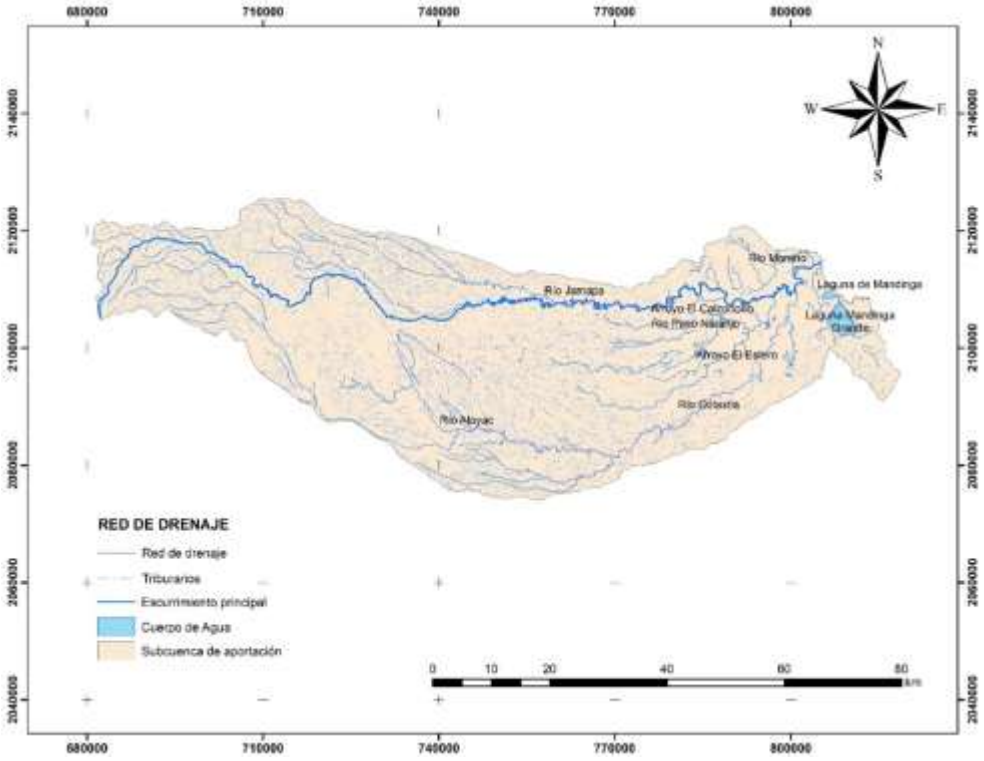


Ilustración 9. Dirección de las corrientes.

3 CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DE LA CUENCA DE APORTACIÓN

3.1 Generalidades

Las estaciones climatológicas cercanas al sitio de estudio se muestran en la Tabla 3:

Tabla 3 Relación de estaciones climatológicas cercanas al sitio de estudio.

No.	Estación	Periodo	Clave	Latitud	Longitud	Elevación (m)
1	El Tejar	1983-2025	30056	19°04'02.00"	96°09'30.00"	10
2	Centro Regional Huatusco	1983-2025	30342	19°01'20.00"	96°36'50.00"	1186
3	Villa Tejeda	1983-2025	30364	19°01'20.00"	96°36'50.00"	348
4	Paso del Toro	1983-2025	30468	19°08'05.00"	96°08'05.00"	10
5	Fortín	2019-2025	30210	18°54'52.00"	97°00'51.00"	1079
6	Totutla	1959-1976	30187	19°12'45.00"	96°57'50.00"	1446
7	Manlio Fabio Altamiramo	1945-1958	30101	19° 5'40.00"	96°20'20.00"	44
8	Potrero Nuevo	2018-2025	30387	18°53'17.00"	96°48'43.00"	548

De las estaciones climatológicas anteriores, se seleccionó la más actualizada y completa en cuanto a la cantidad de datos registrados, para así poder determinar con más exactitud las características climatológicas de la zona de estudio. La estación es: 30056 El Tejar. Para el cálculo de datos faltantes se hizo uso del método racional deductivo.

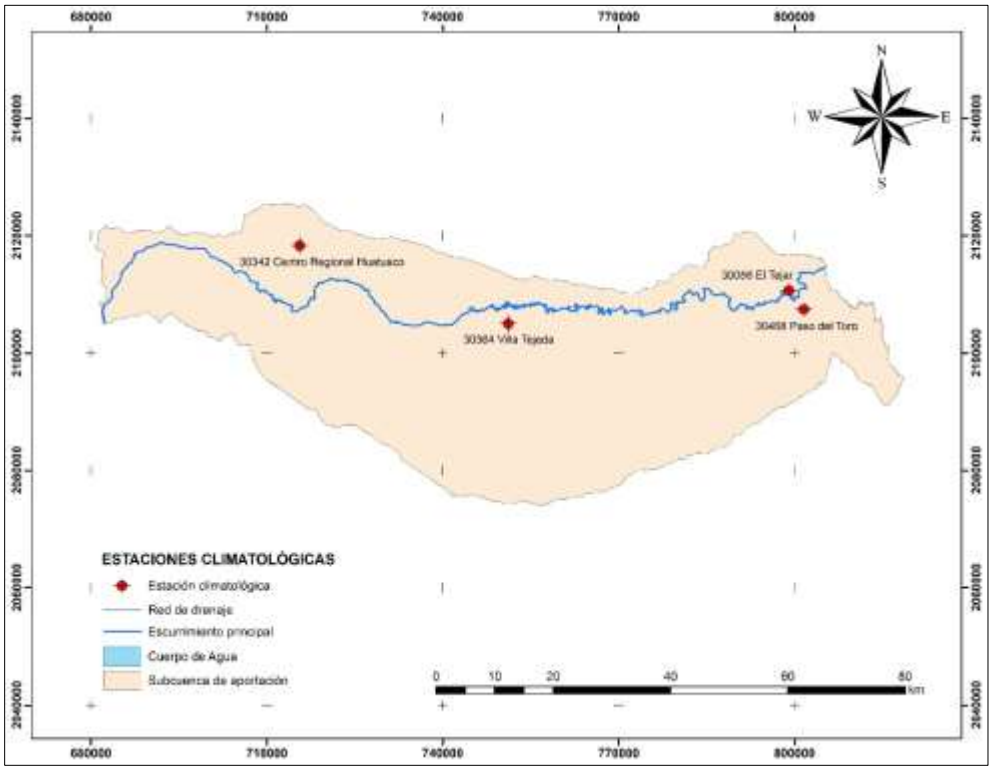


Ilustración 10. Ubicación geográfica de la estación climatológica 30056 El Tejar.

3.1.1.1 Tipo de Clima

La subcuenca de estudio presenta un clima muy húmedo. La temperatura las temperaturas mínimas promedio son de alrededor de 24°C en el mes de enero y las máximas promedio pueden ser mayores a 26°C durante el mes de julio.

Las lluvias se presentan en el verano, con un rango de precipitación de 1500 – 2000 mm. Por lo cual, el clima de la zona se clasifica como Cálido subhúmedo, con lluvias en verano.

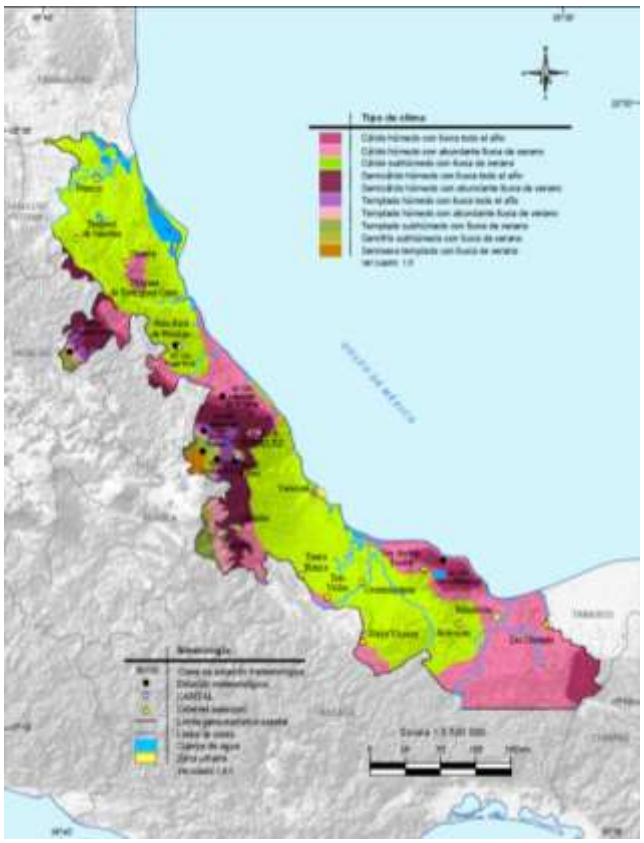


Ilustración 11. Climas de la región (INEGI).

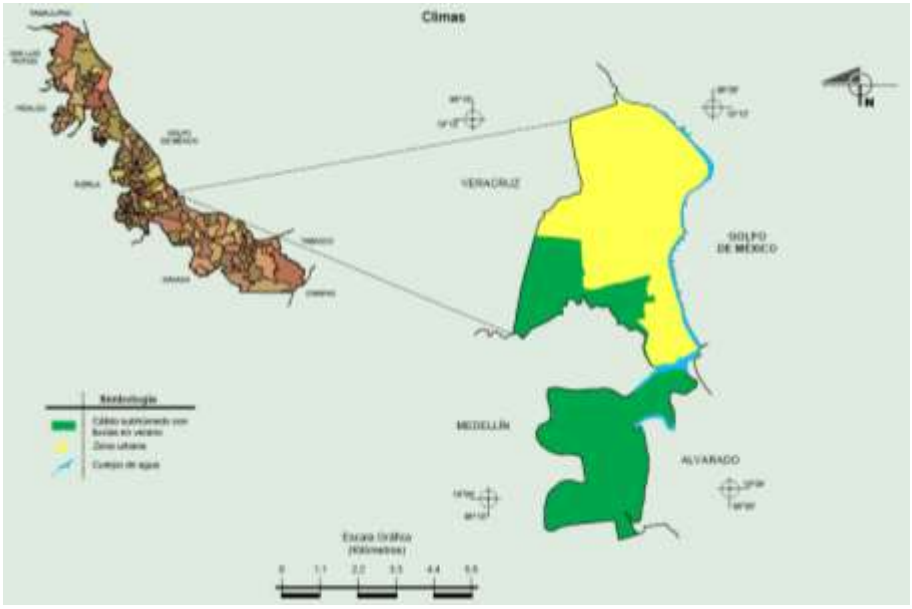


Ilustración 12. Mapa de climatología de Boca del Río, Veracruz.

3.1.1.2 Temperaturas

Las temperaturas extremas en la estación climatológica 30056 El Tejar, varían de 18.80°C a 31.20°C, correspondientes al mes de enero y al mes de abril, respectivamente, teniendo una temperatura media anual de 25.2°C, en los últimos 42 años relativos al periodo 1983-2025.

La temperatura máxima promedio anual resulta de 27.19°C, en tanto que la temperatura promedio anual mínima fue de 23.84°C, como puede observarse en la Tabla 4.

Adicionalmente en la Ilustración 13 se muestran gráficamente las temperaturas medias por mes.

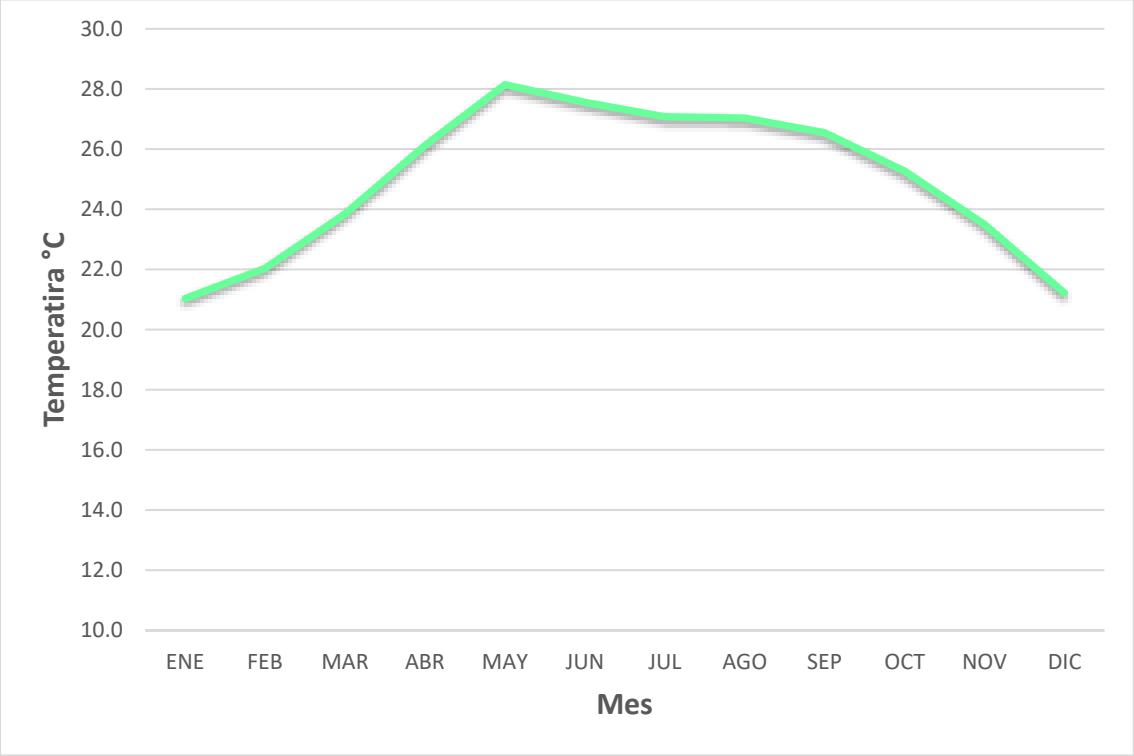


Ilustración 13. Gráfica de temperatura media mensual registrada en la estación 30056 El Tejar.

Tabla 4 Temperatura media mensual de la estación 30056 El Tejar.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1983	20.4	21.4	23.9	25.6	28.8	29.9	27.0	27.6	27.2	25.6	24.8	22.5	25.4
1984	20.2	21.5	23.8	27.0	28.0	27.0	26.6	26.4	26.5	27.2	23.8	23.0	25.1
1985	20.4	21.8	24.9	26.5	28.2	28.6	27.4	27.8	27.8	26.5	25.5	23.0	25.7
1986	20.4	23.7	23.5	26.9	28.6	28.6	26.1	26.7	26.0	24.9	24.0	20.9	25.0
1987	19.5	20.6	22.3	23.0	27.7	27.4	26.3	27.1	27.6	24.4	23.4	22.2	24.3
1988	20.60	20.60	22.90	26.00	27.50	27.70	27.40	27.20	26.70	24.90	24.50	21.60	24.8
1989	23.10	21.70	23.20	25.50	28.70	28.50	27.10	27.40	26.80	25.00	25.00	19.40	25.1

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1990	21.7	22.9	23.5	26.4	28.9	27.9	27.4	27.6	26.9	26.1	24.4	21.6	25.4
1991	22.6	21.9	25.7	28.1	30.3	29.0	27.9	28.1	27.2	26.1	23.1	22.6	26.1
1992	20.6	21.6	25.0	26.1	27.0	29.6	28.0	27.5	27.2	26.3	24.6	23.7	25.6
1993	22.8	23.4	24.2	27.1	28.5	28.4	28.4	28.0	28.2	26.8	24.6	22.6	26.1
1994	21.6	23.1	23.9	27.6	29.6	29.6	28.2	26.6	23.6	23.9	22.1	20.9	25.1
1995	19.1	20.1	21.8	25.2	29.1	28.4	26.6	27.0	26.8	25.9	23.8	22.3	24.7
1996	19.4	21.2	22.1	24.4	28.0	27.2	26.8	26.1	27.8	25.6	23.1	21.6	24.4
1997	20.6	21.4	21.9	25.9	26.3	28.0	26.6	27.0	26.6	25.0	24.0	20.2	24.5
1998	22.00	22.50	23.10	25.00	26.90	29.50	27.00	26.90	27.30	25.60	24.40	21.50	25.1
1999	20.7	21.8	24.0	26.8	28.5	27.7	25.9	26.4	25.4	24.0	22.0	20.6	24.5
2000	20.8	21.9	24.9	21.9	26.6	25.9	25.5	25.4	25.4	24.1	23.3	20.4	23.8
2001	20.5	22.6	23.2	25.9	25.8	27.0	26.4	25.9	26.4	24.4	23.2	21.1	24.4
2002	20.2	20.4	23.0	26.2	27.5	26.9	25.4	26.3	25.7	24.9	22.1	20.8	24.1
2003	19.4	22.0	24.0	24.4	28.7	28.0	26.5	27.0	26.8	25.5	23.0	19.6	24.6
2004	21.0	21.5	24.0	25.1	26.9	27.3	27.5	27.9	26.6	26.4	23.4	20.6	24.9
2005	20.9	21.6	23.4	25.1	27.6	28.6	27.6	27.2	27.2	25.5	22.2	21.4	24.9
2006	20.8	21.3	24.8	26.4	28.1	27.4	26.8	27.2	27.4	26.6	23.0	21.3	25.1
2007	21.1	21.4	24.4	26.8	28.0	28.5	28.3	27.4	26.9	25.1	23.2	22.4	25.3
2008	21.4	23.2	23.7	27.0	28.8	27.0	27.1	28.0	26.7	24.8	22.6	21.5	25.2
2009	21.0	22.0	24.0	26.6	28.8	28.6	28.0	27.5	27.3	26.7	23.0	21.7	25.4
2010	19.5	19.6	21.5	26.0	29.0	29.6	27.8	27.5	26.5	24.8	23.1	20.5	24.6
2011	21.4	21.2	24.5	28.6	29.4	29.0	27.1	27.9	27.0	25.0	23.4	21.1	25.5
2012	21.6	23.0	25.4	26.6	27.6	28.2	27.0	27.0	27.1	25.9	22.9	22.7	25.4
2013	21.3	23.4	23.0	26.6	28.0	28.1	28.0	27.5	27.1	26.6	23.4	21.9	25.4
2014	19.2	22.8	24.4	25.6	28.1	28.0	27.2	27.9	26.8	26.2	22.5	21.2	25.0
2015	20.3	20.4	22.6	27.1	28.4	25.8	26.4	26.8	26.1	24.8	24.1	23.1	24.7
2016	19.4	20.8	25.0	26.9	29.5	28.8	28.2	26.8	27.4	25.7	23.4	23.1	25.4
2017	21.4	23.6	23.0	26.4	28.6	28.8	27.9	28.9	27.4	26.1	25.1	21.0	25.7
2018	18.8	22.9	24.0	26.9	28.8	28.9	28.9	28.2	28.8	27.4	25.5	23.3	26.0
2019	23.2	24.5	25.4	27.1	31.2	29.6	29.0	29.8	28.8	27.8	25.5	24.4	27.2
2020	24.4	24.2	27.4	30.4	28.8	28.8	29.9	28.9	27.6	26.2	25.0	21.2	26.9
2021	18.5	19.5	21.2	23.3	25.1	25.0	24.1	23.4	22.8	21.7	20.2	18.2	21.9
2022	18.5	19.5	21.2	23.3	25.1	25.0	24.1	23.4	22.8	21.7	20.2	18.2	21.9
2023	23.1	23.0	26.1	28.0	29.4	30.3	28.2	28.7	28.4	26.9	24.4	23.0	26.6
2024	28.4	25.9	25.0	23.6	25.7	4.0	24.1	23.4	22.8	21.7	20.2	18.2	21.9
PROMEDIO	**21.03**	**22.03**	**23.84**	**26.12**	**28.14**	**27.56**	**27.08**	**27.04**	**26.55**	**25.27**	**23.50**	**21.21**	**24.97**

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
MÁXIMAS	**28.40**	**25.90**	**27.40**	**30.40**	**31.20**	**30.30**	**29.90**	**29.80**	**28.80**	**27.80**	**25.50**	**24.40**	**27.19**
MÍNIMAS	**18.53**	**19.50**	**21.18**	**21.90**	**25.08**	**4.00**	**24.10**	**23.40**	**22.50**	**21.20**	**20.17**	**10.00**	**21.91**

Tabla 5. Temperaturas medias mensuales (°C).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
El Tejar	21.0	22.0	23.8	26.1	28.1	27.6	27.1	27.0	26.5	25.3	23.5	21.2	25.0

3.1.1.3 Precipitación

Las precipitaciones promedio mensuales acumuladas de la estación 30056 El Tejar se muestran en la Ilustración 14, los datos indican que se tiene una precipitación media anual de 489.24 mm.

Las estaciones climatológicas cercanas al sitio de estudio en el municipio de Boca del Río se muestran en la Tabla 3 y la Ilustración 10. De las estaciones climatológicas, se seleccionaron las más actualizadas y completas en cuanto a la cantidad de datos registrados. Sin embargo, como se podrá observar más adelante, los datos de precipitación se utilizaron para calcular gastos máximos en la cuenca no aforada. Y en este sentido, la única estación actualizada y completa que se ubica dentro de dicha cuenca es la estación 30056 El Tejar.

Tabla 6 Precipitación media mensual acumulada (mm) de la estación 30056 El Tejar.

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
El Tejar	14.3	23.9	30.3	45.0	75.6	148.9	226.5	303.9	377.7	437.8	466.0	480.9

Precipitación Total Mensual (Milímetros).

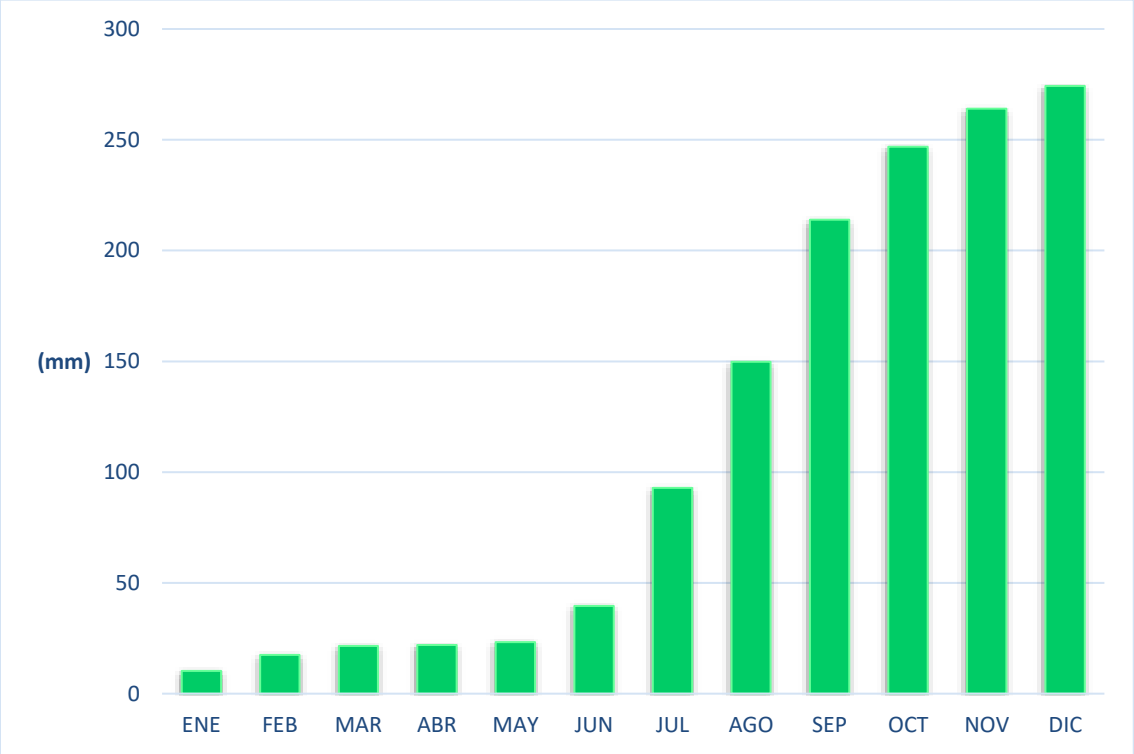


Ilustración 14. Precipitación máxima anual acumulada (mm) estación 30056 El Tejar.

Las estadísticas de precipitación de la estación climatológica 30056 El Tejar, correspondientes al periodo 1983-2025, señalan una precipitación máxima anual de 489.24 mm, con un valor promedio máximo mensual de 357.00 mm, en el mes de octubre y el periodo de estiaje comprende los meses de enero a junio con lluvias escasas, lo cual se puede observar a continuación en la Tabla 7.

Tabla 7 Precipitación máxima anual (mm) estación 30056 El Tejar.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1983	10.2	2.8	4.0	0.5	10.0	17.0	118.0	61.9	54.5	65.5	55.5	12.8	412.7
1984	9.0	2.3	23.0	0.0	140.1	180.0	107.0	66.5	97.0	43.8	15.0	80.0	763.7
1985	0.0	2.0	1.0	26.8	21.2	66.5	211.5	69.0	32.4	74.0	16.0	3.3	523.7
1986	1.4	6.8	15.4	5.0	28.0	40.1	75.0	83.0	55.0	27.5	29.4	4.0	370.6
1987	0.0	1.7	6.5	10.0	12.3	42.0	123.0	31.0	53.0	14.0	21.0	10.5	325.0
1988	5.50	1.00	9.50	26.40	5.80	122.00	39.50	118.50	63.20	81.50	0.40	8.00	481.3
1989	0.80	40.50	0.00	37.00	70.50	88.00	120.00	34.00	48.50	21.50	30.50	6.50	497.8
1990	7.5	35.0	0.8	41.5	11.5	53.3	52.5	73.0	73.0	42.0	6.7	0.0	396.8
1991	28.0	4.5	4.0	8.5	4.3	134.0	70.0	69.0	142.0	32.5	23.0	132.5	652.3
1992	29.0	6.0	3.8	24.8	63.0	90.0	78.0	201.0	109.0	37.0	26.5	21.0	689.1

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1993	5.0	2.2	0.0	13.0	17.5	77.0	50.5	64.0	66.0	9.0	7.5	7.5	319.2
1994	22.0	8.0	0.0	0.0	30.0	45.0	34.0	64.0	60.0	19.0	132.0	25.0	439.0
1995	7.0	36.5	13.5	4.5	20.0	26.0	57.5	134.0	61.0	58.0	29.5	13.0	460.5
1996	0.0	1.0	3.5	0.0	50.5	34.0	56.0	129.0	47.0	14.3	14.3	23.0	372.6
1997	20.0	0.0	13.5	5.8	61.0	44.5	60.0	42.8	113.0	102.0	9.6	5.5	477.7
1998	6.20	7.80	15.10	81.00	0.00	32.70	60.00	52.80	112.20	66.00	66.50	20.70	521.0
1999	9.2	10.5	0.8	0.3	17.3	52.0	133.5	101.2	109.0	38.2	36.0	6.4	514.4
2000	38.8	7.0	0.0	7.0	86.5	60.0	60.0	55.0	111.5	25.3	15.1	7.3	473.5
2001	1.0	4.3	6.0	68.5	29.2	57.3	35.0	95.0	61.7	128.2	12.5	7.0	505.7
2002	0.2	0.3	0.0	2.6	0.0	122.0	108.0	80.0	29.5	36.0	57.0	1.2	436.8
2003	40.0	0.3	0.0	3.1	23.0	75.0	81.5	64.5	121.5	76.2	27.0	7.5	519.6
2004	8.2	1.6	9.5	9.8	22.5	69.0	68.0	85.5	55.0	109.8	0.7	1.3	440.9
2005	27.7	1.2	5.7	13.6	20.4	151.0	57.0	64.0	108.0	357.0	33.3	4.2	843.1
2006	9.3	24.0	1.1	32.0	9.5	68.5	156.7	52.3	86.0	48.5	39.0	11.7	538.6
2007	14.6	33.5	0.0	2.0	74.5	46.0	38.0	108.0	60.0	64.8	23.6	35.0	500.0
2008	15.8	0.0	13.8	38.5	35.3	157.0	88.6	82.0	101.3	27.5	22.8	6.0	588.6
2009	17.0	44.0	0.0	3.2	41.0	72.0	84.5	80.0	87.5	140.0	3.2	7.8	580.2
2010	2.6	12.0	1.5	28.0	6.2	45.0	42.5	84.0	175.5	7.0	9.5	0.0	413.8
2011	15.2	0.0	0.0	0.0	7.2	63.0	87.5	64.5	26.2	5.2	125.0	29.7	423.5
2012	26.2	4.2	2.5	13.5	86.0	83.0	65.0	120.0	95.0	34.5	26.0	0.4	556.3
2013	17.5	10.4	11.5	1.5	31.0	70.0	59.0	230.5	53.0	41.0	19.6	0.5	545.5
2014	0.5	0.7	1.5	0.0	50.8	52.0	34.0	24.0	153.0	35.5	13.0	33.0	398.0
2015	6.7	0.2	22.9	19.5	12.0	62.0	47.5	70.0	34.0	90.2	22.5	0.0	387.5
2016	21.5	6.0	1.5	0.6	11.5	52.2	71.5	86.6	60.0	44.2	0.0	16.5	372.1
2017	0.0	9.0	38.0	11.2	40.0	63.5	61.7	31.1	45.5	86.0	51.5	20.0	457.5
2018	12.2	24.5	1.5	54.9	26.5	85.0	60.5	69.5	31.0	34.0	2.5	9.3	411.4
2019	9.5	0.7	0.0	2.0	31.0	58.0	66.4	29.6	37.0	16.0	49.9	20.2	320.3
2020	39.5	23.0	9.6	6.8	14.0	144.0	32.8	74.8	57.6	55.5	25.8	0.0	483.4
2021	25.3	16.8	21.6	0.0	49.4	56.4	138.0	48.7	76.8	64.5	62.7	0.0	560.2
2022	23.8	0.0	0.6	11.2	46.3	63.9	59.5	52.3	72.6	45.8	14.0	9.3	399.3
2023	2.8	5.7	0.0	7.5	0.0	102.3	81.9	110.4	85.5	61.0	1.9	25.5	484.5
2024	42.0	3.3	2.7	8.7	0.0	55.5	208.0	71.5	50.4	205.9	36.8	5.6	690.4
Promedio	**14.28**	**9.64**	**6.38**	**14.67**	**30.64**	**73.24**	**77.65**	**77.41**	**73.74**	**60.13**	**28.24**	**15.21**	**489.24**
Máximas	**42.00**	**44.00**	**38.00**	**81.00**	**140.10**	**180.00**	**211.50**	**230.50**	**175.50**	**357.00**	**132.00**	**132.50**	**843.10**
Mínimas	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**17.00**	**32.80**	**24.00**	**26.20**	**5.20**	**0.00**	**0.00**	**129.70**

3.1.1.4 Lluvia Máxima en 24 Horas

En lo referente a la ocurrencia de este fenómeno, se tiene registrado que se presentó con mayor frecuencia durante la época de lluvias a lo largo del período 1983-2025 de la estación 30056 El Tejar. Se presentaron valores extremos registrados en lapsos de 24 horas en: octubre de 2005 y agosto 2013 con una precipitación de 357.0 y 230.50 milímetros, respectivamente.

3.1.1.5 Evaporación

Las evaporaciones que se tienen en la estación climatológica de la zona de estudio, superan los 1200 mm, acumulados en el año, variando en el año desde 63.21 mm a 131.72 mm en promedio mensual.

En el caso específico de la estación 30056 El Tejar, la evaporación media anual es de 1224.35 mm, presentándose la evaporación mensual máxima en el mes de mayo con 189.38 mm y la evaporación mínima de 0.00 mm, en el mes de noviembre, según se observa en la Tabla 8:

Tabla 8 Evaporación mensual (mm) estación 30056 El Tejar.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1983	89.6	83.6	139.9	149.5	165.2	189.2	145.4	154.9	128.2	110.4	82.7	89.1	1527.7
1984	68.2	97.9	137.5	178.7	180.0	131.9	134.5	144.3	119.7	133.8	91.4	96.9	1514.8
1985	94.8	94.2	157.6	163.8	188.8	172.4	138.0	156.1	149.1	134.9	111.5	91.7	1652.9
1986	114.3	118.2	130.6	169.4	163.8	114.5	161.7	151.6	106.1	119.7	117.8	68.8	1536.5
1987	100.3	99.8	107.7	131.4	167.4	143.7	138.4	129.7	133.1	118.3	89.0	84.0	1442.8
1988	90.80	106.10	137.50	162.50	170.30	161.30	137.10	126.30	121.40	114.10	109.50	80.50	1517.4
1989	102.10	109.10	156.30	169.00	179.70	161.50	135.70	139.50	118.30	140.70	98.70	71.10	1581.7
1990	79.7	114.1	131.0	154.2	186.7	164.5	159.3	142.5	111.4	105.8	104.7	104.6	1558.4
1991	133.7	106.0	159.8	156.1	189.4	148.0	140.9	146.0	124.2	100.9	82.8	72.4	1560.2
1992	60.9	70.9	107.3	124.7	137.8	140.0	139.8	127.7	109.8	133.8	82.7	88.1	1323.5
1993	88.1	100.3	122.9	151.1	155.9	139.7	141.1	135.6	119.2	123.0	92.1	87.1	1456.0
1994	107.9	96.7	122.4	143.8	174.1	156.5	155.8	124.0	102.2	103.9	88.7	66.8	1442.7
1995	64.5	88.4	102.3	139.9	156.2	157.5	132.9	129.4	101.9	95.9	97.7	61.8	1328.2
1996	91.3	84.2	137.8	161.2	188.0	156.4	164.4	143.9	109.6	102.4	76.8	78.2	1494.1
1997	80.2	93.8	102.3	145.5	153.2	172.7	161.9	154.9	128.9	120.5	82.5	75.7	1472.1
1998	82.78	97.65	108.65	133.22	142.08	173.65	137.36	135.01	100.29	94.38	80.23	69.02	1354.3
1999	85.5	86.2	135.5	152.9	185.1	173.5	147.7	136.1	119.6	100.4	79.0	62.9	1464.4
2000	80.4	87.7	125.7	87.7	165.1	141.5	164.5	135.4	120.1	89.6	73.5	58.8	1329.9
2001	69.3	85.9	103.4	131.0	126.8	152.2	145.7	117.9	90.8	80.2	53.3	48.3	1204.9
2002	58.1	88.4	141.6	155.7	170.0	144.0	137.7	111.6	94.8	77.5	58.0	53.3	1290.6
2003	54.2	65.9	109.4	123.3	155.2	130.2	126.8	105.7	96.1	71.0	51.7	57.2	1146.7
2004	45.8	59.8	84.9	110.4	132.9	108.0	125.0	115.2	71.1	54.9	49.3	52.7	1009.9
2005	47.0	40.5	81.7	125.8	109.2	121.0	99.4	84.7	110.0	113.7	44.2	37.8	1015.0

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
2006	49.3	58.8	75.1	110.0	129.1	138.6	144.0	111.7	71.3	66.0	50.1	39.1	1043.1
2007	49.9	43.5	67.7	92.4	119.6	130.6	112.1	84.9	59.6	60.8	44.6	43.2	908.6
2008	50.6	65.5	82.3	112.1	145.4	119.6	122.4	88.5	60.2	54.5	50.4	52.2	1003.7
2009	57.3	58.9	84.2	121.2	143.2	139.4	146.0	138.7	104.4	67.4	64.7	47.9	1173.2
2010	48.6	51.1	80.5	90.0	140.9	151.0	112.1	98.7	84.9	83.5	74.1	66.4	1081.7
2011	65.2	67.3	94.5	131.0	142.1	162.3	111.1	88.2	77.5	88.1	61.6	56.0	1144.8
2012	56.5	63.0	99.0	118.5	127.3	130.4	114.6	101.2	93.6	64.7	47.6	50.1	1066.4
2013	59.8	70.4	85.3	113.6	128.5	131.0	115.3	104.1	77.1	75.1	59.5	73.7	1093.5
2014	56.5	49.5	80.8	112.1	139.9	108.9	110.9	89.5	84.4	79.5	56.0	49.8	1017.7
2015	44.5	51.3	57.7	104.3	115.2	120.1	120.7	91.0	67.7	80.0	54.1	59.0	965.5
2016	59.6	48.0	77.9	106.3	121.6	125.8	92.1	96.9	81.0	71.5	0.0	49.4	930.1
2017	67.2	53.9	76.1	97.6	109.3	117.4	104.1	98.6	96.1	79.0	51.3	48.5	999.0
2018	67.3	54.5	86.2	87.6	107.6	120.0	107.2	106.3	73.7	60.5	67.7	71.0	1009.5
2019	76.1	85.3	89.8	121.5	127.5	82.3	118.6	97.9	96.9	82.6	86.8	71.7	1136.9
2020	92.0	85.6	98.5	122.8	123.4	134.0	126.4	125.4	99.2	100.9	106.2	81.2	1295.5
2021	73.1	79.8	109.0	122.7	154.1	101.6	105.2	100.3	83.4	91.8	76.8	48.9	1146.6
2022	68.5	73.5	96.0	127.2	132.8	105.1	93.1	97.1	95.6	84.9	60.2	62.1	1096.0
2023	75.9	93.8	101.0	118.1	115.7	92.2	110.1	90.5	78.2	83.2	67.1	60.6	1086.4
Promedio	**73.35**	**78.76**	**106.95**	**129.99**	**147.95**	**138.15**	**130.16**	**118.47**	**99.29**	**93.01**	**74.14**	**65.55**	**1255.76**
Máximas	**133.70**	**118.20**	**159.76**	**178.70**	**189.38**	**189.20**	**164.48**	**156.10**	**149.10**	**140.70**	**117.80**	**104.60**	**1652.90**
Mínimas	**44.54**	**40.53**	**57.65**	**87.59**	**107.63**	**82.33**	**92.13**	**84.66**	**59.62**	**54.48**	**0.00**	**37.76**	**908.63**

3.1.2 Asignación de periodo de retorno al evento de diseño.

Periodo de retorno T de un evento hidrológico de magnitud (Y) se define como el intervalo medio de tiempo dentro del cual ese evento puede ser igualado o excedido una vez en promedio. Si un evento igual o mayor a Y ocurre una vez en T años, su probabilidad de correncia P(Y) es igual a 1 en T casos, o sea que:

$$T=\frac{1}{P(Y)}$$ *Ecuación 3*

La definición anterior permite el siguiente desglose de relaciones de probabilidades:

La probabilidad de que Y ocurra en cualquier año:

$$P(Y)=\frac{1}{T}$$ *Ecuación 4*

La probabilidad de que Y no ocurra en cualquier año:

$$P(Y)=1-P(Y)=1-\frac{1}{T}$$ *Ecuación 5*

La probabilidad de que Y no ocurra en n años sucesivos:

$$P(Y)^n=\left(1-\frac{1}{T}\right)^n$$ *Ecuación 6*

La probabilidad conocida como de ocurriera o Riesgo R, de qué Y ocurra al menos una vez en n años.

$$R=1-\left(1-\frac{1}{T}\right)^n$$ *Ecuación 7*

Si se considera que n sea la vida de diseño operacional de una obra, la Ecuación 8 permite determinar a partir de la asignación de un cierto riesgo de que la obra falle, el periodo de retorno de la misma, es decir:

$$T=\frac{1}{1-(1-R)^{1/n}}$$ *Ecuación 8*

En la Tabla 9 se indican los periodos de retorno correspondientes a diversos niveles de riesgo y perdidas de diseño.

Tabla 9 Periodos de retorno a diferentes niveles de riesgo.

RIESGO	**VIDA DE DISEÑO ESPERADA EN AÑOS**							
%	**2**	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**	**50**	**100**
95	1.29	2.22	3.86	5.52	7.18	8.9	17.2	33.9
90	1.46	2.71	4.86	7.03	9.19	11.4	22.2	43.9
75	2.00	4.13	7.73	11.0	14.9	18.6	36.6	72.6
50	3.41	7.73	14.9	21.1	29.4	36.6	72.6	145.0
40	4.44	10.3	20.1	29.9	39.7	49.5	98.4	196.3
30	6.12	14.5	28.5	42.6	56.5	70.6	140.7	281.0
25	7.46	17.9	35.3	52.6	70.0	87.3	174.0	348.0
20	9.47	22.9	45.3	67.7	90.1	113.0	225.0	449.0
15	12.8	31.3	62.0	90.8	123.6	154.3	308.0	616.0
10	19.5	48.0	95.4	142.9	190.0	238.0	475.0	950.0

RIESGO	VIDA DE DISEÑO ESPERADA EN AÑOS							
5	39.5	98.0	195.0	292.9	390.0	488.0	975.0	1950.0
2	99.0	248.0	495.0	743.0	990.0	1238.0	2476.0	4951.0
1	199.3	498.0	995.0	1492.0	1990.0	2448.0	4977.0	9953.0

De lo anterior se tiene que la asignación de un periodo de retorno a un evento hidrológico para realizar el diseño de una obra, si se acepta que la vida de diseño es constante, es función directa del riesgo que se tenga durante su vida operacional, de que se presente un evento mayor al de diseño.

Para cuantificar la probabilidad de ocurrencia o riesgo de que se presente en una obra hidráulica un evento mayor al de diseño, se requiere tener en cuenta:

- Costo de la obra.
- Daños que pueden tenerse al presentarse una falla.
- Costo de mantenimiento.
- Inconvenientes y perjuicios en el caso de falla.
- Riesgo de vidas humanas.

De ser factible cuantificar los daños que se pueden ocasionar tanto humanos como materiales, el periodo de retorno asignado a un evento para el diseño de una hidráulica se puede realizar a partir de un análisis económico entre el costo de la obra y el costo de los daños por falla de la misma.

Usualmente lo anterior, es difícil de hacer por lo que es común utilizar para la selección del evento de diseño periodos de retorno o criterios preestablecidos.

4 ANÁLISIS HIDROLÓGICO.

Existe una gran cantidad de métodos para determinar la avenida de diseño basándose en modelos de relación lluvia-escurrimiento, los cuales, generalmente se dividen en métodos empíricos y métodos estadísticos.

a) Hidrométrico–estadístico (con caudales medidos): Se parte de registros de gasto en estaciones hidrométricas y se ajustan distribuciones (Gumbel, Log-Pearson III, GEV) para estimar gastos máximos de diseño.

b) Hidrológico lluvia–escurrimiento (determinístico): Se parte de una lluvia de diseño (IDF/hietograma obtenido con métodos como Chen o Bell) y se transforma a hidrograma usando un modelo de cuenca: **Fórmula Racional, PMP.**

c) Empírico–regional (sin caudales locales suficientes): Curvas envolventes/regresiones regionales que relacionan Qp con área y rasgos físicos: p. ej., Envolventes de Creager y Lowry, u otras regresiones regionales. Son útiles como primera aproximación con alta incertidumbre.

4.1 Envolvente de Lowry

Lowry, obtuvo datos sobre avenidas máximas registradas en diferentes cuencas del mundo y formó una gráfica en la que relacionó el área de cada cuenca Ac, con el gasto por unidad de área q. En tal gráfica, Lowry trazó la envolvente cuya ecuación resultó:

Ecuación 9

$$q = \frac{Cl}{(Ac + 259)^{0.85}}$$

Donde:

q = Gasto máximo por unidad de área ($m^3/s/km^2$).

Ac = Área de la cuenca (km^2).

Cl = Coeficiente de Lowry, que depende de la región.

Tabla 10. Valores del coeficiente de Lowry (Cl) y Creager (Cc).

Región hidrológica		Parámetros de las envolventes	
		Creager Cc	Lowry Cl
1	Baja California noroeste (Ensenada).	15	500
2	Baja California centro (El Vizcaíno).	Datos insuficientes	
3	Baja California suroeste (Magdalena).	Datos insuficientes	
4	Baja California noreste (Laguna Salada).	Datos insuficientes	
5	Baja California centro este (Sta. Rosalía).	Datos insuficientes	
6	Baja California sureste (La Paz).	Datos insuficientes	
7	Río Colorado.	Datos insuficientes	
8	Sonora norte.	18	700

Región hidrológica		Parámetros de las envolventes	
		Creager Cc	Lowry Cl
9	Sonora sur.	35	1,800
10	Sinaloa.	130	4,700
11	Presidio San Pedro.	115	4,500
12	Lerma-Santiago.	30	1,500
13	Huicicila.	60	2,300
14	Ameca.	60	2,300
15	Costa de Jalisco.	60	2,300
16	Armería-Coahuayana.	120	5,300
17	Costa de Michoacán.	Datos insuficientes	
18	Balsas.	70	2,400
19	Costa Grande de Guerrero.	180	5,600
20	Costa Chica Río Verde.	60	2,200
21	Costa de Oaxaca.	85	2,456
22	Tehuantepec.	85	2,456
23	Costa de Chiapas.	85	2,456
24	Bravo.	50	2,000
25	San Fernando Soto La Marina.	100	3,000
26	Pánuco.	75	2,500
27	Tuxpan-Nautla.	70	2,300
28	Papaloapan.	100	2,600
29	Coatzacoalcos.	50	2,200
30	Grijalva-Usumacinta.	250	7,200
31	Yucatán Oeste (Campeche).	Datos insuficientes	
32	Yucatán Norte (Yucatán).	Datos insuficientes	
33	Yucatán Este (Quintana Roo).	Datos insuficientes	
34	Cuencas cerradas del Norte.	Datos insuficientes	
35	Mapirni.	Datos insuficientes	
36	Nazas-Agua Naval.	15	600
37	El Salado.	Datos insuficientes	



Ilustración 15. Regiones hidrológicas de la República Mexicana.

A continuación, se presenta el procedimiento para obtener el gasto máximo en la subcuenca del río Jamapa de acuerdo a la envolvente mundial y a la regionalización de la República Mexicana.

Datos:

Área de la subcuenca (Ac) = 3,870.57 km^2.

Región hidrológica = RH28 Papaloapan.

Coeficiente de Lowry para la envolvente mundial (Cl) = 3,500.

Coeficiente de Lowry para la envolvente regional (Cl) = 2,600.

a) De acuerdo a la envolvente mundial:

$$q = \frac{3{,}500}{(3{,}870.57 + 259)^{0.85}}$$

$$q = 2.95\ m^3/s/km^2$$

$$Q = q \cdot Ac$$

$$Q = (2.95)\ (3{,}870.57)$$

$$\mathbf{Q = 11{,}437.31\ m^3/s}$$

b) De acuerdo a la regionalización de la República Mexicana:

$$q = \frac{2{,}600}{(3{,}870.57 + 259)^{0.85}}$$
$$q = 2.20\ m^3/s/km^2$$
$$Q = q \cdot Ac$$
$$Q = (2.20)\ (3{,}870.57)$$
$$\mathbf{Q = 8{,}496.29\ m^3/s}$$

4.2 Envolvente de Creager

Creager al igual que Lowry desarrolló una gráfica que relaciona el área de la cuenca con el gasto por unidad de área, resultando la ecuación de la envolvente.

Ecuación 10

$$q = 1.303 \cdot Cc \cdot (0.386 \cdot Ac)^{\alpha} \cdot Ac^{-1}$$

Ecuación 11

$$\alpha = 0.936/Ac^{0.048}$$

Donde:

q = Gasto máximo por unidad de área ($m^3/s/km^2$).

Ac = Área de la cuenca (km^2).

α = Parámetro empírico.

Cc = Coeficiente de Creager, que depende de la región.

A continuación, se presenta el procedimiento para obtener el gasto máximo en la subcuenca del río Jamapa de acuerdo a la envolvente mundial y a la regionalización de la República Mexicana.

Datos:

Área de la microcuenca a (Ac) = 3,870.57 km^2.

Región hidrológica = RH28 Papaloapan.

Coeficiente de Creager para la envolvente mundial (Cc) = 100.

Coeficiente de Creager para la envolvente regional (Cc) = 100.

a) De acuerdo a la envolvente mundial y regional:

$$\alpha = 0.936/3{,}870.57^{0.048}$$
$$\alpha = 0.630$$
$$q = 1.303 \cdot 100 \cdot \ (0.386 \cdot 3{,}870.57)^{0.630} \cdot (3{,}870.57)^{-1}$$
$$q = 3.36\ m^3/s/km^2$$

$$Q = q \cdot Ac$$
$$Q = 3.36 \cdot 3{,}870.57$$
$$\mathbf{Q = 12{,}987.14\ m^3/s}$$

4.3 Análisis hidrológico de cuencas aforadas

En el análisis hidrológico de las diferentes subcuencas de aportación a la zona de estudio, representa una gran ventaja contar con el registro histórico de estaciones hidrométricas en los escurrimientos analizados, ya que son estimaciones directas de los gastos máximos que pueden presentarse en dichos escurrimientos para diferentes periodos de análisis y, por lo tanto, sus cuencas de aportación se consideran aforadas.

En este proyecto, se tienen dos estaciones hidrométricas en los escurrimientos Jamapa y Cotaxtla, antes de su confluencia hacia la zona de estudio (Ilustración 16).

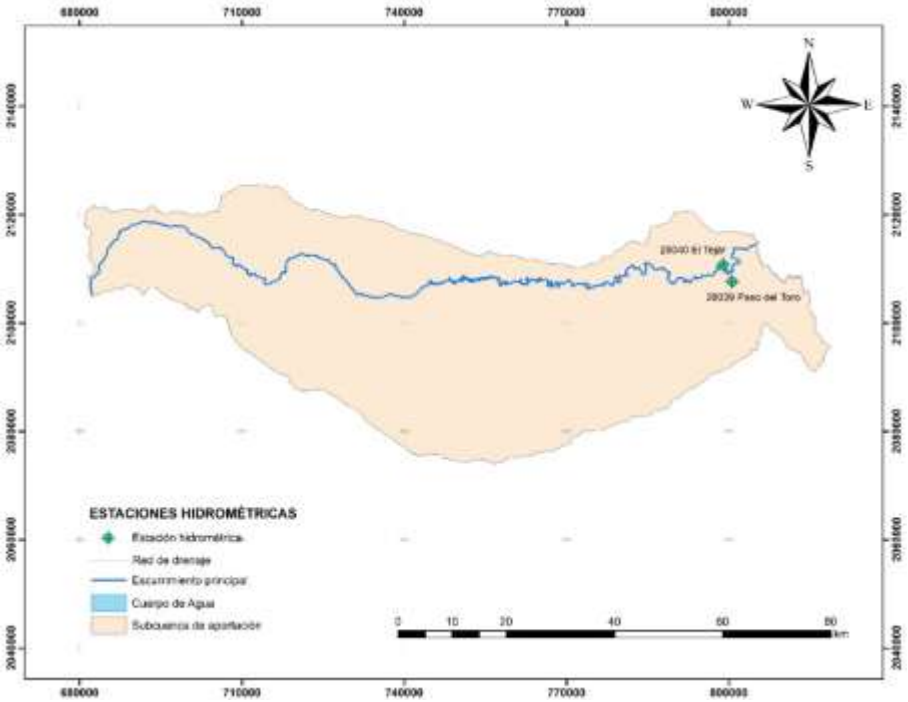


Ilustración 16. Estaciones hidrométricas ubicadas en la Subcuenca de análisis

Por lo tanto, la estimación de los gastos máximos para los diferentes periodos de retorno en la zona de estudio se realizará en dos partes: en primer lugar, se realizarán los cálculos estadísticos a partir de los registros directos de las estaciones hidrométricas (cuencas aforadas), para posteriormente complementarlos con un análisis de lluvia-escurrimiento en la parte final del río Jamapa, en la cuenca no aforada. En el cálculo estadístico para estimar los gastos máximos en las cuencas aforadas se utilizará el Método de Gumbel. Mientras que en el cálculo de los gastos máximos para la cuenca no aforada se utilizarán los métodos de la Fórmula Racional y Precipitación Máxima Probable (P.M.P).

Las estaciones hidrométricas que se ubican sobre el río Jamapa y el río Cotaxtla son “El Tejar” y “Paso del Toro”, respectivamente (Ilustración 16).

A continuación, se describe el método de Gumbel, como uno de los métodos más usuales en el cálculo de avenidas máximas, el cual está en función de diversos parámetros estadísticos de la serie como son: media aritmética, desviación estándar, etc.

4.3.1 Método de Gumbel.

Este método se enfoca básicamente al procedimiento de los escurrimientos sin tomar en cuenta las lluvias. Para obtener la avenida máxima de diseño se procede de la siguiente manera: se ordenan los gastos máximos anuales en forma decreciente y se procede a deducir el periodo de retorno correspondiente de acuerdo con la ecuación de Weibull:

Ecuación 12

$$Tr = \frac{n+1}{m}$$

Donde:

m: número de orden del gasto máximo anual en el análisis.

n: número de años de registro.

T: Periodo de retorno correspondiente, años.

Una vez obtenido el periodo de retorno se procede a graficar los gastos máximos anuales contra los periodos de retorno en el papel de probabilidades de Gumbel, así, de esta manera se puede apreciar observando la tendencia de los datos, sí son de una sola población o de dos. Si los datos son de una sola población todos los puntos tienden a agruparse sobre una sola línea recta.

La distribución de frecuencias tipo I propuesta por Gumbel se basa en el tamaño de la muestra y en sus propiedades estadísticas, como son su media y su desviación estándar.

La media se valúa como:

Ecuación 13

$$\overline{Y} = \frac{\sum_{i=l}^{n} Yi}{n}$$

Donde:

n: tamaño de la muestra.

Yi: gasto máximo anual, m^3/seg.

Y: media de los gastos máximos anuales, m^3/seg.

Por otra parte, la desviación estándar de la muestra se cuantifica de acuerdo con la expresión:

Ecuación 14

$$SY = \sqrt{\frac{\sum_{i=l}^{n} (Yi - \overline{y})^2}{n-1}}$$

De acuerdo con esto la distribución se expresa como:

Ecuación 15

$$Y = \overline{Y} - \frac{SY}{\nabla n}\left[Yn + LnLn\frac{Tr}{Tr-1} \right]$$

Donde:

Tr: Periodo de retorno de diseño asignado al evento para el cual se desea obtener el gasto máximo, años.

Y: gasto máximo relacionado con Tr, m^3/seg.

Ȳ: media de los gastos máximos anuales registrados m^3/seg.

SY: desviación estándar de los gastos máximos anuales.

∇n,Yn: parámetros en función del tamaño de la muestra n; los valores se muestran en la Tabla 11

Para calcular el intervalo de confianza, es decir, aquel dentro del cual puede variar el gasto máximo dependiendo del registro disponible, se hace lo siguiente:

Se calcula un valor de Φ con la siguiente expresión:

Ecuación 16

$$\Phi = 1 - \frac{1}{Tr}$$

Sí Φ varía entre 0.2 y 0.8, el intervalo de confianza se calcula con la fórmula:

Ecuación 17

$$\nabla Q = \pm Yn \frac{Sy}{\nabla n \sqrt{N}}$$

Donde:

∇n,Yn: parámetros de función del tamaño de la muestra n; los valores se muestran en la Tabla 11

N: número de años de registro.

Sy: desviación estándar de los gastos.

Tabla 11. Valores de ∇n, Yn

N	∇n	Yn	N	∇n	Yn
8	0.90430	0.48430	49	1.15900	0.54810
9	0.92880	0.49200	50	1.16066	0.54854
10	0.94970	0.49520	51	1.16230	0.54890
11	0.96760	0.49960	52	1.16380	0.54930
12	0.98330	0.50350	53	1.16670	0.54970
13	0.99720	0.50700	54	1.16670	0.55010
14	1.00950	0.51000	55	1.16810	0.55040
15	0.02057	0.51280	56	1.16960	0.55080
16	1.03160	0.51570	57	1.17088	0.55110
17	0.04110	0.51810	58	1.17210	0.55150
18	1.04930	0.52020	59	1.17340	0.55180
19	0.05660	0.52200	60	1.17467	0.55208
20	1.06283	0.52355	62	1.17700	0.55270
21	0.06960	0.52520	64	1.17930	0.55330
22	0.07540	1.52680	66	1.18140	0.55380
23	0.08110	0.52830	68	1.18340	0.55430
24	1.08640	0.52960	70	1.18536	0.55477
25	1.09145	0.53086	72	1.18730	0.55520
26	1.09610	0.53200	74	1.18900	0.55570
27	1.10040	0.53320	76	1.18060	0.55610
28	1.10470	0.53430	78	1.15230	0.55650
29	1.10860	0.53530	80	1.19382	0.55680
30	1.11238	0.53622	82	1.19530	0.55720
31	1.11590	0.53710	84	1.19670	0.55760

N	∇n	Yn	N	∇n	Yn
32	1.11930	0.53800	86	1.19800	0.55800
33	1.12260	0.53880	88	1.19940	0.55830
34	1.12550	0.53960	90	1.20073	0.55860
35	1.12847	0.54034	92	1.20200	0.55890
36	1.13130	0.54100	94	1.20320	0.55920
37	1.13390	0.54180	96	1.20440	0.55950
38	1.13630	0.54240	98	1.20550	0.55980
39	1.13880	0.54300	100	1.20649	0.56002
40	1.14132	0.54362	150	1.22534	0.56461
41	1.14360	0.54320	200	1.23598	0.56715
42	1.14280	0.54480	250	1.24292	0.56878
43	1.14800	0.54530	300	1.24786	0.56993
44	1.14990	0.54580	400	1.25450	0.57144
45	1.15185	0.54630	500	1.25880	0.57240
46	1.15380	0.54680	750	1.26506	0.57377
47	1.15570	0.54730	1000	1.26851	0.57450

Si Φ es mayor de 0.9, el intervalo se calcula como:

Ecuación 18

$$\nabla Q = \pm \frac{1.14 Sy}{\nabla n}$$

La zona de Φ comprendida entre 0.8 y 0.9 se considera de transición, donde ∇n es proporcional al calculado con las expresiones Ecuación 17 y Ecuación 18 dependiendo del valor de Φ.

Por lo tanto, el gasto máximo de diseño para un cierto periodo de retorno será igual al gasto máximo calculado con la Ecuación 15 más el intervalo de confianza de las ecuaciones Ecuación 17 y Ecuación 18.

A continuación, se presenta la aplicación de este método para los datos de las dos estaciones hidrométricas ubicadas en los ríos Jamapa y Cotaxtla.

a) Estación hidrométrica "El Tejar".

De la Ecuación 13 se tiene que la media es:

$$\overline{Y} = \frac{20543.71}{58} = 354.20$$

De la Ecuación 14 la desviación estándar es:

$$Sy = \sqrt{\frac{1885495.88}{57}} = 181.88$$

De la Tabla 11 se obtiene que para n = 58

$$Yn = 0.55150 \qquad \nabla n = 1.17210$$

Sustituyendo valores en la Ecuación 15 se obtiene que:

$$Y = 354.20 - \frac{181.88}{1.1721}\left[0.5515 + LnLn\frac{Tr}{Tr-1}\right]$$

La avenida máxima para un período de retorno Tr = 50 años es:

$$Qmax = \mathbf{874.09\ m^3/seg.}$$

Para calcular el intervalo de confianza, obtenemos de la Ecuación 16 el valor de Φ:

$$\Phi = 1 - \frac{1}{50} = 0.98$$

Como Φ es mayor de 0.9 aplicamos la Ecuación 18 como sigue:

$$\nabla Q = \pm\frac{1.14 * 181.88}{1.1721} = 176.89$$

El gasto máximo de diseño será la suma del gasto máximo y el intervalo de confianza.

$$Qmax = 874.09 + 176.89 = \mathbf{1{,}050.99\ m^3/seg}$$

b) Estación hidrométrica "Paso del Toro".

De la Ecuación 13 se tiene que la media es:

$$\overline{Y} = \frac{25504.81}{52} = 490.48$$

De la Ecuación 14 la desviación estándar es:

$$Sy = \sqrt{\frac{1028855.99}{51}} = 142.03$$

De la Tabla 11 se obtiene que para n = 52

$$Yn = 0.54930 \qquad \nabla n = 1.16380$$

Sustituyendo valores en la Ecuación 15 se obtiene que:

$$Y = 490.48 - \frac{142.03}{1.16380}\left[0.54930 + LnLn\frac{Tr}{Tr-1}\right]$$

La avenida máxima para un período de retorno Tr = 50 años es:

$$Qmax = \mathbf{899.64\ m^3/seg.}$$

A manera de ejemplo se muestra el cálculo de la avenida máxima para un período de retorno Tr = 50 años. El cálculo de todos los gastos para los periodos de retorno indicados por la CONAGUA (2, 5, 10, 20, 50, 100, 500 y 1000 años) se integran como ANEXO.

Para calcular el intervalo de confianza, obtenemos de la Ecuación 16 el valor de Φ:

$$\Phi = 1 - \frac{1}{50} = 0.98$$

Como Φ es mayor de 0.9 aplicamos la Ecuación 18 como sigue:

$$\nabla Q = \pm \frac{1.14 * 142.03}{1.16380} = 139.13$$

El gasto máximo de diseño será la suma del gasto máximo y el intervalo de confianza.

Qmax = 899.64 + 139.13 = ***1,038.77 m³/seg***

4.4 Fórmula Racional

La fórmula racional es posiblemente el modelo más antiguo de la relación lluvia-escurrimiento, su origen se remonta a 1889. Este modelo toma en cuenta, además del área de la cuenca, la altura de lluvia o intensidad de precipitación y es hoy en día muy utilizado particularmente en el diseño de drenajes urbanos. El método parte de la idea de que, si la duración de la lluvia efectiva es mayor que el tiempo de concentración de la cuenca, se alcanzará un estado de equilibrio, tal que el volumen de lluvia efectiva que se precipita en la cuenca en un instante dado, es igual al que escurre a la salida de la cuenca en el mismo instante; por lo que, en ese instante, se cumple lo establecido en la siguiente ecuación:

Ecuación 19

$$Q = 0.2778 \cdot C \cdot i \cdot A$$

Donde:

Q = Gasto de salida de la cuenca cuando alcanza el equilibrio (m^3/s).

C = Coeficiente de escurrimiento.

i = Intensidad media de la lluvia para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca (mm/h).

A = Área de la cuenca (km^2).

Como se mencionó anteriormente, para el cálculo de los gastos máximos en la cuenca no aforada del río Jamapa, se utilizará el método de la Fórmula Racional y P.M.P.

4.4.1 Cálculo de la intensidad de lluvia con la ecuación de Chen.

El cuaderno de curvas isoyetas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) presenta a los mapas de isoyetas por estados para las siguientes duraciones: 5, 10, 20, 30, 60, 120 y 240 minutos, cada una con periodos de retorno de 10, 20, 25, 50 y 100 años. Esta cartografía fue elaborada procesando un total de 382 pluviógrafos, los cuales variaron de un mínimo de dos en los estados de Aguascalientes, Campeche, Morelos y Quintana Roo a un máximo de 31, 32 y 34 en los estados de Chiapas, Oaxaca y Estado de México, respectivamente.

El procedimiento propuesto para la estimación de las curvas IDF, cuando no se dispone de información pluviográfica hace uso de las curvas isoyetas citadas, así como de la información pluviométrica relativa a la precipitación máxima diaria anual y se basa en la fórmula de Chen.

Para la implementación de dicha fórmula, se comienza por recabar en los mapas de isoyetas las intensidades con duración de 60 minutos y periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años, y se designan por $P_1{}^{10}$, $P_1{}^{25}$, $P_1{}^{50}$ y $P_1{}^{100}$ ya que por tener una duración de una hora corresponden a precipitaciones o láminas de lluvia en milímetros. En seguida, las predicciones de lluvia máxima diaria para los periodos de retorno antes mencionados, se multiplican por 1.13, para convertirlas en $P_{24}{}^{Tr}$, con las cuales se obtienen los cocientes lluvia-duración (R) y lluvia-frecuencia (F) necesarios para aplicar la ecuación de Chen, estos son:

Ecuación 20

$$R = \frac{P_1^{Tr}}{P_{24}^{Tr}}$$

Ecuación 21

$$F = \frac{P_{24}^{100}}{P_{24}^{10}}$$

Con el valor promedio (Rprom) de los cuatro cocientes R que se pueden evaluar (uno para cada periodo de retorno), se obtienen los parámetros a, b y c en las gráficas propuestas por Chen, las fórmulas expuestas como ecuaciones son:

Ecuación 22

$$a = - 2.297536 + 100.0389 \cdot R - 432.5438 \cdot R^2 + 1{,}256.228 \cdot R^3 - 1{,}028.902 \cdot R^4$$

Ecuación 23

$$b = - 9.845761 + 96.94864 \cdot R - 341.4349 \cdot R^2 + 757.9172 \cdot R^3 - 598.7461 \cdot R^4$$

Ecuación 24

$$c = - 0.06498345 + 5.069294 \cdot R - 16.08111 \cdot R^2 + 29.09596 \cdot R^3 - 20.06288 \cdot R^4$$

Las expresiones anteriores fueron calculadas con base en las seis parejas de valores R-a, R-b y R-c que presenta Chen, sus coeficientes de determinación son prácticamente de 100% y son válidas únicamente en el intervalo $0.10 \leq R \leq 0.60$. En la

Tabla 12 se presentan las seis parejas originales de ternas de datos según Chen y dos más, una interpolada (R = 0.50) y otra extrapolada (R = 0.70) en las curvas originales de Chen. Las siguientes expresiones fueron calculadas cada una con seis parejas de datos para $0.20 \leq R \leq 0.70$ y son válidas en tal intervalo:

Ecuación 25

$$a = 21.03453 - 186.4683 \cdot R + 825.4915 \cdot R^2 - 1{,}084.846 \cdot R^3 + 524.06 \cdot R^4$$

Ecuación 26

$$b = 3.487775 - 68.13976 \cdot R + 389.4625 \cdot R^2 - 612.4041 \cdot R^3 + 315.8721 \cdot R^4$$

Ecuación 27

$$c = 0.2677553 + 0.9481759 \cdot R + 2.109415 \cdot R^2 - 4.827012 \cdot R^3 + 2.459584 \cdot R^4$$

Tabla 12. Valores de los parámetros de la fórmula de Chen (originales y estimados).

Cociente lluvia - duración (R)								
Parámetros	**0.10**	**0.15**	**0.20**	**0.30**	**0.40**	**(0.50)**	**0.60**	**(0.70)**
a[1]	4.5800	6.5700	8.9100	14.3500	22.5700	(31.2000)	40.0100	(48.7000)
a[2]	*4.5340*	*6.6950*	*8.8120*	*14.3690*	*22.5700*	(31.3210)	*40.0100*	(48.7220)
b[1]	-2.8400	-0.8000	1.0400	4.1200	7.4800	(9.9000)	11.5200	(12.4000)
b[2]	*-2.8670*	*-0.7310*	*0.9920*	*4.1240*	*7.4830*	(9.9750)	*11.5200*	(12.4130)
c[1]	0.3090	0.4200	0.5070	0.6320	0.7380	(0.8200)	0.8720	(0.9000)
c[2]	*0.3082*	*0.4216*	*0.5063*	*0.6316*	*0.7383*	(0.8200)	*0.8720*	(0.9000)

1) Entre paréntesis, los valores interpolados y extrapolados en las curvas originales de Chen.

2) Valores en cursivas calculados con las ecuaciones Ecuación 22, Ecuación 23 y Ecuación 24.

3) Valores entre paréntesis calculados con las ecuaciones Ecuación 25, Ecuación 26 y Ecuación 27.

La ecuación de Chen es la siguiente:

Ecuación 28

$$i_D^{Tr} = \frac{a \cdot P_1^{10} \cdot \log\left(10^{2-F} \cdot Tr^{F-1}\right)}{(D + b)^c} = \frac{a_{Tr}}{(D + b)^c}$$

Donde:

i_D^{Tr} = Intensidad buscada en mm/h.

P_1^{10} en milímetros.

D = Duración en minutos ($5 \leq D \leq 1{,}440$).

Tr = Periodo de retorno en años ($5 \leq Tr \leq 100$).

Las predicciones de precipitación máxima anual se determinaron mediante el método de Chow, considerando 43 años de registros de lluvia máxima anual.

A partir de las curvas isoyetas se obtuvieron los datos de intensidades de lluvia para periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años y una duración de 1 hora.

Tabla 13. Predicciones de lluvia máxima e intensidad de lluvia.

Tr (años)	10	25	50	100	500	1000
Predicciones de lluvia máxima diaria (mm)	209	262	302	342	435	475
Intensidad de lluvia (Isoyetas en 60 min, mm/hr)	80	100	120	120		

Con los datos anteriores (Tabla 13) se realizó el cálculo de las curvas IDF (ver Ilustración 17).

Tabla 14. Intensidad de lluvia en mm/h.

Tr (años)	Duraciones en minutos.												
	5	10	15	20	30	60	80	120	140	170	190	230	270
5	230.32	176.56	146.05	126.00	100.78	66.74	55.81	43.14	39.07	34.45	32.05	28.29	25.47
10	284.89	218.40	180.65	155.85	124.67	82.56	69.03	53.36	48.32	42.62	39.64	34.99	31.50
25	357.04	273.71	226.40	195.32	156.24	103.47	86.51	66.87	60.56	53.41	49.68	43.86	39.48
50	411.62	315.54	261.01	225.18	180.12	119.28	99.74	77.10	69.82	61.57	57.28	50.56	45.52
100	466.19	357.38	295.61	255.03	204.00	135.10	112.96	87.32	79.08	69.74	64.87	57.26	51.55
500	592.91	454.52	375.97	324.36	259.45	171.82	143.67	111.05	100.57	88.69	82.50	72.83	65.56
1000	647.49	496.36	410.58	354.21	283.33	187.64	156.89	121.28	109.83	96.86	90.10	79.53	71.60

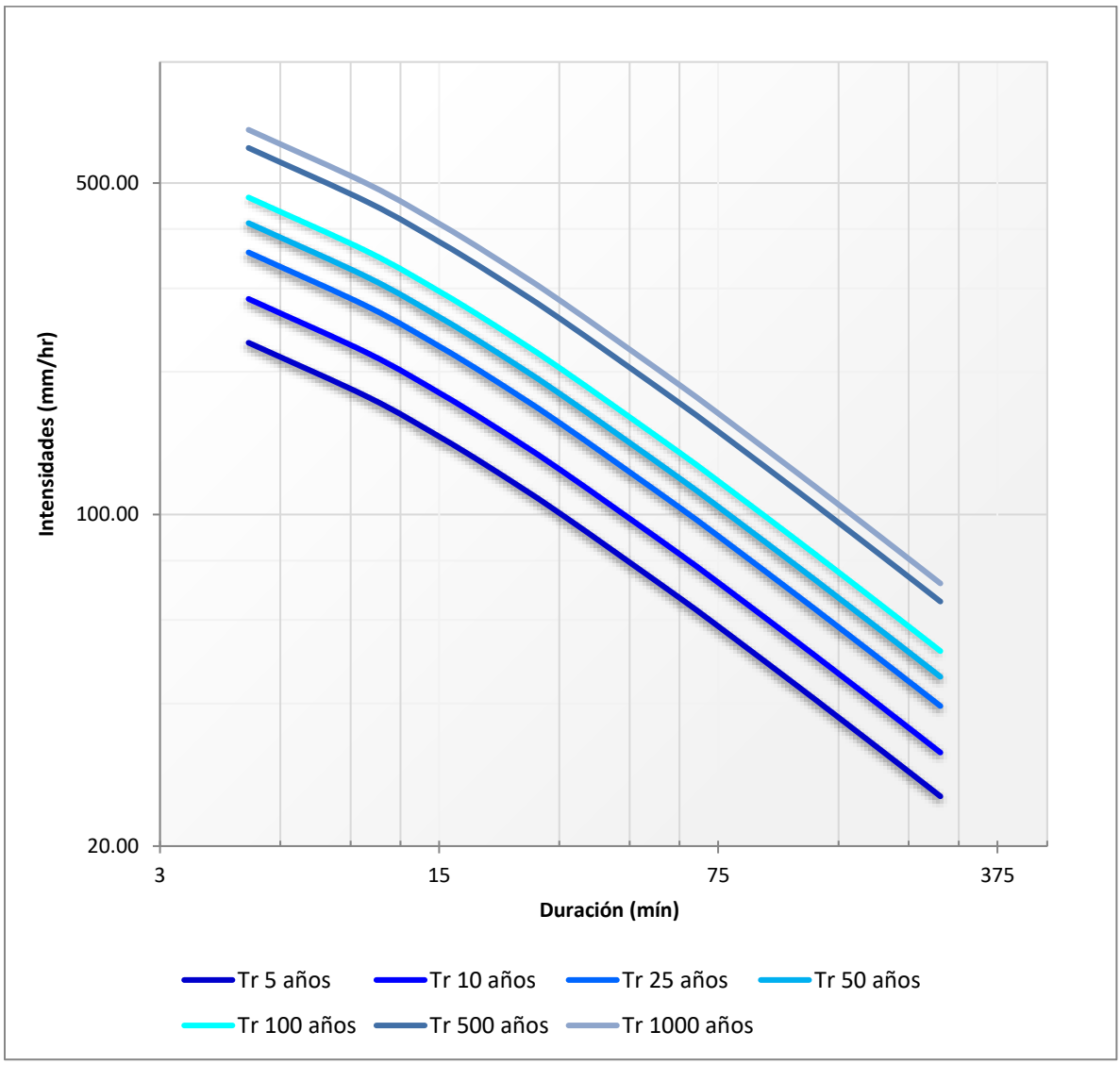


Ilustración 17. Curvas IDF.

4.4.2 Tiempo de concentración

Para estimar el tiempo de concentración (tc), se pueden utilizar las siguientes ecuaciones.

- Ecuación de Kirpich:

Ecuación 29

$$tc = \left[\frac{(0.86) \cdot L^3}{H}\right]^{0.325}$$

Donde:

tc = Tiempo de concentración (h).

L = Longitud del cauce principal (km).

H = Desnivel entre los extremos del cauce principal (m).

- Ecuación de Chow:

Ecuación 30

$$tc = 0.01\left[\frac{L}{\sqrt{S}}\right]^{0.64}$$

Donde:

tc = Tiempo de concentración (h).

L = Longitud del cauce principal (m).

S = Pendiente media del cauce (%).

En la siguiente tabla se muestran los tiempos de concentración resultantes para la subcuenca de aportación (no aforada) al sitio de estudio.

Tabla 15. Tiempos de concentración para la subcuenca en estudio calculados por los métodos de Kirpich y Chow.

Subcuenca	Longitud del cauce principal (L)		Elevación inicial (m)	Elevación final (m)	Desnivel H (m)	Pendiente media, S (%)	Tiempo de concentración, tc (hr)		
	(m)	(km)					Kirpich	Chow	Promedio
Río Jamapa	11,064.90	11.06	7	0	7	0.06	5.27	9.37	7.32

4.4.3 Determinación del coeficiente de escurrimiento para áreas compuestas.

Teóricamente el coeficiente de escurrimiento varía de 0 a 1 y refleja la habilidad de la cuenca para convertir lluvia en escurrimiento. La parte de la lluvia máxima que llega a la salida de la cuenca, depende básicamente del porcentaje de la superficie impermeable, de su pendiente, la intensidad de la lluvia, el contenido de humedad del suelo, su grado de compactación, la proximidad del nivel freático, etc.

En la Tabla 16 se muestran los coeficientes de escurrimiento de acuerdo al tipo de área drenada.

Tabla 16. Coeficiente de escurrimiento según el tipo de área drenada.

Tipo de área drenada	Coeficiente de escurrimiento	
	Mínimo	Máximo
Zonas comerciales		
Zona comercial	0.70	0.95
Vecindarios	0.50	0.70
Zonas residenciales		
Unifamiliares	0.30	0.50
Multifamiliares, espaciados	0.40	0.60
Multifamiliares, compactos	0.60	0.75
Semiurbanas	0.25	0.40
Casas habitación	0.50	0.70
Zonas industriales		
Espaciado	0.50	0.80
Compacto	0.60	0.90
Cementerios, parques	0.10	0.25
Campos de juego	0.20	0.35
Patios de ferrocarril	0.20	0.40
Zonas suburbanas	0.10	0.30
Calles:		
Asfaltadas	0.70	0.95
De concreto hidráulico	0.70	0.95
Adoquinadas	0.70	0.85
Estacionamientos	0.75	0.85
Techados	0.75	0.95
Praderas		
Suelos arenosos planos (pendientes 0.02 o menos)	0.05	0.10
Suelos arenosos con pendientes medias (0.02-0.07)	0.10	0.15
Suelos arenosos escarpados (0.07 o más)	0.15	0.20
Suelos arcillosos planos (0.02 o menos)	0.13	0.17
Suelos arcillosos con pendientes medias (0.02-0.07)	0.18	0.22
Suelos arcillosos escarpados (0.07 o más)	0.25	0.35

El coeficiente de escurrimiento para la cuenca no aforada, se determinó de acuerdo al tipo de área que la conforman, esto con ayuda del SIG de cobertura vegetal y Edafología y de la tabla mencionada anteriormente.

Derivado de las características de las capas que conforman la cuenca en estudio, el coeficiente de escurrimiento fue ponderado y se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación:

Ecuación 31

$$C_p = \frac{\sum_{i=1}^{m} C_i \, a_i}{A}$$

Donde:

C_p = Coeficiente de escurrimiento ponderado.

m = Número de áreas consideradas.

C_i = Coeficiente de escurrimiento para cada área individual considerada.

a_i = Áreas individuales consideradas.

A = Área total de la cuenca.

A continuación, se muestra el cálculo del coeficiente de escurrimiento de la cuenca no aforada en base a la cobertura vegetal y edafología (Ilustración 18 e Ilustración 19).

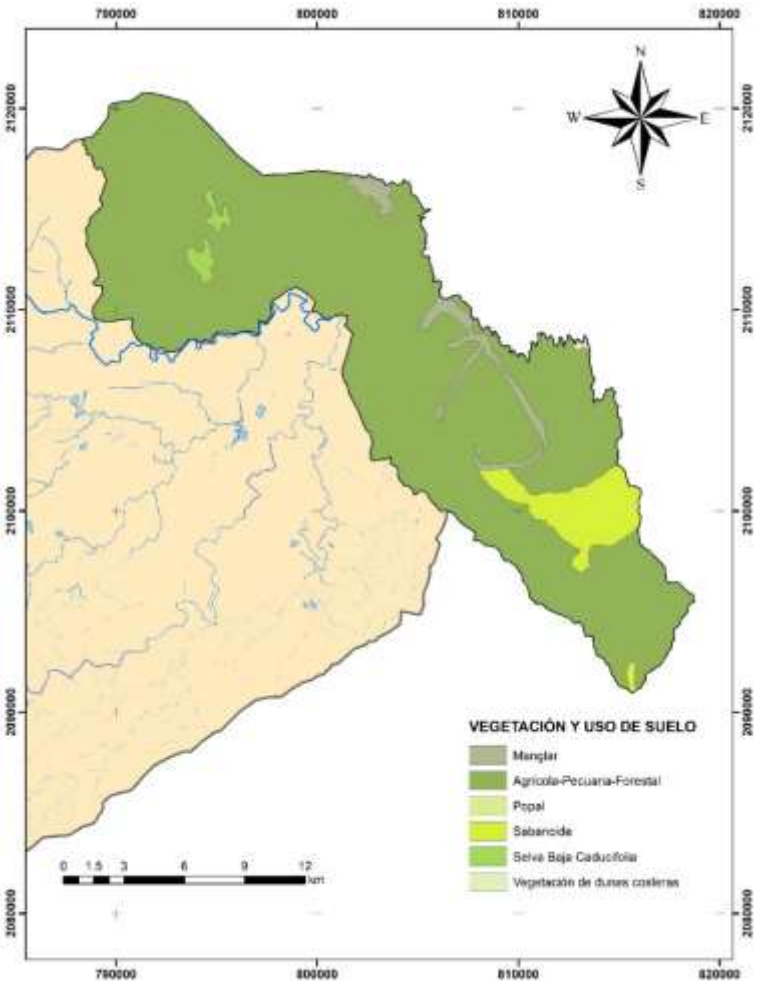


Ilustración 18. Vegetación y uso de suelo de cuenca no aforada.

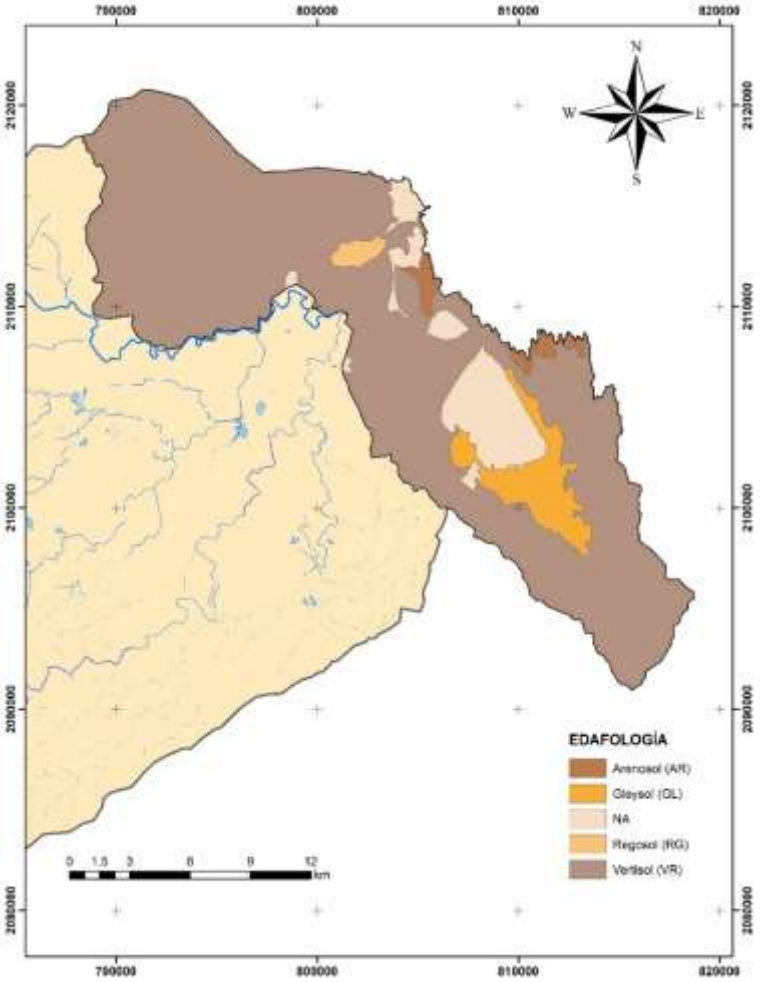


Ilustración 19. Edafología de cuenca no aforada.

Tabla 17. Coeficiente de escurrimiento para las áreas drenadas de la cuenca no aforada.

Superficie total (m²) = 303,406,296.29

Cobertura	Superficie (m²)	Ci
Manglar	8,697,820.00	0.25
Agrícola-Pecuaria-Forestal	273,348,000.00	0.25
Popal	7,613.57	0.25
Sabanoide	18,118,500.00	0.25
Selva baja caducifolia	2,939,350.00	0.31
Vegetación de dunas costeras	294,902.00	0.15

$C_p = 0.25$

Luego de haber determinado las intensidades de lluvia, el tiempo de concentración y el coeficiente de escurrimiento, se realizó el cálculo del gasto máximo para la cuenca no aforada de acuerdo a la ecuación Ecuación 19.

En la siguiente tabla, se muestra el gasto máximo resultante, para un Tr = 50 años.

Tabla 18. Fórmula Racional. Gasto calculado para un Tr = 50 años.

Método Racional Tr= 50 años					
Cuenca	**Área de la microcuenca (km²)**	**tc (hr)**	**i (mm/h)**	**C**	**Q (m³/s)**
No aforada	303.41	7.32	32.99	0.25	**695.16**

4.5 Precipitación Máxima Probable

Una definición de la Precipitación Máxima Probable (P.M.P.) que enfatiza sus bases conceptuales, ha sido propuesta por la Sociedad Americana de Meteorología (AMS), en 1959 y es la siguiente:

Máxima cantidad de precipitación teórica para una duración dada que es físicamente posible de ocurrir sobre una cuenca en un cierto tiempo del año. En la práctica, es obtenida en terrenos planos por transposición de tormentas y ajuste de humedad a los modelos de tormenta observados.

La P.M.P. es aquella magnitud de lluvia que ocurre sobre una cuenca particular, en la cual generará un gasto de avenida, para el que virtualmente no existe el riesgo de ser excedido.

Otra definición indica que es la cantidad de precipitación para un área dada, resultante de las condiciones meteorológicas más críticas que son consideradas razonablemente posibles.

4.6 Método estadístico para determinar la P.M.P.

Este método fue idealizado por David M. Hershfield y se recomienda cuando se requiere una estimación rápida de la P.M.P. o cuando no se dispone de datos para evaluar la P.M.P. por otros métodos. La información con la que se debe de disponer es el registro de precipitaciones máximas en 24 horas, que debe ser del orden de 24 años y cuando menos, mayor o igual a 10 años. El citado método fue deducido a partir de los registros de precipitaciones máximas en 24 horas de 2,600 estaciones, de las cuales, el 90% perteneció a los E.U.A. y se basa en la ecuación general del análisis hidrológico de frecuencia, la cual para el caso de la P.M.P. se convierte en:

Ecuación 32

$$P.M.P. = Xn + Km \cdot Sn$$

Donde:

P.M.P. = Precipitación máxima probable diaria (mm).

Xn = Media de la serie anual de precipitaciones.

Sn = Desviación estándar de la serie anual de precipitaciones.

Km = Factor de frecuencia, función de la lluvia media anual de las máximas diarias y de la duración en horas de la P.M.P. que se estima, es decir 24 horas.

La metodología a seguir es la siguiente:

Del registro de precipitaciones máximas en 24 horas se integra una serie anual; a la serie anual se le suprime el evento máximo (designado por m), formándose dos series de (n) y (n-m) datos o eventos; a cada una de estas series se le calcula su media y su desviación estándar (Tabla 19).

Tabla 19. Cálculo de la media y la desviación estándar de la serie anual.

Serie Anual		
Año	**$P_{máx}$ (mm)**	**$P_{máx}$ (n-1)(mm)**
2005	357.00	-
2013	230.50	230.50
1985	211.50	211.50
2024	208.00	208.00
1992	201.00	201.00
1984	180.00	180.00
2010	175.50	175.50
2008	157.00	157.00
2006	156.70	156.70
2014	153.00	153.00
2020	144.00	144.00
1991	142.00	142.00
2009	140.00	140.00
2021	138.00	138.00
1995	134.00	134.00
1999	133.50	133.50
1994	132.00	132.00
1996	129.00	129.00
2001	128.20	128.20
2011	125.00	125.00
1987	123.00	123.00
1988	122.00	122.00
2002	122.00	122.00
2003	121.50	121.50
1989	120.00	120.00

Serie Anual		
Año	**$P_{máx}$ (mm)**	**$P_{máx}$ (n-1)(mm)**
2012	120.00	120.00
1983	118.00	118.00
1997	113.00	113.00
1998	112.20	112.20
2000	111.50	111.50
2023	110.40	110.40
2004	109.80	109.80
2007	108.00	108.00
2015	90.20	90.20
2016	86.60	86.60
2017	86.00	86.00
2018	85.00	85.00
1986	83.00	83.00
1993	77.00	77.00
1990	73.00	73.00
2022	72.60	72.60
2025	71.80	71.80
2019	66.40	66.40
Media	**132.07**	**126.71**
Desviación Estándar	**52.45**	**39.44**

Luego se calcula el factor de frecuencia Km mediante el uso de la Ilustración 20, en base a la media de la serie anual, que para este caso en particular resulto igual a 132.07 mm y la duración que se analiza (24 horas).



Ilustración 20. Gráfica para determinar km en función de la duración de la lluvia y de su valor medio anual.

Como se puede observar de acuerdo a la Ilustración 20, Km = 14.20.

Luego, se ajustan o corrigen la media y la desviación estándar de la serie anual por máxima lluvia observada empleando la Ilustración 21 y la Ilustración 22, en función de la longitud de registro (n = 43) en años y de las relaciones:

$$\frac{\bar{X}n\text{-}m}{\bar{X}n} \quad y \quad \frac{Sn\text{-}m}{Sn}$$

$$\frac{126.71}{132.07} = 0.9594 \qquad y \qquad \frac{39.44}{52.45} = 0.7520$$

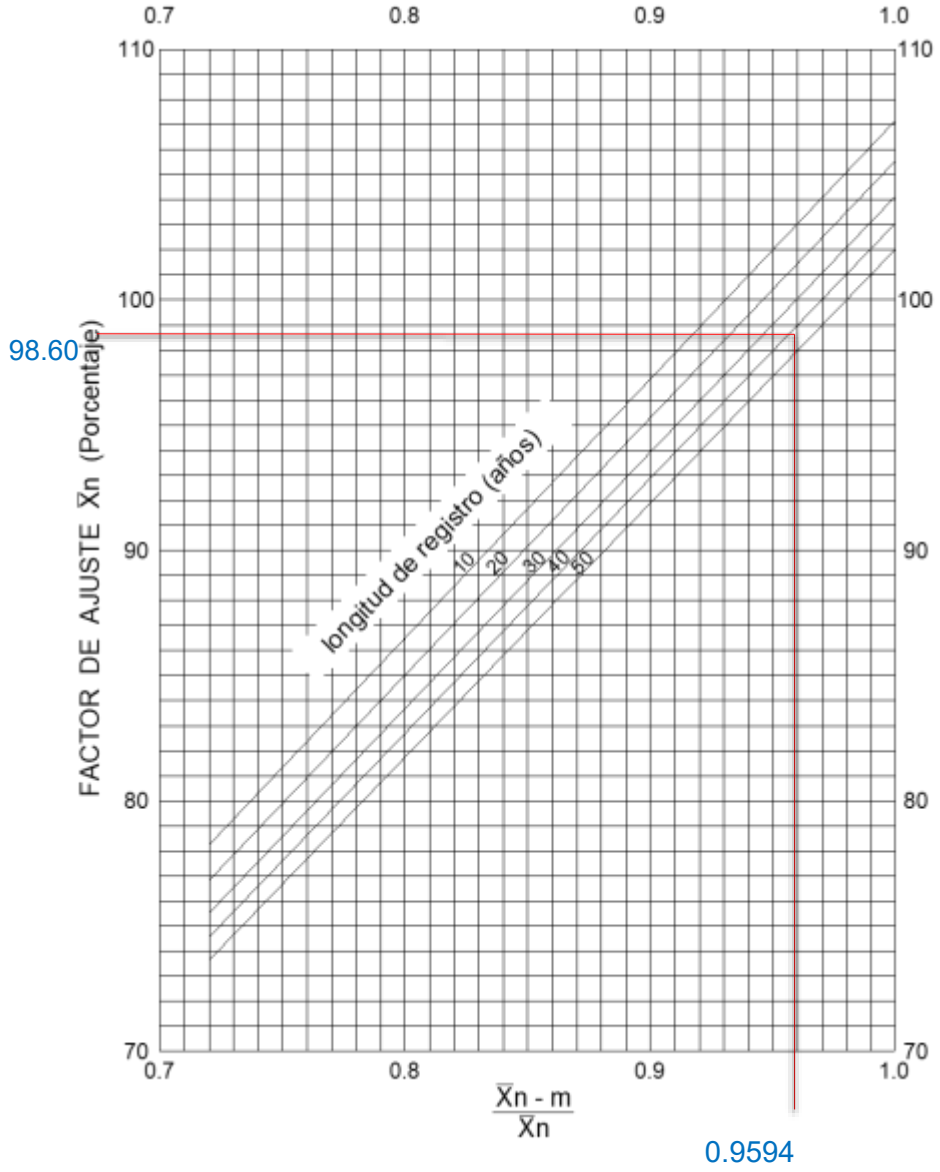


Ilustración 21. Gráfica para realizar el ajuste de la lluvia media anual por lluvia máxima observada.

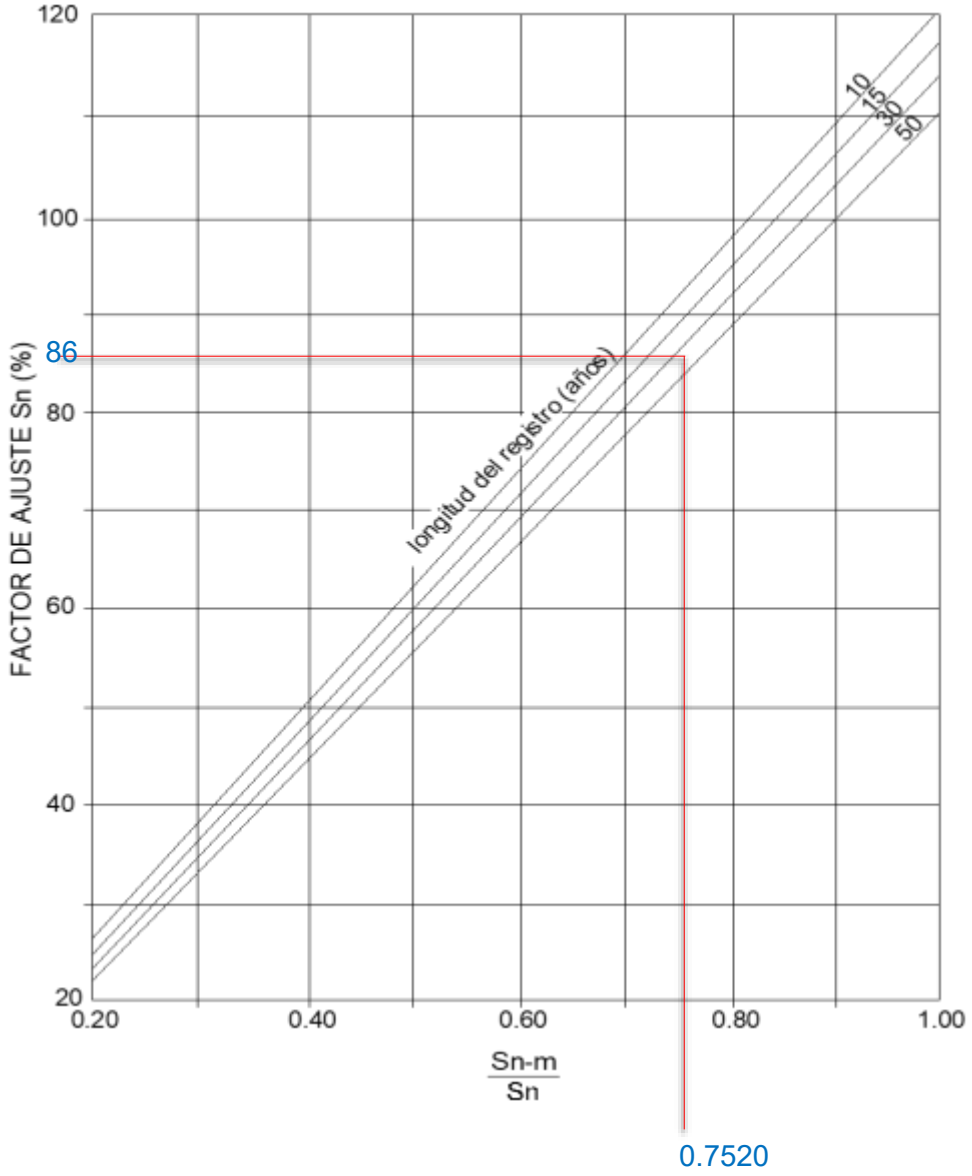


Ilustración 22. Gráfica para realizar el ajuste de la desviación estándar de la serie anual de lluvias máximas.

De este modo, los factores de ajuste por máxima lluvia observada son:

Media = 98.60 %

Desviación estándar = 86 %.

Ahora, se ajustan o corrigen la media y la desviación estándar de la serie anual por tamaño de la muestra

(longitud de registro) mediante la Ilustración 23, teniendo en cuenta solamente el número de años de registro (n = 43).

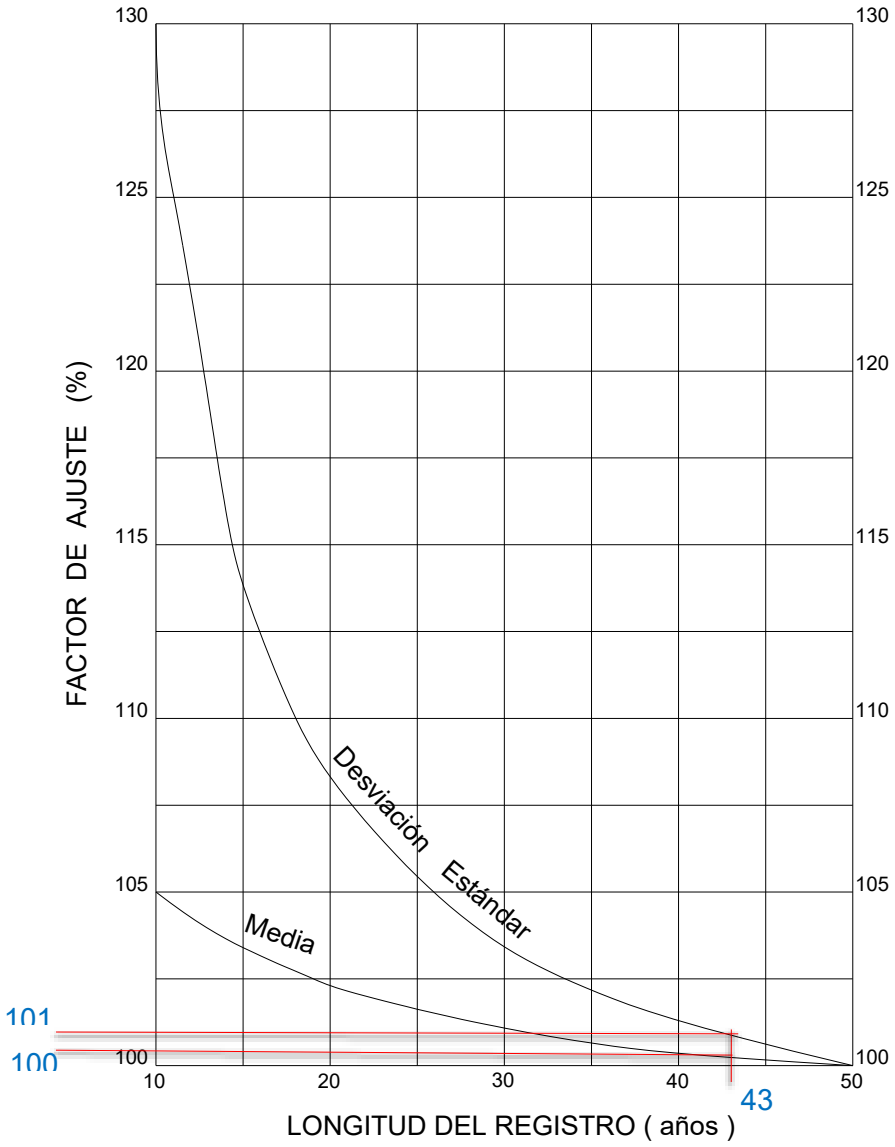


Ilustración 23. Gráfica para realizar el ajuste de la media y desviación estándar de la serie anual de lluvias máximas, por tamaño de la muestra.

Factores de ajuste por tamaño de la muestra:

Media = 100%
Desviación estándar = 101%

Luego, se está en posibilidad de obtener los valores de la media y la desviación estándar corregidos, con los factores de ajuste determinados anteriormente, quedando de la siguiente manera:

$$Xn = 132.07 \text{ mm} \cdot 0.9860 \cdot 1.00$$

$$\text{Media } (Xn) = 130.22 \text{ mm}$$

$$Sn = 52.45 \text{ mm} \cdot 0.860 \cdot 1.01$$

$$\text{Desviación estándar } (Sn) = 45.56 \text{ mm}$$

Sustituyendo los valores en la Ecuación 32:

$$P.M.P. = 130.22 \text{ mm} + 14.20 \cdot 45.56 \text{ mm}$$

$$P.M.P. = 777.17 \text{ mm}$$

En seguida, la precipitación máxima probable calculada se corrige por intervalo fijo y único de observación, pues los datos utilizados para evaluarla son lluvias diarias medidas cada 24 horas, entonces, el valor calculado anteriormente debe ser multiplicado por 1.13, ya que los datos (lluvias máximas diarias) fueron medidos en un único intervalo:

$$P.M.P. = 777.17 \text{ mm} \cdot 1.13 = 878.20 \text{ mm}$$

Finalmente, se realiza el ajuste o corrección de la precipitación máxima probable puntual, por magnitud de cada microcuenca en estudio, utilizando la Ilustración 24 y tomando en cuenta la duración analizada y la magnitud de la microcuenca en km^2.

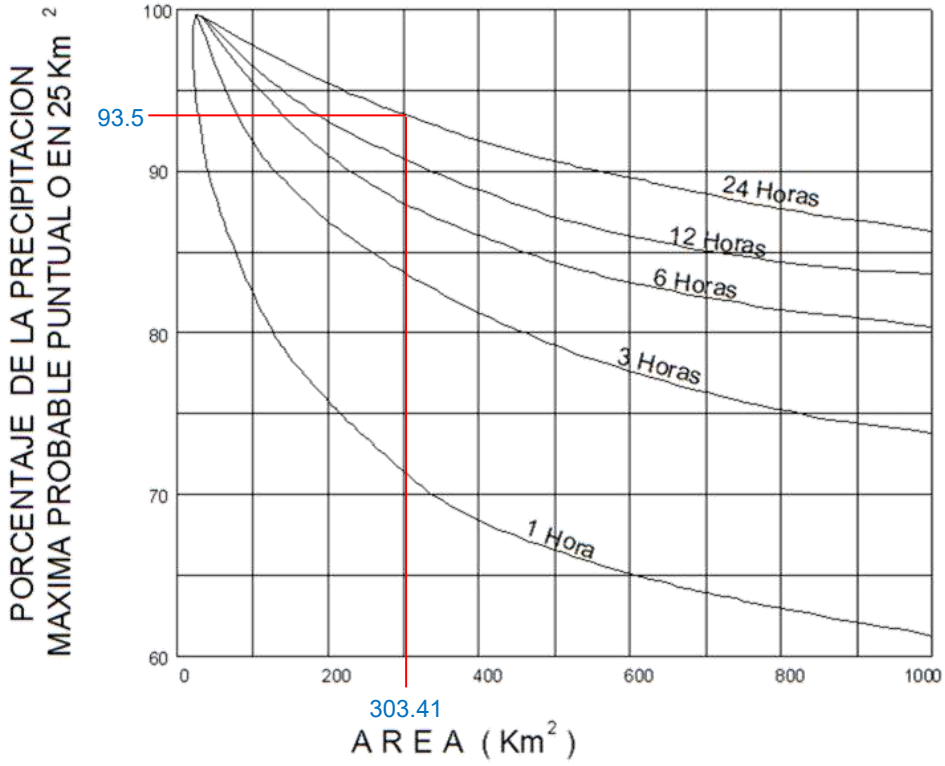


Ilustración 24. Curvas área – reducción para la precipitación máxima probable.

Para la cuenca no aforada:

Donde:

Área = 303.41 km^2.

Factor de ajuste (%) = 93.50.

tc = 7.32 h.

C = 0.25.

$$P.M.P._{24} = (878.20\ mm)\ (0.935) = 821.12\ mm$$

Una vez que se tiene el valor de la P.M.P. puntual por microcuenca, es posible calcular la avenida de diseño, utilizando para este caso la fórmula racional.

$$i = \frac{821.12}{7.32} = 112.17 \text{ mm/h}$$

$$Q = 0.2778 \cdot 0.25 \cdot 112.17 \cdot 303.41 = \mathbf{2,363.63}\ {}^{m^3}/_{s}$$

5 CONCLUSIONES

Los gastos máximos determinados por los diferentes métodos, se resumen a continuación (Tabla 20).

Tabla 20. Gastos máximos de diseño.

Método Empleado		Gastos Máximos (m³/s)	
		Cuenca	
		Aforada	No aforada
Envolvente de Lowry	Envolvente Mundial		11,437.31
	Envolvente Regional		8,496.29
Envolvente de Creager	Envolvente Mundial		12,987.14
	Envolvente Regional		12,987.14
Gumbel	Estación “El Tejar”	1,050.99	
	Estación “Paso del Toro”	1,038.77	
Fórmula Racional			695.16
Precipitación Máxima Probable			2,363.63

Es evidente que la finalidad de aplicar al proyecto diferentes criterios de estimación de avenidas, es disponer una serie de resultados que conduzcan a las siguientes consideraciones:

- Se tendrá más confianza en los resultados de los métodos estadísticos e hidrológicos, debido a que las envolventes de Lowry y Creager, están definidas en la mayoría de los casos por estaciones hidrométricas cuyas cuencas de drenaje comprenden generalmente miles de kilómetros cuadrados, limitando su aplicabilidad en cuencas pequeñas.
- Para la cuenca no aforada, el método de la Fórmula Racional, ofrece una mayor aprobación en los resultados, debido a que toma en cuenta los parámetros de lluvia y las características hidrológicas fundamentales para la cuenca en estudio. En este sentido, se comprobó la eficacia de utilizar el SIG en la obtención de los resultados con este método, debido a que proporciona una mayor exactitud y consecuentemente una mayor confiabilidad en los mismos.
- Con el método de la PMP, los resultados obtenidos quedan muy por encima de las condiciones propias de la zona en análisis, al comparar los resultados obtenidos para la cuenca aforada, que puede deberse a diferentes razones, entre las que se pueden mencionar el hecho de que este método está basado en análisis hidrológicos de cuencas de los E.U.A. con características diferentes a las de nuestro país, por otro

lado, el método se basa en gráficas para determinar factores de ajuste, en donde se pierde precisión en los resultados.

- De acuerdo a lo anterior, la mejor alternativa la representan los métodos que toman en cuenta datos estadísticos de precipitación, es decir, la Fórmula Racional, por lo que, se tomarán los resultados obtenidos con este método, para la cuenca no aforada.

Por lo anterior, el gasto máximo de diseño para la Subcuenca del río Jamapa, se obtendría a partir de la suma de los gastos obtenidos con el método de Gumbel para las cuencas aforadas, más el gasto obtenido con la Fórmula Racional, es decir:

$$Q_{máx}\ (Tr=50\ años) = 1{,}050.99+1{,}038.77+695.16 = \mathbf{2{,}784.92\ m^3/s}$$

Y su hidrograma de diseño se muestra en la Ilustración 25.

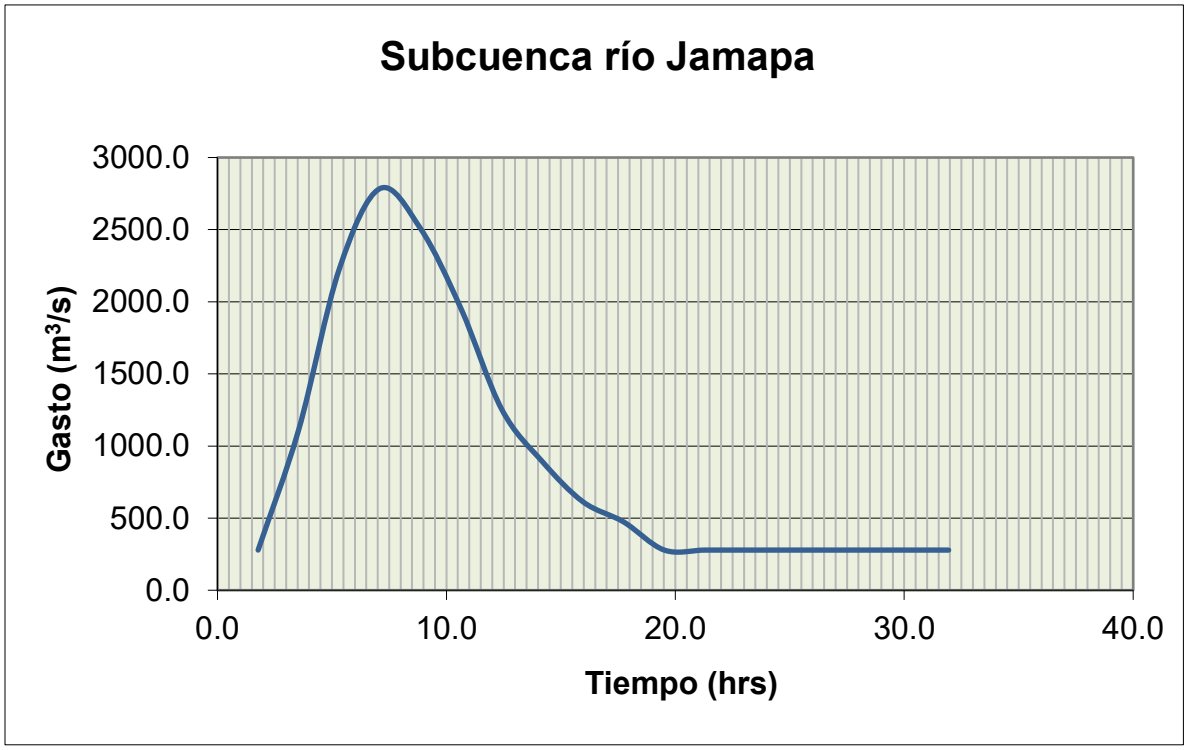


Ilustración 25. Hidrograma de diseño para la Subcuenca del río Jamapa, Tr = 50 años.

6 BIBLIOGRAFIA

Aparicio Mijares, F. J. (1992). *Fundamentos de hidrología de superficie.* Mexico: Editorial LIMUSA.

Campos Aranda, D. F. (2010). *Introducción a la Hidrología Urbana.* San Luis Potosi, Mexico.

SMN. (2025). INFORMACIÓN ESTADÍSTICA CLIMATOLÓGICA . Obtenido de : https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologicaSMN. (Enero de 2024). SMN ESTACIONES. Obtenido de http://smn.cna.gob.mx/emas/

SMN. (2025). ESTACIONES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS (EMAS). Obtenidas de : https://smn.conagua.gob.mx/es/observando-el-tiempo/estaciones-meteorologicas-automaticas-ema-s

SMN. (2025). ESTACIONES SINÓPTICAS METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS (ESMAS). Obtenidas de : https://smn.conagua.gob.mx/es/observando-el-tiempo/estaciones-meteorologicas-automaticas-ema-s

ATLAS DE RIESGOS NACIONALES PARA EL MUNICIPIO DE BOCA DEL RÍO, VERACRUZ.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 2021. Aspectos Geográficos, Veracruz.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Subdirección General Técnica. Gerencia de Aguas Subterráneas. Subgerencia de Evaluación y Ordenamiento de Acuíferos. (2015). ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL ACUÍFERO COSTERA DE VERACRUZ (3006), ESTADO DE VERACRUZ.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 2010. COMPENDIO DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA MUNICIPAL, BOCA DEL RÍO, VERACRUZ DE IGNACIO DE LA LLAVE.



ESTUDIO OCEANOGRÁFICO

TRABAJOS DE INGENIERIAS Y PREPARACION DE SITIO PARA EL PROYECTO PUENTE BOCA DEL RIO

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Ing.	**Ing.**	**Ing.**
Cal y Mayor y Asociados	Cal y Mayor y Asociados	ALMEBO

INFORMACIÓN DE CONTROL

Documento	**TRABAJOS DE INGENIERIAS Y PREPARACION DE SITIO PARA EL PROYECTO PUENTE BOCA DEL RIO**
Centro de Costos	XXX-XXX
Fecha	septiembre 2025
Preparado por	Cal y Mayor y Asociados

REGISTRO DE REVISIONES

Revisión	Fecha	Versión	Autorización	
			Nombre / Cargo	**Firma**
		1		

TABLA DE CONTENIDO

1 GENERALIDADES 9
1.1 VULNERABILIDAD ANTE FENÓMENOS DE ORIGEN HIDROMETEOROLÓGICO 9
2 GEOMORFOLOGÍA COSTERA 10
3 OLEAJE 13
3.1 OLEAJE NORMAL 14
3.1.1 Altura de ola "H" 15
3.1.2 Altura de ola significante "$H_{1/3}$" 23
3.1.3 Periodo de ola "T" 24
3.1.4 Periodo de ola significante "$T_{1/3}$" 31
3.1.5 Dirección del oleaje 32
3.2 OLEAJE CICLÓNICO 35
3.2.1 Análisis de eventos ciclónicos 36
3.2.2 Determinación de altura y periodo de ola significante "$H_{1/3}$" y "$T_{1/3}$", mediante el método del Huracán Estándar 63
4 MAREAS 65
5 VIENTOS 67
5.1 ELEMENTOS QUE CARACTERIZAN AL VIENTO 68
5.2 DIAGRAMAS DE VIENTOS 71
5.2.1 Diagramas de frecuencias "n" 71
5.2.2 Diagramas de Lenz "nv" 74
5.2.3 Diagramas de velocidad máxima "$V_{máx}$" 77
5.2.4 Diagramas de velocidad máxima cuadrática "$V_{máx}^2$" 80
6 CORRIENTES 83

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Boca del Río, Veracruz (Google Earth, 2025). 9
Ilustración 2. Sistema Lagunar Mandinga (Rodriguez-Varela, et al, 2019). 11
Ilustración 3. Topografía de la playa Boca del Rio Norte (SECTUR et al, 2014). 12
Ilustración 4. Topografía de la playa Boca del Rio Sur (SECTUR et al, 2014). 12
Ilustración 5. Boya Station 42055 Bay of Campeche (NOAA-NDBC, 2025). 14
Ilustración 6. Localización de la Station 42055 Bay of Campeche (NOAA-NDBC, 2025; Google Earth, 2025). 15
Ilustración 7. Frecuencias de los rangos de alturas de ola para el periodo 2005-2024. 16
Ilustración 8. Frecuencias de alturas de ola para los rangos menos representativos del periodo 2005-2024. 17
Ilustración 9. Frecuencias de los rangos de alturas de ola para primavera (2005-2024). 18
Ilustración 10. Frecuencias de alturas de ola para los rangos menos representativos de primavera (2005-2024). 18
Ilustración 11. Frecuencias de los rangos de alturas de ola para verano (2005-2024). 19
Ilustración 12. Frecuencias de alturas de ola para los rangos menos representativos de verano (2005-2024). 20
Ilustración 13. Frecuencias de los rangos de alturas de ola para otoño (2005-2024). 21
Ilustración 14. Frecuencias de alturas de ola para los rangos menos representativos de otoño (2005-2024). 21
Ilustración 15. Frecuencias de los rangos de alturas de ola para invierno (2005-2024). 22
Ilustración 16. Frecuencias de alturas de ola para los rangos menos representativos de invierno (2005-2024). 23
Ilustración 17. Gráfica del régimen estacional de altura de ola significante. 23
Ilustración 18. Frecuencias de los rangos de periodo de ola para el periodo 2005-2024. 25
Ilustración 19. Frecuencias de periodos de ola para los rangos menos representativos del periodo 2005-2024. 25
Ilustración 20. Frecuencias de los rangos de periodos de ola para primavera (2005-2024). 26
Ilustración 21. Frecuencias de los periodos de ola para los rangos menos representativos de primavera (2005-2024). 27
Ilustración 22. Frecuencias de los rangos de periodos de ola para verano (2005-2024). 28
Ilustración 23. Frecuencias de los periodos de ola para los rangos menos representativos de verano (2005-2024). 28
Ilustración 24. Frecuencias de los rangos de periodos de ola para otoño (2005-2024). 29
Ilustración 25. Frecuencias de los periodos de ola para los rangos menos representativos de otoño (2005-2024). 29
Ilustración 26. Frecuencias de los rangos de periodos de ola para invierno (2005-2024). 31
Ilustración 27. Frecuencias de los periodos de ola para los rangos menos representativos de invierno (2005-2024). 31
Ilustración 28. Gráfica del régimen estacional de periodos de ola significante. 32
Ilustración 29. Gráfica de las direcciones del oleaje para 8 direcciones. 33
Ilustración 30. Incidencia del oleaje en el frente marítimo indicado en rosa de 8 direcciones. 33
Ilustración 31. Gráfica de las direcciones del oleaje (16 direcciones). 34
Ilustración 32. Incidencia del oleaje en el frente marítimo indicado en rosa de 16 direcciones. 35
Ilustración 33. Trayectoria de eventos meteorológicos en los océanos Pacífico y Atlántico (NOAA, 2025). 37
Ilustración 34. Regiones matrices de huracanes (INEGI-SPP, 1979). 38
Ilustración 35. Trayectorias de huracanes con influencia en el estado de Veracruz (NOAA, 2025). 38
Ilustración 36. Número de eventos meteorológicos en un radio de 250 km de la zona en estudio (1852-2021). 42

Ilustración 37. Frecuencia de eventos meteorológicos en un radio de 250 km de la zona en estudio (1852-2021).....42
Ilustración 38. Trayectorias de huracanes con influencia en el sitio de estudio en un radio de 250 km (NOAA, 2025). 43
Ilustración 39. Acercamiento de las trayectorias de huracanes con influencia en un radio de 250 km con centro en el sitio de estudio (NOAA, 2025). 43
Ilustración 40. Trayectoria de los huracanes de mayor influencia en la zona de estudio (NOAA, 2025). 44
Ilustración 41. Nomenclatura de los huracanes de mayor influencia en la zona de estudio (NOAA, 2025). 45
Ilustración 42. Trayectoria del huracán sin nombre, 1931 (NOAA, 2025). 46
Ilustración 43. Acercamiento a la trayectoria del huracán sin nombre, 1931 (NOAA, 2025). 46
Ilustración 44. Características meteorológicas (viento y presión) del huracán sin nombre, 1931 (NOAA, 2025). 48
Ilustración 45. Trayectoria del huracán sin nombre, 1949 (NOAA, 2025). 49
Ilustración 46. Acercamiento a la trayectoria del huracán sin nombre, 1949 (NOAA, 2025). 49
Ilustración 47. Características meteorológicas (viento y presión) del huracán sin nombre, 1949 (NOAA, 2025). 51
Ilustración 48. Trayectoria del huracán Item, 1950 (NOAA, 2025). 52
Ilustración 49. Acercamiento a la trayectoria del huracán Item, 1950 (NOAA, 2025). 52
Ilustración 50. Características meteorológicas (viento y presión) del huracán Item, 1950 (NOAA, 2025). 53
Ilustración 51. Trayectoria del huracán Janet, 1955 (NOAA, 2025). 54
Ilustración 52. Acercamiento a la trayectoria del huracán Janet, 1955 (NOAA, 2025). 55
Ilustración 53. Características meteorológicas (viento y presión) del huracán Janet, 1955 (NOAA, 2025). 57
Ilustración 54. Trayectoria del huracán Stan, 2005 (NOAA, 2025). 58
Ilustración 55. Acercamiento a la trayectoria del huracán Stan, 2005 (NOAA, 2025). 58
Ilustración 56. Características meteorológicas (viento y presión) del huracán Stan, 2005 (NOAA, 2025). 59
Ilustración 57. Trayectoria del huracán Karl, 2010 (NOAA, 2025). 60
Ilustración 58. Acercamiento a la trayectoria del huracán Karl, 2010 (NOAA, 2025). 61
Ilustración 59. Características meteorológicas (viento y presión) del huracán Karl, 2010 (NOAA, 2025). 62
Ilustración 60. Líneas de igual altura relativa de la ola significante para un huracán. 64
Ilustración 61. Predicción anual de marea 2025, Veracruz, Veracruz (CICESE, 2025). 66
Ilustración 62. Amplitud de marea máxima (marea viva) en diciembre de 2025. 66
Ilustración 63. Amplitud de marea mínima (marea muerta) en julio de 2025. 67
Ilustración 64. Observatorio Meteorológico de Veracruz (Google Earth-Hernández C., S., 2021) 70
Ilustración 65. Ubicación de la ESMA VERACRUZob, Veracruz (SMN, 2025). 70
Ilustración 66. Diagramas de frecuencias “n” estacional para primavera y verano del 2011 al 2019 (SMN, 2025). 72
Ilustración 67. Diagramas de frecuencias “n” estacional para otoño e invierno del 2011 al 2019 (SMN, 2025). 72
Ilustración 68. Diagrama de frecuencias “n” del periodo 2011 - 2019 (SMN, 2025). 74
Ilustración 69. Diagramas de agitación “nv” estacional para primavera y verano del 2011 al 2019 (SMN, 2025). 75
Ilustración 70. Diagramas de agitación “nv” estacional para otoño e invierno del 2011 al 2019 (SMN, 2025). 76
Ilustración 71. Diagrama de agitación “nv” del periodo 2011 – 2019 (SMN, 2025). 77
Ilustración 72. Diagrama de velocidad máxima “$V_{máx}$” para primavera y verano del 2011 al 2019 (SMN, 2025). 78

Ilustración 73. Diagrama de velocidad máxima "$V_{máx}$" para otoño e invierno del 2011 al 2019 (SMN, 2025). 79
Ilustración 74. Diagrama de velocidades máximas "$v_{máx}$" del periodo 2011 - 2019 (SMN, 2025).....80
Ilustración 75. Diagrama velocidad máxima cuadrática "$v_{máx}^2$" de primavera y verano del 2011 al 2019 (SMN, 2025). 81
Ilustración 76. Diagrama de velocidad máxima cuadrática "$v_{máx}^2$" de otoño e invierno del 2011 al 2019 (SMN, 2025). 82
Ilustración 77. Diagrama de velocidad máxima cuadrática "$v_{máx}^2$" del periodo 2011 – 2019 (SMN, 2025).....83
Ilustración 78. Corrientes importantes en la zona de estudio (AOML, 2021) 84
Ilustración 79. Corrientes importantes en la zona de estudio (DIGAOHM, SEMAR, 2025).....85
Ilustración 80. Rapidez promedio diaria anual en el Golfo de México (IMTA,CEMIE-Océano, 2005). 86
Ilustración 81. Rapidez promedio diaria anual en la zona de estudio (IMTA,CEMIE-Océano, 2005).....86
Ilustración 82. Rapidez media diaria mensual de enero a junio en el Golfo de México (IMTA,CEMIE-Océano, 2005).....87
Ilustración 83. Rapidez media diaria mensual de julio a diciembre en el Golfo de México (IMTA,CEMIE-Océano, 2005).....88
Ilustración 84. Rapidez media diaria mensual de enero a junio en la zona de estudio (IMTA,CEMIE-Océano, 2005). 89
Ilustración 85. Rapidez media diaria mensual de julio a diciembre en la zona de estudio (IMTA,CEMIE-Océano, 2005). 90

Lista de tablas

Tabla 1. Observaciones y frecuencias de los rangos de alturas de ola para el periodo 2005-2024.....16
Tabla 2. Observaciones y frecuencias de los rangos de alturas de ola en primavera (2005-2024). 17
Tabla 3. Observaciones y frecuencias de los rangos de alturas de ola en verano (2005-2024). 19
Tabla 4. Observaciones y frecuencias de los rangos de alturas de ola en otoño (2005-2024). 20
Tabla 5. Observaciones y frecuencias de los rangos de alturas de ola en invierno (2005-2024).....21
Tabla 6. Régimen estacional de altura de ola significante. 23
Tabla 7. Observaciones y frecuencias de los rangos de periodos de ola para el periodo 2005-2024.....24
Tabla 8. Observaciones y frecuencias de los rangos de periodos de ola en primavera (2005-2024). 25
Tabla 9. Observaciones y frecuencias de los rangos de periodos de ola en verano (2005-2024). 27
Tabla 10. Observaciones y frecuencias de los rangos de periodos de ola en otoño (2005-2024). 28
Tabla 11. Observaciones y frecuencias de los rangos de periodos de ola en invierno (2005-2024).....30
Tabla 12. Régimen estacional de periodo de ola significante. 32
Tabla 13. Frecuencias de las direcciones del oleaje (8 direcciones). 32
Tabla 14. Frecuencias de las direcciones del oleaje (16 direcciones). 34
Tabla 15. Escala de clasificación de huracanes de Saffir-Simpson 2 (CENAPRED, 2002). 36
Tabla 16. Ciclones tropicales formados en el Océano Atlántico que han afectado Veracruz durante el periodo de 1853 al 2024 (NOAA, 2025).....39
Tabla 17. Frecuencia de eventos meteorológicos extraordinarios que se han presentado en un radio de 250 km de la zona en estudio (1852-2021). 42
Tabla 18. Selección de huracanes más representativos en la zona de estudio, por cercanía e intensidad (NOAA, 2025).....45
Tabla 19. Información del huracán sin nombre, 1931 (NOAA, 2025). 47
Tabla 20. Información del huracán sin nombre, 1949 (NOAA, 2025). 50
Tabla 21. Información del huracán Item, 1950 (NOAA, 2025).....53
Tabla 22. Información del huracán Janet, 1955 (NOAA, 2025). 55
Tabla 23. Información del huracán Stan, 2005 (NOAA, 2025). 59
Tabla 24. Información del huracán Karl, 2010 (NOAA, 2025). 61
Tabla 25. Resumen de las alturas y periodos de oleaje ciclónico estimadas por el método del Huracán Estándar. 65
Tabla 26. Estado del viento de acuerdo a la escala de Beaufort (SEMAR, 2025). 68
Tabla 27. Estado del viento de acuerdo a la escala de Douglas (SEMAR, 2025). 69
Tabla 28. Frecuencias estacionales del 2011 al 2019 (SMN, 2025). 71
Tabla 29. Análisis de frecuencias para la región de Boca del Río, Veracruz, del 2011 a 2019 (SMN, 2025). 73
Tabla 30. Análisis de Lenz por estación para región de Boca del Río, Veracruz, del 2011 a 2019 (SMN, 2025). 74
Tabla 31. Análisis de velocidades medias para la región de Boca del Río, Veracruz, del 2011 a 2019 (SMN, 2025). 76
Tabla 32. Análisis de velocidades máximas para la región de Boca del Río, Veracruz, del 2011 a 2019 (SMN, 2025). 77
Tabla 33. Análisis de velocidades máximas región de Boca del Río, Veracruz, del 2011 a 2019 (SMN, 2025). 79
Tabla 34. Análisis de velocidad máxima cuadrática de la región de Boca del Río, Ver., del 2011 a 2019 (SMN, 2025). 80

Tabla 35. Análisis de velocidad máxima cuadrática para la región de Boca del Río, Ver., del 2011 a 2019 (SMN, 2025). 82

1 GENERALIDADES

El presente Estudio Oceanográfico se integra como parte de los estudios multidisciplinarios para el proyecto "*Corredor Escénico en Boca del Río, Veracruz* (COEBR)" y da lugar al análisis y determinación de los parámetros oceanográficos que caracterizan al oleaje, mareas, vientos y corrientes de la zona marítima de Boca del Río, Veracruz, los cuales, sirven como base tanto para la determinación de la sobreelevación por marea de tormenta como para el diseño de la infraestructura del corredor.

El municipio de Boca del Río, se encuentra ubicado en la desembocadura del río Jamapa, en la zona centro-sur del estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, en la región conocida como Sotavento; colinda al norte con el municipio de Veracruz y el Golfo de México, al este con el Golfo de México y el municipio de Alvarado, al sur con los municipios de Alvarado y Medellín y al oeste con los municipios de Medellín y Veracruz (Ilustración 1).



Ilustración 1. Boca del Río, Veracruz (Google Earth, 2025).

1.1 VULNERABILIDAD ANTE FENÓMENOS DE ORIGEN HIDROMETEOROLÓGICO

De acuerdo a la Vulnerabilidad del Destino Turístico de Veracruz (SECTUR et al, 2014), por su ubicación geográfica, Boca del Río se encuentra en una zona de convergencia de eventos atmosféricos, lo que lo vuelve vulnerable al incremento del nivel medio del mar, erosión costera, inundación por marea de tormenta e inundación por escorrentía fluvial. Derivado de lo anterior, se tiene:

- La variación del nivel del mar por cambio climático del orden de 3 mm por año, cuyo valor es obtenido de modelación mundial.

- No obstante la acreción de sedimentos por la detención del transporte litoral generada por la escollera norte del río Jamapa (la cual genera acumulación en la playa Boca del Río Norte), es la pendiente es suave y plana (1%) y la altura de 1 m lo que incluye al sitio dentro de la categoría "muy alta", de acuerdo

al *Índice de Vulnerabilidad Costera* (CVI). Por otro lado, para la playa Boca del Río Sur se encontró una vulnerabilidad costera “alta”, lo cual se debe a que presenta un escarpe de más de 2 m de altura que reduce dicha vulnerabilidad.

- El *Indicador de Inundación por Marea de Tormenta* (IIMT) en Veracruz alcanza la categoría “alta” y se determina a partir de la máxima amplitud de marea de tormenta registrada de 3.1 m.

- La inundación fluvial ante lluvias extremas es muy alta dada la confluencia de los ríos Jamapa y Cotaxtla.

De acuerdo al Atlas de Riesgos del Estado de Veracruz (Gobierno del Estado de Veracruz, et al, 2023), la entidad se encuentra dentro de las latitudes tropicales por lo que es susceptible al impacto de los eventos ciclónicos que se desarrollan en la cuenca del Atlántico y de forma indirecta de los eventos originados en el Golfo de Tehuantepec. A nivel nacional, Veracruz ocupa el segundo lugar con más impactos después de Baja California.

Durante la temporada de lluvias, ciclones y frentes fríos, se presentan vientos intensos que afectan directamente a los municipios de la costa por caída de árboles, espectaculares, postes y remoción de cubiertas.

A lo largo del año, el Golfo de México recibe el efecto de dos sistemas meteorológicos que ocasionan grandes daños a causa de las inundaciones:

- Los frentes fríos como sistemas con giro anticiclónico de mediana latitud y sus vientos *“nortes”.*

- Los ciclones tropicales (depresiones y tormentas tropicales, así como huracanes), que en su mayoría provienen del Caribe.

2 GEOMORFOLOGÍA COSTERA

Las playas del centro del Puerto de Veracruz mantienen una berma con inclinación gradual y playa estable.

En Boca del Río parte de las playas presentan un cantil al inicio y una berma extensa sin variaciones. En época de nortes se provoca una fuerte marejada cambiando el perfil de las playas, reduciendo la berma y formando crestas, para después continuar el perfil con un corte pronunciado de la berma, cabe mencionar que en la parte sumergida del perfil el fondo no presenta cambios o irregularidades (DIGAOHM, SEMAR, 2025).

En la zona de estudio se encuentra el Sistema Lagunar Mandinga con orientación norte a sur y se encuentra constituida por seis elementos principales que se muestran en la Ilustración 2 son: “*estero El Conchal”, “laguna La Larga”, “estero Horcones”, “laguna La Redonda”, “estero de Mandinga*” y “*laguna de Mandinga”*. El sistema lagunar tiene una extensión de 3,250 ha y una longitud de aproximadamente 20 km (Rodriguez-Varela, et al, 2019).

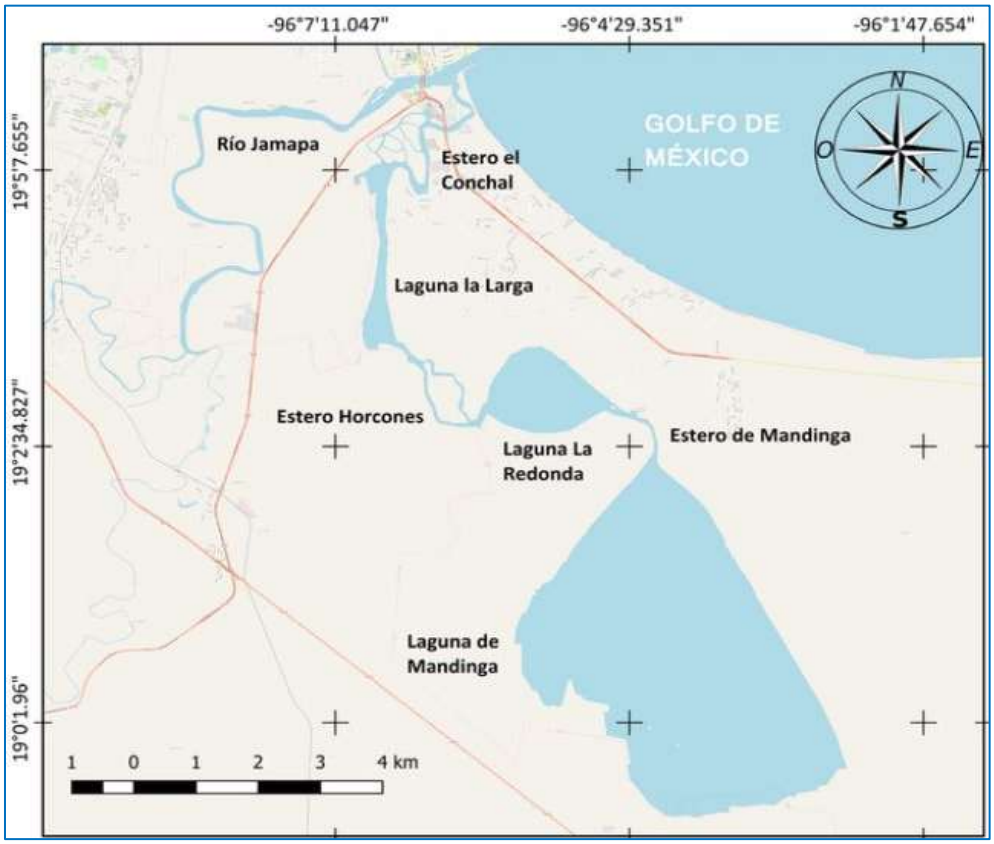


Ilustración 2. Sistema Lagunar Mandinga (Rodriguez-Varela, et al, 2019).

La superficie de Boca del Río es plana sin elevaciones notables y con porciones bajas inundables. La zona costera está sujeta a una influencia marina directa, por la acción de vientos y corrientes de deriva litoral que transportan sedimentos, mismos que son depositados o removidos del litoral.

En la parte norte de la desembocadura del rio Jamapa, la playa tiene una amplitud de 70 m, con pendiente suave del 1% y una altura de playa de 1 m. Estas características son consecuencia de la intervención de la escollera presente en la desembocadura del río, la cual retiene el sedimento y no permite su paso hacia el sur, causando erosión de esta zona como se muestra en la Ilustración 3 e Ilustración 4.



Ilustración 3. Topografía de la playa Boca del Rio Norte (SECTUR et al, 2014).



Ilustración 4. Topografía de la playa Boca del Rio Sur (SECTUR et al, 2014).

Las playas están constituidas por arenas medias a finas, compuestas por arenas feldsarenitas que provienen de una fuente de rocas ígneas ricas en cuarzo y feldespatos, los cuales se encuentran en las partes altas de la sierra, o bien, provienen de material retrabajado de la planicie y dunas costeras que son transportados por los ríos Jamapa o por el transporte litoral (SECTUR et al, 2014).

El municipio de Boca del Río se encuentra en su mayor porción asentado en una zona de dunas costeras que han quedado acumuladas por el desplazamiento de la arena de la playa por acción del viento y el oleaje. Las dunas costeras existen son activas y fósiles.

- Las activas se encuentran inmediatas a la playa y se desplazan por el viento de grano en grano formando series paralelas de montículos.

- Las fósiles tienen un estado más estático puesto que se encuentran cubiertas por vegetación y lo permite que se compacte la arena dándoles más estabilidad.

Cabe mencionar que actualmente las dunas se han ocupado para uso habitacional o se han aplanado con maquinaria para construir en terrenos planos, creando un fuerte contraste con el relieve original de la zona.

Las costas que se encuentran en la zona de estudio son consideradas como costas de emersión (son playas que se levantan por encima del nivel de la línea de costa), originadas por una elevación del litoral o por un descenso en el nivel del mar.

En la zona de estudio se encuentra el sistema fluvial de la cuenca del río Jamapa, con condiciones específicas de formas y procesos, como márgenes acumulativas, un pequeño delta, meandros antiguos, otros.

Se han construido algunos espigones de manera perpendicular a la línea de costa, con el fin de incrementar el aporte de sedimentos a la playa y de proteger a la costa del impacto directo del oleaje, considerando que los principales usos del suelo son habitacionales y de servicios turísticos (Mesoamérica, 2025).

3 OLEAJE

El oleaje se genera por la acción del viento sobre la superficie del agua y su conocimiento es fundamental en los proyectos de estructuras cercanas a la costa y para la definición de los procesos litorales que generalmente están relacionados por el tiempo de acción, la dirección y la magnitud del oleaje incidente sobre la costa. Las olas en el océano, aparecen a menudo como un gran conjunto de crestas y valles en constante cambio sobre la superficie del agua, debido a la irregularidad de la forma de la ola y a las diferentes direcciones en que se propaga.

Las perturbaciones en un medio acuático de magnitudes tan grandes como es el medio marítimo son dinámicas y constantes, el fenómeno más dinámico es el oleaje, el cual, es producido por la fricción que genera el viento sobre la superficie libre del agua, produciendo una perturbación en un área denominada fetch, sobre la cual, se considera que la acción del viento mantiene la misma dirección, sentido e intensidad, provocando una onda de corto periodo que incrementa su intensidad conforme avanza dentro de la región llamada "*sea"*. El sea, es la zona de generación, es donde se generan ondas elementales cuya altura, frecuencia, fase y dirección son aleatorias e independientes y cuya interferencia da lugar a una disposición caótica de la superficie líquida, conocida como mar de viento u oleaje local. Al superar la zona de generación, el oleaje se ha desarrollado por completo en una zona denominada región distante o *"swell",* sobre la cual, la teoría indica que avanza sin perturbaciones mientras el trayecto de la ola ocurra en la

región de aguas profundas, ya que al pasar a la región de aguas intermedias, la ola sufrirá cambios provocados por los efectos que tiene el fondo sobre su trayectoria, modificando su longitud, el swell, es entonces, la zona de decaimiento.

3.1 OLEAJE NORMAL

Se considera oleaje normal, al que actúa la mayor parte del tiempo, generado bajo condiciones meteorológicas normales. Las principales características del oleaje son:

- Altura.
- Periodo.
- Dirección.

Para la determinación de los parámetros metoceánicos (oleaje y vientos), se empleó la información disponible de la *Station 42055 Bay of Campeche* (Ilustración 5), propiedad de la *National Data Buoy Center* (NDBC). Se trata de una boya de espuma de 3 m de altura.



Ilustración 5. Boya Station 42055 Bay of Campeche (NOAA-NDBC, 2025).

Las coordenadas de la boya son 22.140 N y 94.112 W y su anemómetro se encuentra a una altura de 4.10 m (Ilustración 6). Se dispone de datos históricos a partir del año 2005 hasta el 2024 (20 años), con intervalos de tiempo de una hora.



Ilustración 6. Localización de la Station 42055 Bay of Campeche (NOAA-NDBC, 2025; Google Earth, 2025).

Los registros históricos que se analizaron contienen información desde el año 2005 al 2024, correspondiente a altura de ola significante (expresada en metros), periodo de ola dominante (en segundos) y dirección de donde vienen las olas con periodo dominante (en grados). En los registros la altura significante de la ola se calcula como el promedio del tercio más alto de todas las alturas de las olas durante el período de muestreo de 20 minutos; el período de ola dominante, es el período con la energía de onda máxima; por último, la dirección de donde vienen las olas (de período dominante), cuyas unidades están en grados desde el norte verdadero, aumentando en sentido horario (con el norte en 0° y el este en 90°).

A partir de la información antes mencionada, se determinaron las alturas de ola y periodos significantes, para un régimen estacional y de todo el universo de información, además de las direcciones de oleaje.

3.1.1 Altura de ola “H”

A partir de la información disponible para el periodo de análisis que va del 2005 al 2024 (20 años), en la Tabla 1 se agrupa el número de observaciones de alturas de ola en intervalos establecidos a cada 0.50 m, lo cual, permite identificar los rangos de altura en los que el oleaje se presenta con mayor frecuencia.

Derivado del análisis, se identifican tres rangos con mayor número de observaciones de olas; en primer lugar se encuentra el rango que va de 0.51 m a 1.00 m, al cual corresponde una frecuencia del 35.69%, seguido por los rangos de 1.01 m a 1.50 m y de 1.51 m a 2.00 m, con frecuencias del 30.62% y 14.58%, respectivamente; en su conjunto, estos rangos alcanzan el 80.89% de las olas que integran al universo de

información. Por otro lado, la frecuencia para los intervalos restantes varía a partir del 8.27% hasta porcentajes que no son apreciables debido al valor tan bajo que representan.

Tabla 1. Observaciones y frecuencias de los rangos de alturas de ola para el periodo 2005-2024.

H (m)	Número de observaciones	Frecuencia (%)
0 - 0.5	13,961	8.27
0.51 - 1	60,230	35.69
1.01 - 1.5	51,678	30.62
1.51 - 2	24,598	14.58
2.01 - 2.5	9,147	5.42
2.51 - 3	4,338	2.57
3.01 - 3.5	2,286	1.35
3.51 - 4	1,255	0.74
4.01 - 4.5	611	0.36
4.51 - 5	357	0.21
5.01 - 5.5	167	0.10
5.51 - 6	69	0.04
6.01 - 6.5	35	0.02
6.51 - 7	14	0.01
7.01 - 7.5	6	0.00
7.51 - 8	1	0.00
8.01 - 8.5	1	0.00
8.51 - 9	3	0.00
Total =	**168,757**	**100.00**

En la Ilustración 7 se grafican los valores de la tabla correspondientes al universo de información. Dado que hay valores con valores de frecuencia muy pequeños, adicionalmente se integra una gráfica considerando únicamente dichos valores (Ilustración 8).

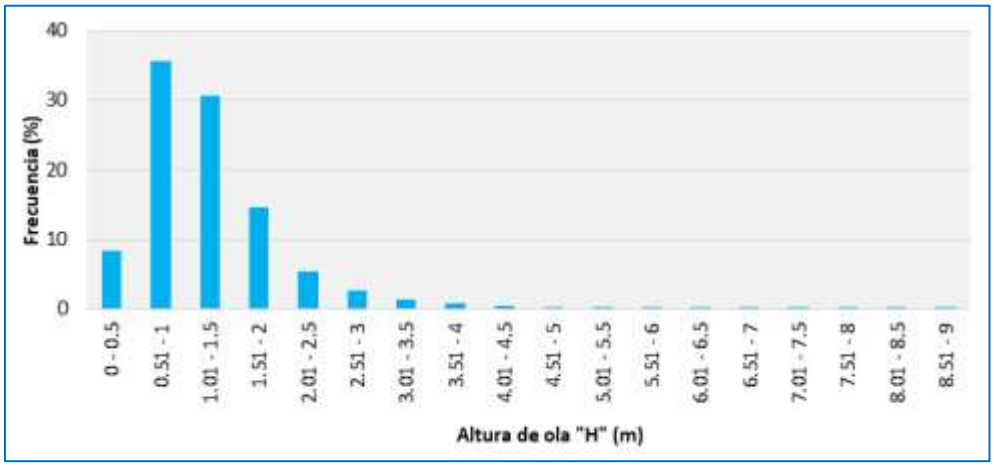


Ilustración 7. Frecuencias de los rangos de alturas de ola para el periodo 2005-2024.

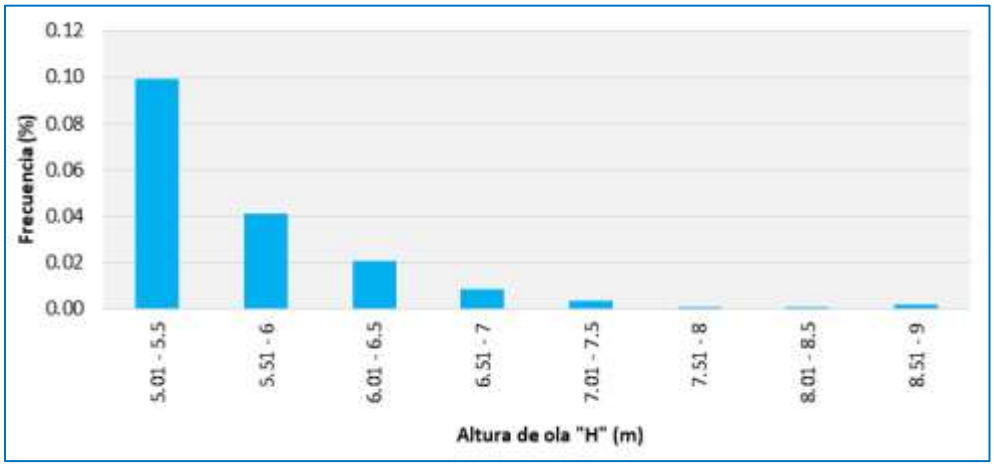


Ilustración 8. Frecuencias de alturas de ola para los rangos menos representativos del periodo 2005-2024.

Adicional a lo anterior, para el periodo del 2005 al 2024, se lleva a cabo el análisis de forma estacional (primavera, verano, otoño e invierno), agrupando las observaciones de alturas de ola en intervalos establecidos en diferentes alturas.

En primavera los intervalos se consideran a cada 0.40 m y se identifican cuatro con mayor número de observaciones; el rango que va de 0.81 m a 1.20 m es el más alto y tiene una frecuencia del 30.09%, seguido por los rangos de 1.21 m a 1.60 m, 0.41 m a 0.80 m y de 1.61 m a 2.00 m, con frecuencias del 27.32%, 17.71% y 14.41%, respectivamente; en su conjunto, estos rangos alcanzan el 89.53% de las olas. Por otro lado, la frecuencia para los intervalos restantes varía a partir del 4.87% hasta 0.00%. Lo anterior se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Observaciones y frecuencias de los rangos de alturas de ola en primavera (2005-2024).

H (m)	Número de observaciones	Frecuencia (%)
0 - 0.4	1,104	2.66
0.41 - 0.8	7,356	17.71
0.81 - 1.2	12,500	30.09
1.21 - 1.6	11,349	27.32
1.61 - 2	5,986	14.41
2.01 - 2.4	2,022	4.87
2.41 - 2.8	714	1.72
2.81 - 3.2	284	0.68
3.21 - 3.6	124	0.30
3.61 - 4	48	0.12
4.01 - 4.4	20	0.05
4.41 - 4.8	16	0.04
4.81 - 5.2	7	0.02
5.21 - 5.6	7	0.02
5.61 - 6	1	0.00
Total =	**41,538**	**100.00**

En la Ilustración 9 se grafican los valores de la tabla correspondientes a los registros de primavera, asimismo, se integra una gráfica que permite visualizar los valores con frecuencias menores al 0.12% (Ilustración 10).

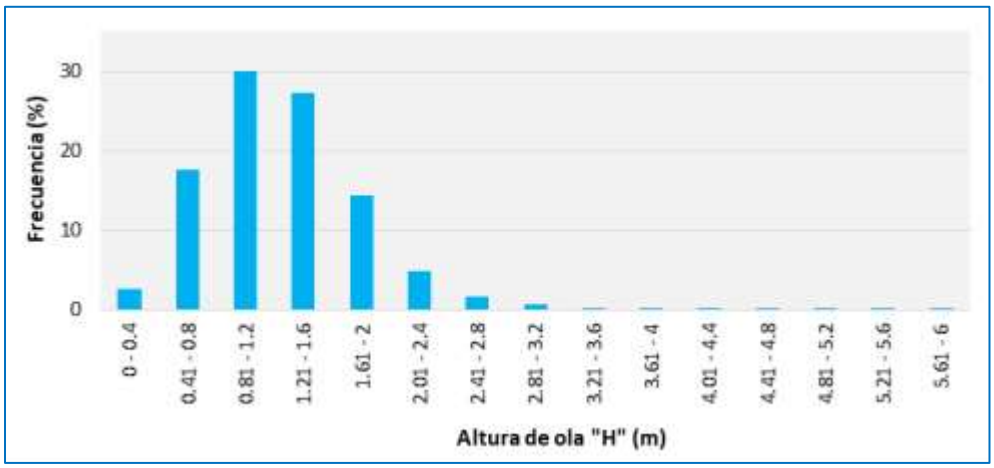


Ilustración 9. Frecuencias de los rangos de alturas de ola para primavera (2005-2024).

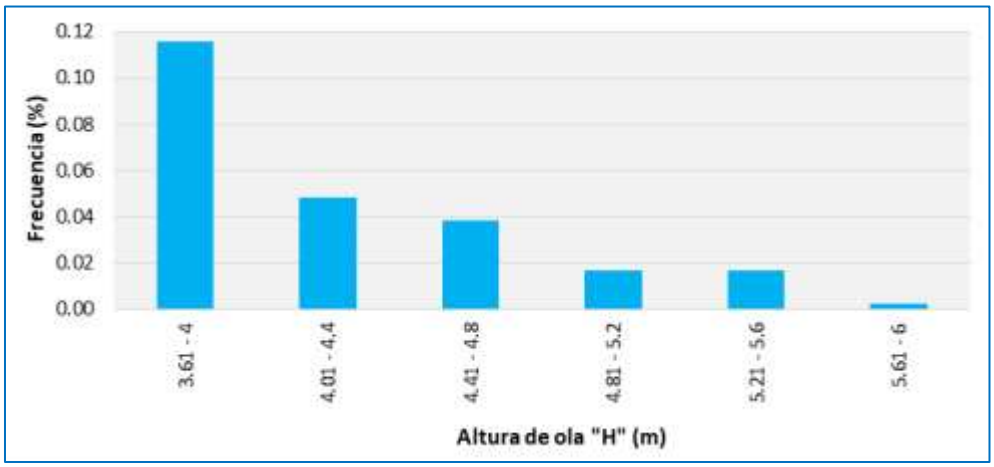


Ilustración 10. Frecuencias de alturas de ola para los rangos menos representativos de primavera (2005-2024).

Para el verano, los intervalos se consideran a cada 0.50 m y se identifican tres con mayor número de observaciones; el rango que va de 0.51 m a 1.00 m es el más alto con una frecuencia del 50.24%, seguido por los rangos de 1.01 m a 1.50 m y de 0.00 m a 0.50 m, con frecuencias del 22.55% y 18.01%, respectivamente; en su conjunto, estos rangos alcanzan el 90.80% de las olas. Por otro lado, la frecuencia para los intervalos restantes varía a partir del 6.13% hasta 0.00%. Lo anterior se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Observaciones y frecuencias de los rangos de alturas de ola en verano (2005-2024).

H (m)	Número de observaciones	Frecuencia (%)
0 - 0.5	8,456	18.01
0.51 - 1	23,588	50.24
1.01 - 1.5	10,587	22.55
1.51 - 2	2,877	6.13
2.01 - 2.5	800	1.70
2.51 - 3	341	0.73
3.01 - 3.5	156	0.33
3.51 - 4	63	0.13
4.01 - 4.5	30	0.06
4.51 - 5	17	0.04
5.01 - 5.5	15	0.03
5.51 - 6	9	0.02
6.01 - 6.5	3	0.01
6.51 - 7	2	0.00
7.01 - 7.5	3	0.01
7.51 - 8	0	0.00
8.01 - 8.5	1	0.00
8.51 - 9	3	0.01
Total =	**46,951**	**100.00**

En la Ilustración 11 se grafican los valores de la tabla correspondientes a los registros de verano, además, se integra una gráfica que permite visualizar los valores con frecuencias menores al 0.13% (Ilustración 12).

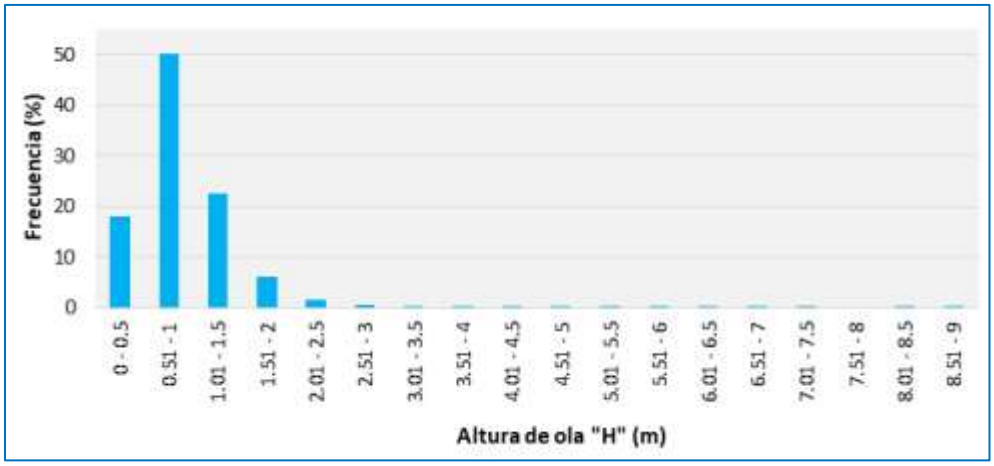


Ilustración 11. Frecuencias de los rangos de alturas de ola para verano (2005-2024).

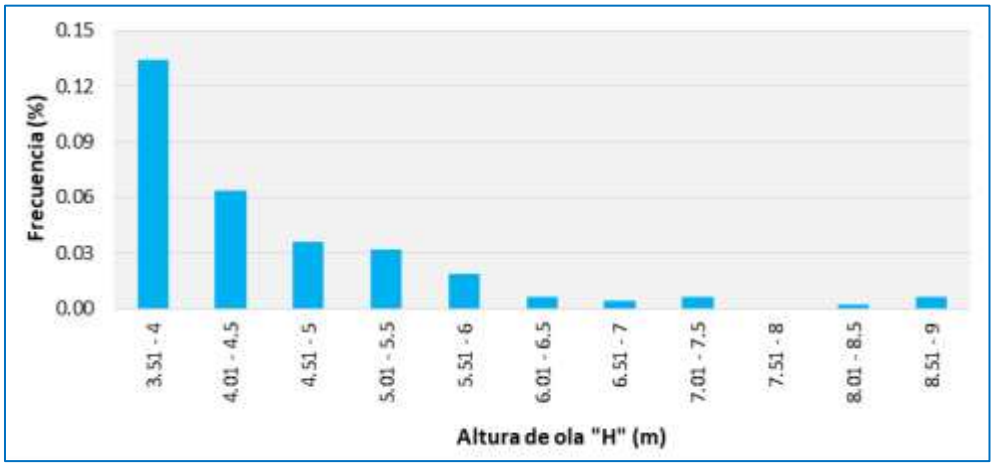


Ilustración 12. Frecuencias de alturas de ola para los rangos menos representativos de verano (2005-2024).

En otoño los intervalos se consideran a cada 0.50 m y se identifican tres con mayor número de observaciones; el rango que va de 0.51 m a 1.00 m es el más alto y tiene una frecuencia del 33.41%, seguido por los rangos de 1.01 m a 1.50 m y de 1.51 m a 2.00 m, con frecuencias del 30.22% y 14.89%, respectivamente; en su conjunto, estos rangos alcanzan el 78.52% de las olas. Por otro lado, la frecuencia para los intervalos restantes varía a partir del 6.96% hasta 0.00%. Lo anterior se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4. Observaciones y frecuencias de los rangos de alturas de ola en otoño (2005-2024).

H (m)	Número de observaciones	Frecuencia (%)
0 - 0.5	2,604	5.83
0.51 - 1	14,929	33.41
1.01 - 1.5	13,503	30.22
1.51 - 2	6,656	14.89
2.01 - 2.5	3,110	6.96
2.51 - 3	1,741	3.90
3.01 - 3.5	1,004	2.25
3.51 - 4	530	1.19
4.01 - 4.5	260	0.58
4.51 - 5	198	0.44
5.01 - 5.5	87	0.19
5.51 - 6	32	0.07
6.01 - 6.5	23	0.05
6.51 - 7	9	0.02
7.01 - 7.5	1	0.00
Total =	**44,687**	**100.00**

En la Ilustración 13 se grafican los valores de la tabla correspondientes a los registros de otoño, asimismo, se integra una gráfica que permite visualizar los valores con frecuencias menores al 0.19% (Ilustración 14).

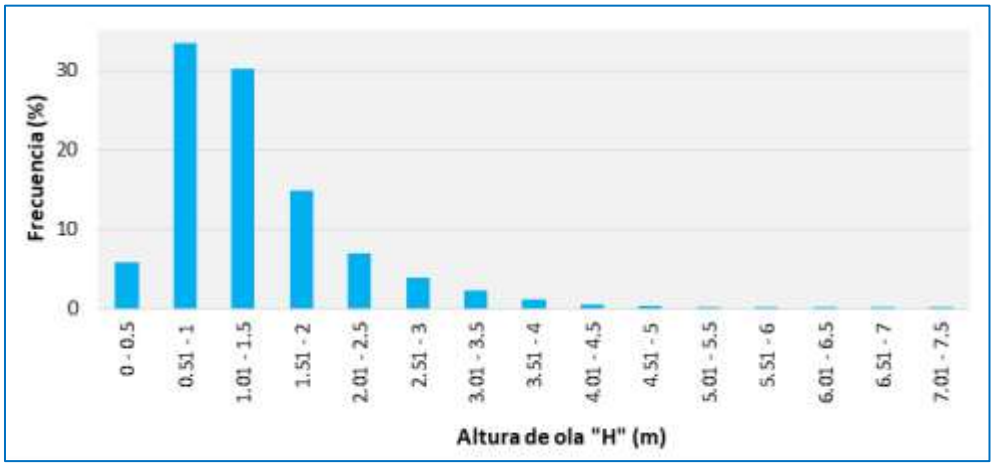


Ilustración 13. Frecuencias de los rangos de alturas de ola para otoño (2005-2024).

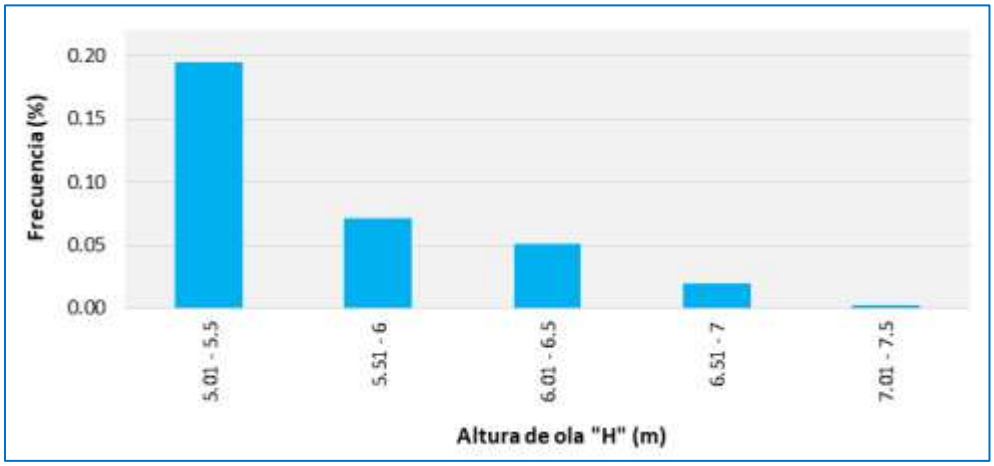


Ilustración 14. Frecuencias de alturas de ola para los rangos menos representativos de otoño (2005-2024).

En el caso del invierno, los intervalos se consideran a cada 0.50 m y se identifican cuatro con mayor número de observaciones; el rango que va de 1.01 m a 1.50 m es el más alto con una frecuencia del 34.15%, seguido por los rangos de 0.51 m a 1.00 m, 1.51 m a 2.00 m y de 2.01 m a 2.50 m, con frecuencias del 26.50%, 18.76% y 8.31%, respectivamente; en su conjunto, estos rangos alcanzan el 87.72% de las olas. Por otro lado, la frecuencia para los intervalos restantes varía a partir del 4.59% hasta 0.00%. Lo anterior se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5. Observaciones y frecuencias de los rangos de alturas de ola en invierno (2005-2024).

H (m)	Número de observaciones	Frecuencia (%)
0 - 0.5	719	2.02
0.51 - 1	9,428	26.50
1.01 - 1.5	12,150	34.15
1.51 - 2	6,675	18.76

H (m)	Número de observaciones	Frecuencia (%)
2.01 - 2.5	2,957	8.31
2.51 - 3	1,632	4.59
3.01 - 3.5	914	2.57
3.51 - 4	586	1.65
4.01 - 4.5	293	0.82
4.51 - 5	131	0.37
5.01 - 5.5	54	0.15
5.51 - 6	27	0.08
6.01 - 6.5	9	0.03
6.51 - 7	3	0.01
7.01 - 7.5	2	0.01
7.51 - 8	1	0.00
Total =	**35,581**	**100.00**

En la Ilustración 15 se grafican los valores de la tabla correspondientes a los registros de invierno, al igual que en las estaciones anteriores, se integra una gráfica que permite visualizar los valores con frecuencias menores al 0.15% (Ilustración 16).

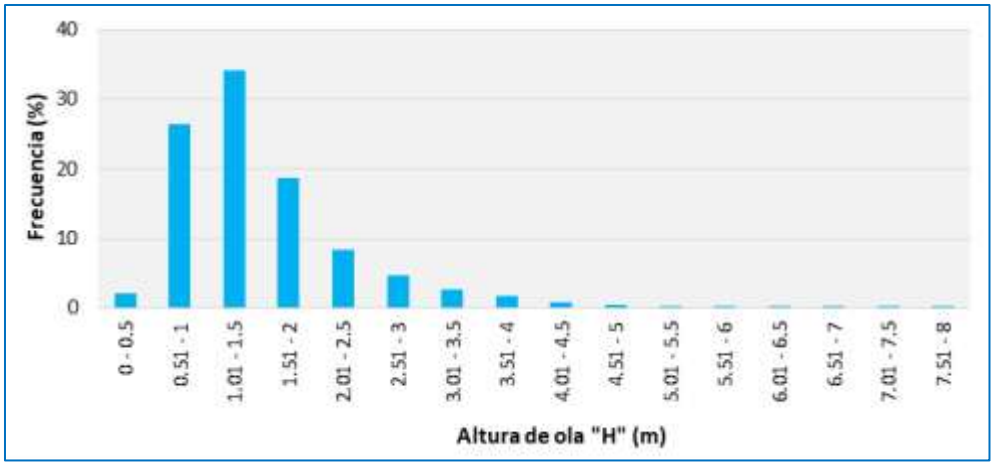


Ilustración 15. Frecuencias de los rangos de alturas de ola para invierno (2005-2024).

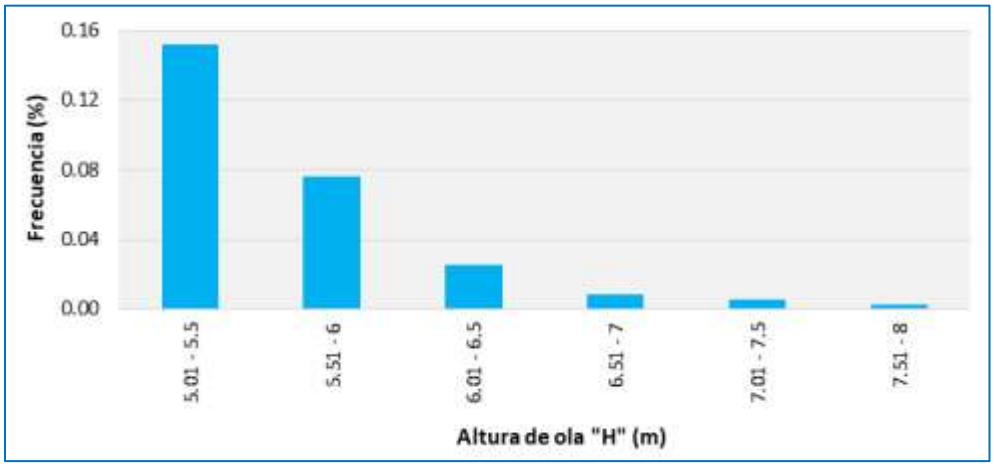


Ilustración 16. Frecuencias de alturas de ola para los rangos menos representativos de invierno (2005-2024).

3.1.2 Altura de ola significante "$H_{1/3}$"

La altura de ola significante $H_{1/3}$, corresponde al promedio del tercio de los valores más altos de un tren de olas dado. Para todo el universo de información, la altura de ola significante, resulta ser:

$$H_{1/3} = 1.98 \text{ m}$$

Los resultados de dicha altura para cada una de las estaciones del año se resumen en la Tabla 6 y en la Ilustración 17, donde se identifica que la altura de ola significante de mayor magnitud se presenta durante el invierno alcanzando un valor de $H_{1/3}$ = 2.35 m, mientras que la de menor altura se presenta durante el verano con $H_{1/3}$ = 1.42 m.

Tabla 6. Régimen estacional de altura de ola significante.

Estación	$H_{1/3}$ (m)
Invierno	2.35
Primavera	1.84
Verano	1.42
Otoño	2.22

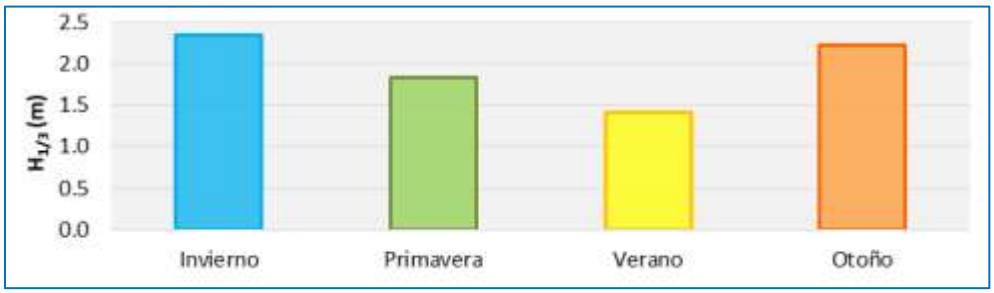


Ilustración 17. Gráfica del régimen estacional de altura de ola significante.

3.1.3 Periodo de ola “T”

A partir de la información disponible para el periodo de análisis (2005 al 2024), en la Tabla 7 se agrupa el número de observaciones de periodos de ola en intervalos establecidos a cada 1.50 s. Lo cual permite identificar los rangos de periodos con mayor frecuencia.

Derivado del análisis, se identifican tres rangos con mayor número de observaciones de olas; en primer lugar se encuentra el rango que va de 4.51 s a 6.00 s, al cual corresponde una frecuencia del 39.06%, seguido por los rangos de 6.01 s a 7.50 s y de 7.51 s a 9.00 s, con frecuencias del 29.99% y 14.37%, respectivamente; en su conjunto, estos rangos alcanzan el 83.42% de las olas que integran al universo de información. Por otro lado, la frecuencia para los intervalos restantes varía a partir del 8.52% hasta porcentajes que no son apreciables debido al valor tan bajo que representan.

Tabla 7. Observaciones y frecuencias de los rangos de periodos de ola para el periodo 2005-2024.

T (s)	Número de observaciones	Frecuencia (%)
0 - 1.5	14	0.01
1.51 - 3	379	0.23
3.01 - 4.5	14,299	8.52
4.51 - 6	65,559	39.06
6.01 - 7.5	50,336	29.99
7.51 - 9	24,117	14.37
9.01 - 10.5	10,853	6.47
10.51 - 12	1,844	1.10
12.01 - 13.5	359	0.21
13.51 - 15	91	0.05
15.01 - 16.5	4	0.00
16.51 - 18	1	0.00
18.01 - 19.5	1	0.00
19.51 - 21	0	0.00
21.01 - 22.5	0	0.00
22.51 - 24	0	0.00
24.01 - 25.5	0	0.00
25.51 - 27	1	0.00
Total =	**167,858**	**100.00**

En la Ilustración 18 se grafican los valores de la tabla correspondientes al universo de información. Dado que hay valores con valores de frecuencia muy pequeños, adicionalmente se integra una gráfica considerando únicamente dichos valores (Ilustración 19).

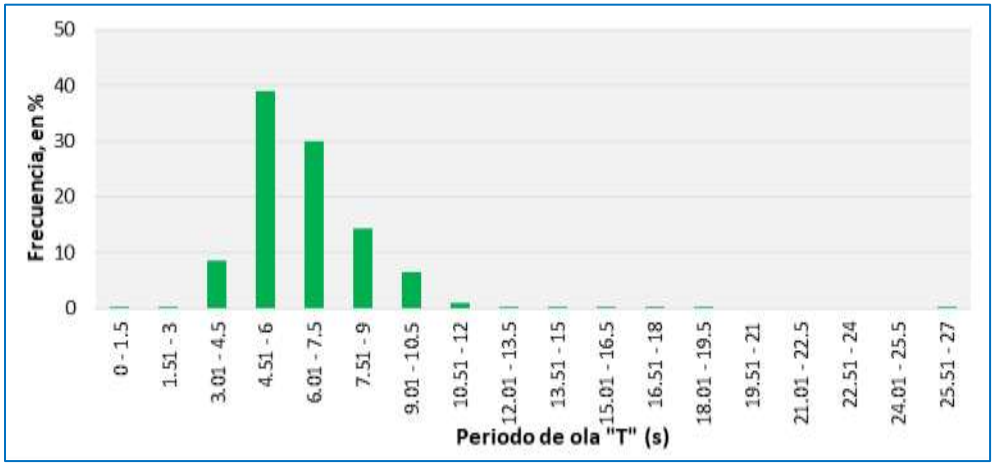


Ilustración 18. Frecuencias de los rangos de periodo de ola para el periodo 2005-2024.

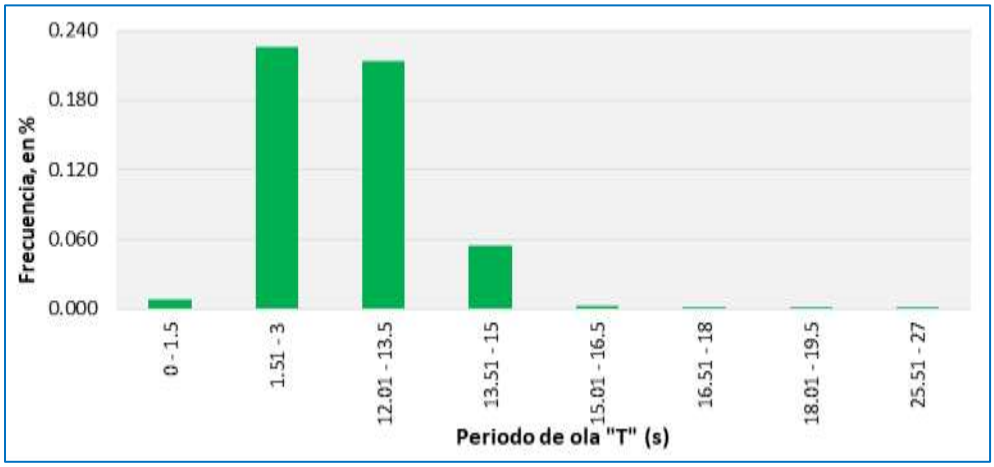


Ilustración 19. Frecuencias de periodos de ola para los rangos menos representativos del periodo 2005-2024.

En primavera los intervalos se consideran a cada 0.75 s y se identifican cuatro con mayor número de observaciones; el rango que va de 6.51 s a 7.25 s es el más alto y tiene una frecuencia del 27.41%, seguido por los rangos de 5.76 s a 6.50 s, 5.01 s a 5.75 s y de 4.26 s a 5.00 s, con frecuencias del 25.10%, 15.49% y 11.70%, respectivamente; en su conjunto, estos rangos alcanzan el 79.70% de las olas. Por otro lado, la frecuencia para los intervalos restantes varía a partir del 8.21% hasta 0.00%. Lo anterior se presenta en la Tabla 8.

Tabla 8. Observaciones y frecuencias de los rangos de periodos de ola en primavera (2005-2024).

T (s)	Número de observaciones	Frecuencia (%)
2 - 2.75	60	0.15
2.76 - 3.5	364	0.88
3.51 - 4.25	1,263	3.07
4.26 - 5	4,819	11.70

T (s)	Número de observaciones	Frecuencia (%)
5.01 - 5.75	6,382	15.49
5.76 - 6.5	10,340	25.10
6.51 - 7.25	11,291	27.41
7.26 - 8	3,382	8.21
8.01 - 8.75	1,761	4.27
8.76 - 9.5	985	2.39
9.51 - 10.25	401	0.97
10.26 - 11	118	0.29
11.01 - 11.75	22	0.05
11.76 - 12.5	11	0.03
12.51 - 13.25	1	0.00
Total =	**41,200**	**100.00**

En la Ilustración 20 se grafican los valores de la tabla correspondientes a los registros de primavera, asimismo, se integra una gráfica que permite visualizar los valores con frecuencias menores al 0.97% (Ilustración 21).

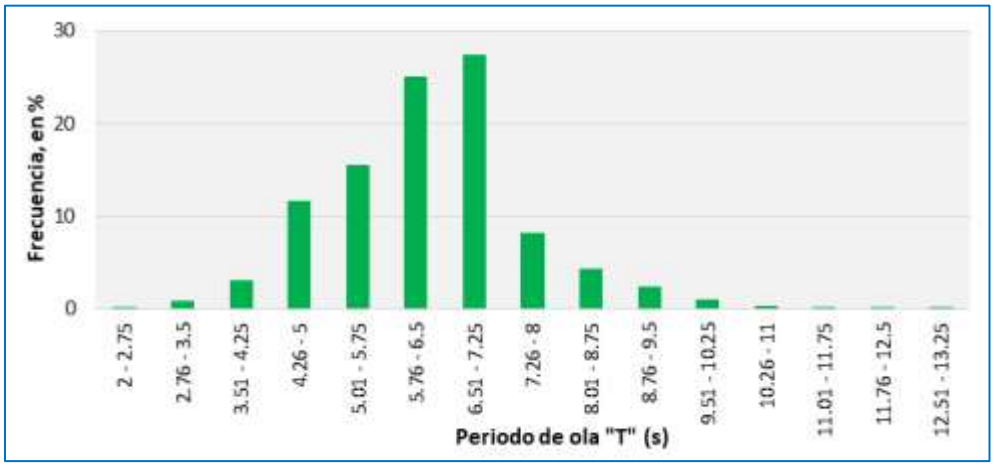


Ilustración 20. Frecuencias de los rangos de periodos de ola para primavera (2005-2024).

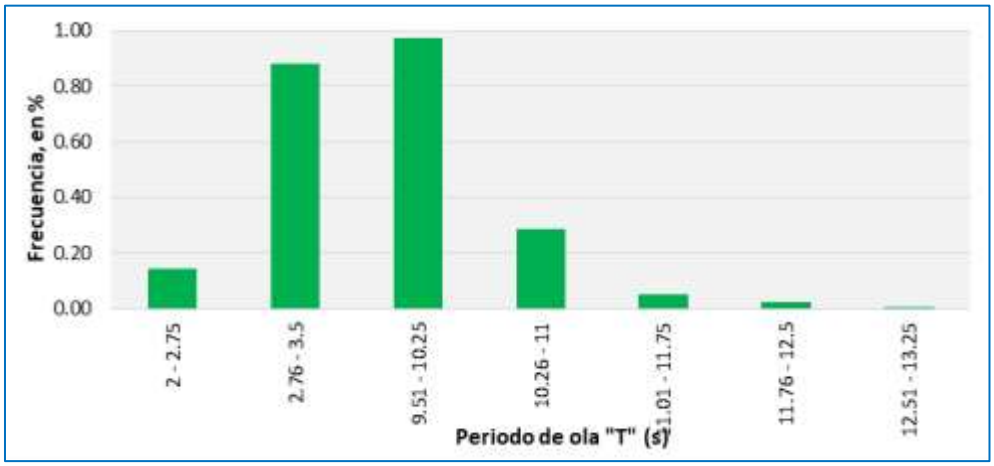


Ilustración 21. Frecuencias de los periodos de ola para los rangos menos representativos de primavera (2005-2024).

Para el verano, los intervalos se consideran a cada 1.00 s y se identifican tres con mayor número de observaciones; el rango que va de 4.01 s a 5.00 s es el más alto con una frecuencia del 34.51%, seguido por los rangos de 5.01 s a 6.00 s y de 6.01 s a 7.00 s, con frecuencias del 33.60% y 13.62%, respectivamente; en su conjunto, estos rangos alcanzan el 81.73% de las olas. Por otro lado, la frecuencia para los intervalos restantes varía a partir del 7.92% hasta 0.01%. Lo anterior se presenta en la Tabla 9.

Tabla 9. Observaciones y frecuencias de los rangos de periodos de ola en verano (2005-2024).

T (s)	Número de observaciones	Frecuencia (%)
2 - 3	199	0.43
3.01 - 4	3,674	7.92
4.01 - 5	16,012	34.51
5.01 - 6	15,590	33.60
6.01 - 7	6,318	13.62
7.01 - 8	2,722	5.87
8.01 - 9	724	1.56
9.01 - 10	744	1.60
10.01 - 11	133	0.29
11.01 - 12	94	0.20
12.01 - 13	134	0.29
13.01 - 14	42	0.09
14.01 - 15	12	0.03
15.01 - 16	3	0.01
Total =	**46,401**	**100.00**

En la Ilustración 22 se grafican los valores de la tabla correspondientes a los registros de verano, además, se integra una gráfica que permite visualizar los valores con frecuencias menores al 0.29% (Ilustración 23).

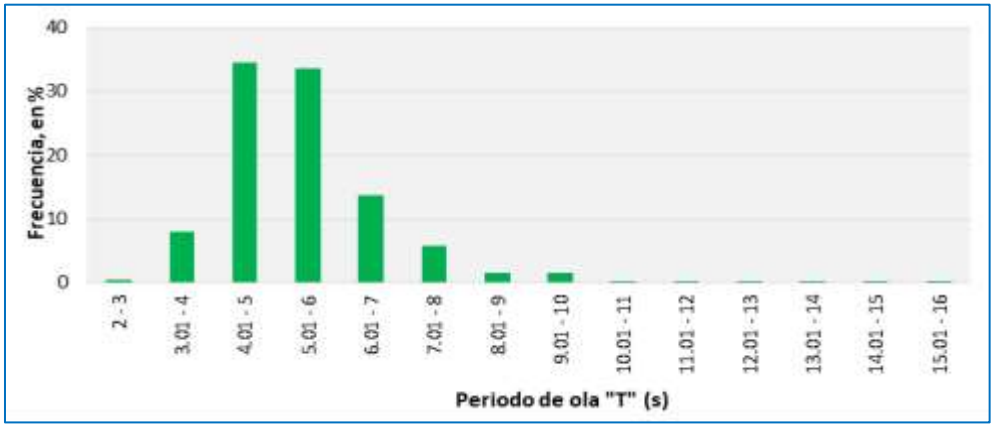


Ilustración 22. Frecuencias de los rangos de periodos de ola para verano (2005-2024).

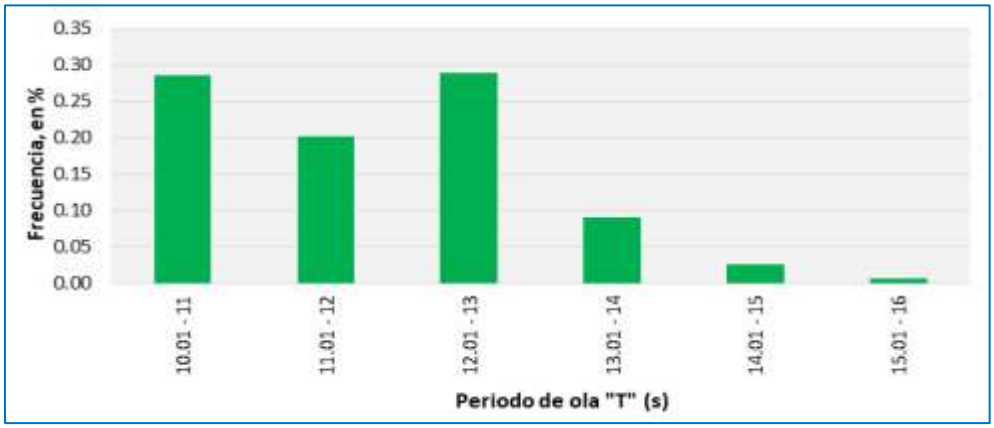


Ilustración 23. Frecuencias de los periodos de ola para los rangos menos representativos de verano (2005-2024).

En otoño los intervalos se consideran a cada 0.90 s y se identifican cinco con mayor número de observaciones; el rango que va de 6.51 s a 7.40 s es el más alto y tiene una frecuencia del 20.89%, seguido por los rangos de 4.71 s a 5.60 s, 8.31 s a 9.20 s, 5.61 s a 6.50s y de 7.41 s a 8.30 s, con frecuencias del 19.06%, 16.76%, 16.68% y 10.99%, respectivamente; en su conjunto, estos rangos alcanzan el 84.38% de las olas. Por otro lado, la frecuencia para los intervalos restantes varía a partir del 7.43% hasta 0.03%. Lo anterior se presenta en la Tabla 10.

Tabla 10. Observaciones y frecuencias de los rangos de periodos de ola en otoño (2005-2024).

T (s)	Número de observaciones	Frecuencia (%)
2 - 2.9	32	0.07
2.91 - 3.8	700	1.57
3.81 - 4.7	3,321	7.43
4.71 - 5.6	8,517	19.06
5.61 - 6.5	7,453	16.68
6.51 - 7.4	9,335	20.89

T (s)	Número de observaciones	Frecuencia (%)
7.41 - 8.3	4,911	10.99
8.31 - 9.2	7,489	16.76
9.21 - 10.1	1,749	3.91
10.11 - 11	625	1.40
11.01 - 11.9	324	0.73
11.91 - 12.8	141	0.32
12.81 - 13.7	42	0.09
13.71 - 14.6	23	0.05
14.61 - 15.5	14	0.03
Total =	**44,676**	**100.00**

En la Ilustración 24 se grafican los valores de la tabla correspondientes a los registros de otoño, asimismo, se integra una gráfica que permite visualizar los valores con frecuencias menores al 0.09% (Ilustración 25).

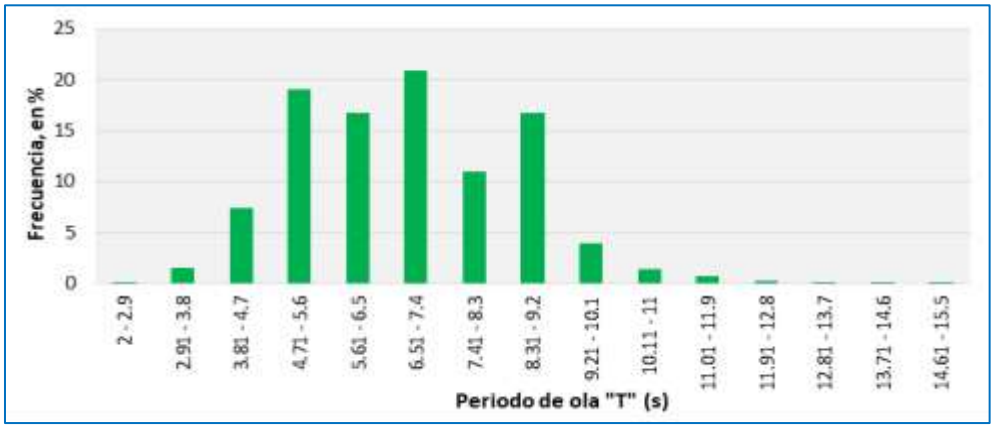


Ilustración 24. Frecuencias de los rangos de periodos de ola para otoño (2005-2024).

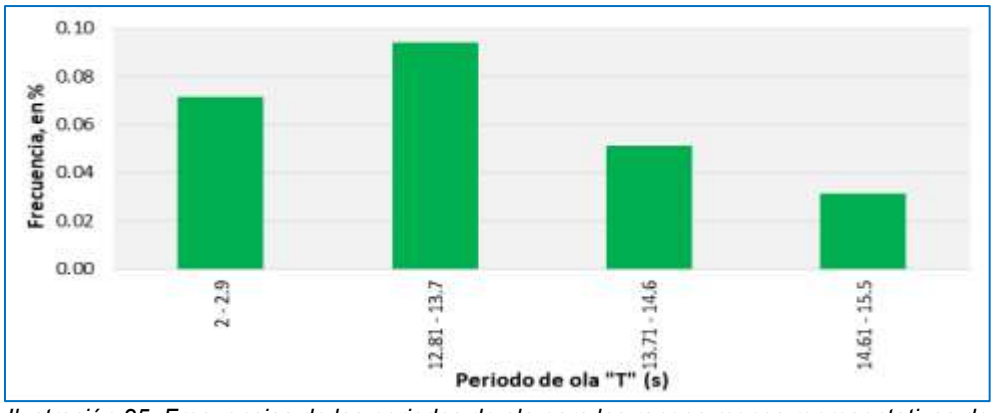


Ilustración 25. Frecuencias de los periodos de ola para los rangos menos representativos de otoño (2005-2024).

En el caso del invierno, los intervalos se consideran a cada 1.50 s y se identifican cuatro con mayor número

de observaciones; el rango que va de 6.01 s a 7.50 s es el más alto con una frecuencia del 34.08%, seguido por los rangos de 4.51 s a 6.00 s, 7.51 s a 9.00 s y de 9.01 s a 10.50 s, con frecuencias del 26.88%, 22.60% y 10.53%, respectivamente; en su conjunto, estos rangos alcanzan el 94.09% de las olas. Por otro lado, la frecuencia para los intervalos restantes varía a partir del 4.24% hasta 0.00%. Lo anterior se presenta en la Tabla 11.

Tabla 11. Observaciones y frecuencias de los rangos de periodos de ola en invierno (2005-2024).

T (s)	Número de observaciones	Frecuencia (%)
0 - 1.5	14	0.04
1.51 - 3	22	0.06
3.01 - 4.5	1,507	4.24
4.51 - 6	9,563	26.88
6.01 - 7.5	12,126	34.08
7.51 - 9	8,041	22.60
9.01 - 10.5	3,746	10.53
10.51 - 12	528	1.48
12.01 - 13.5	30	0.08
13.51 - 15	0	0.00
15.01 - 16.5	1	0.00
16.51 - 18	1	0.00
18.01 - 19.5	1	0.00
19.51 - 21	0	0.00
21.01 - 22.5	0	0.00
22.51 - 24	0	0.00
24.01 - 25.5	0	0.00
25.51 - 27	1	0.00
Total =	**35,581**	**100.00**

En la Ilustración 26 se grafican los valores de la tabla correspondientes a los registros de invierno, al igual que en las estaciones anteriores, se integra una gráfica que permite visualizar los valores con frecuencias menores al 0.08% (Ilustración 27).

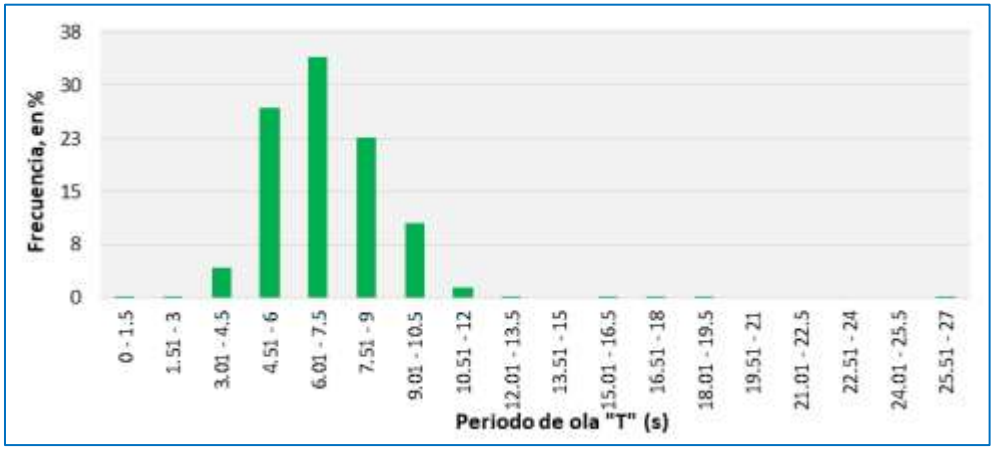


Ilustración 26. Frecuencias de los rangos de periodos de ola para invierno (2005-2024).

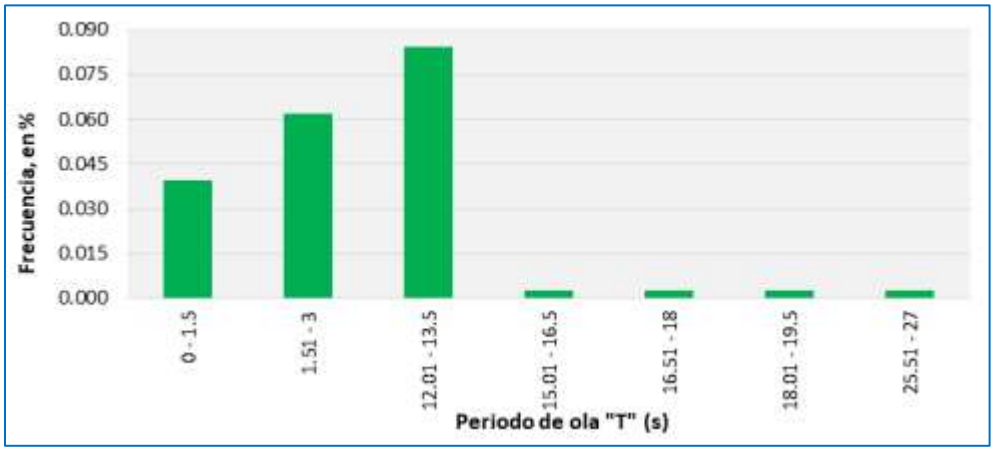


Ilustración 27. Frecuencias de los periodos de ola para los rangos menos representativos de invierno (2005-2024).

3.1.4 Periodo de ola significante "$T_{1/3}$"

La importancia de determinar un valor de periodo de ola significante es la misma que determinar una altura de ola significante, por ello para identificar este valor, se emplea el mismo criterio utilizado en la determinación de $H_{1/3}$, es decir, se determina el promedio aritmético del tercio de periodos de ola de mayor valor de acuerdo al universo de datos con que se cuenta.

Para todo el universo de información, el periodo de ola significante, resulta ser:

$$T_{1/3} = 8.08 \text{ s}$$

Los resultados de dicho periodo para cada una de las estaciones del año se resumen en la Tabla 12 y en la Ilustración 28, donde se identifica que el periodo de ola significante de mayor magnitud se presenta durante el otoño alcanzando un valor de $T_{1/3}$ = 8.73 s, mientras que el de menor magnitud se presenta durante el verano con $T_{1/3}$ = 6.80 s.

Tabla 12. Régimen estacional de periodo de ola significante.

Estación	$T_{1/3}$ (s)
Invierno	8.58
Primavera	7.63
Verano	6.80
Otoño	8.73

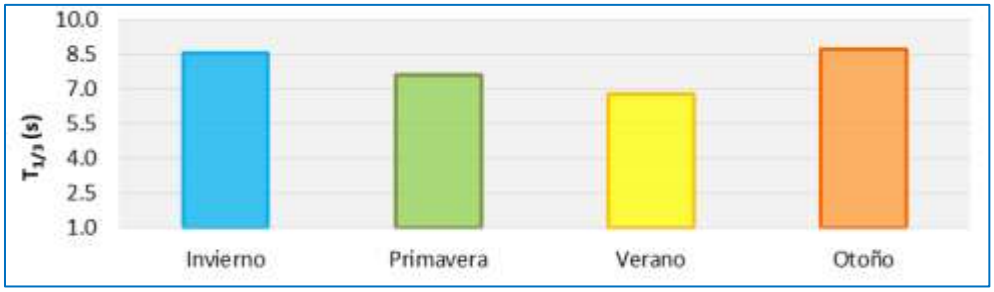


Ilustración 28. Gráfica del régimen estacional de periodos de ola significante.

3.1.5 Dirección del oleaje

Para determinar la dirección del oleaje, se relaciona la frecuencia del oleaje con cada una de las direcciones de las que proviene y se identifican las de mayor incidencia. El universo de datos considerado inicia en el año 2005 y concluye en el año 2024, asimismo se consideran dos rosas de oleaje con 8 y 16 direcciones.

En el caso de las 8 direcciones, la frecuencia de observaciones se presenta en la Tabla 13 e Ilustración 29

Tabla 13. Frecuencias de las direcciones del oleaje (8 direcciones).

Dirección	Frecuencia
N	11.48%
NE	25.25%
E	47.10%
SE	13.22%
S	0.53%
SW	0.12%
W	0.17%
NW	2.14%

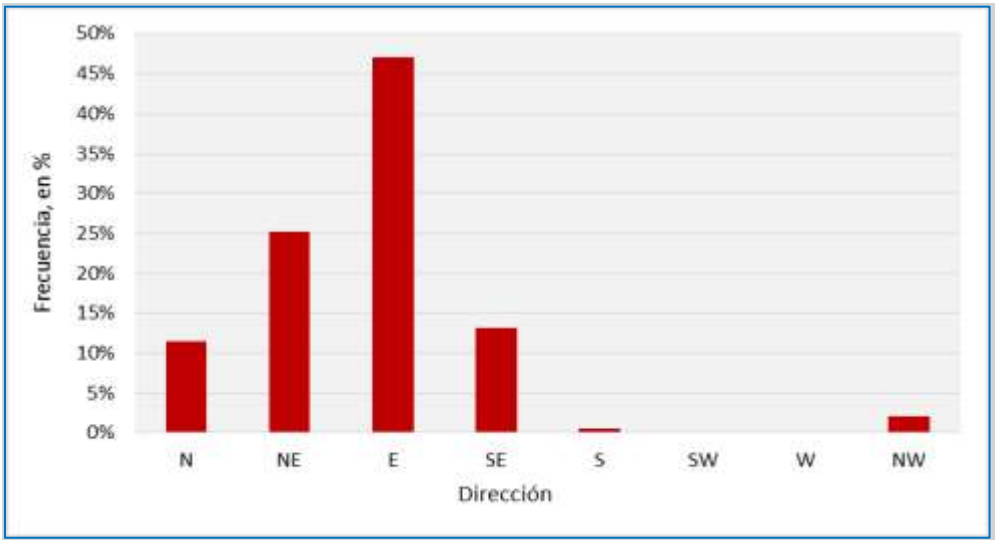


Ilustración 29. Gráfica de las direcciones del oleaje para 8 direcciones.

A partir de los resultados obtenidos, se tiene que la dirección este “E” es la de mayor incidencia con una frecuencia del 47.10%, seguida de las direcciones noreste “NE” y sureste “SE” con 25.25% y 13.22%, respectivamente (Ilustración 30).

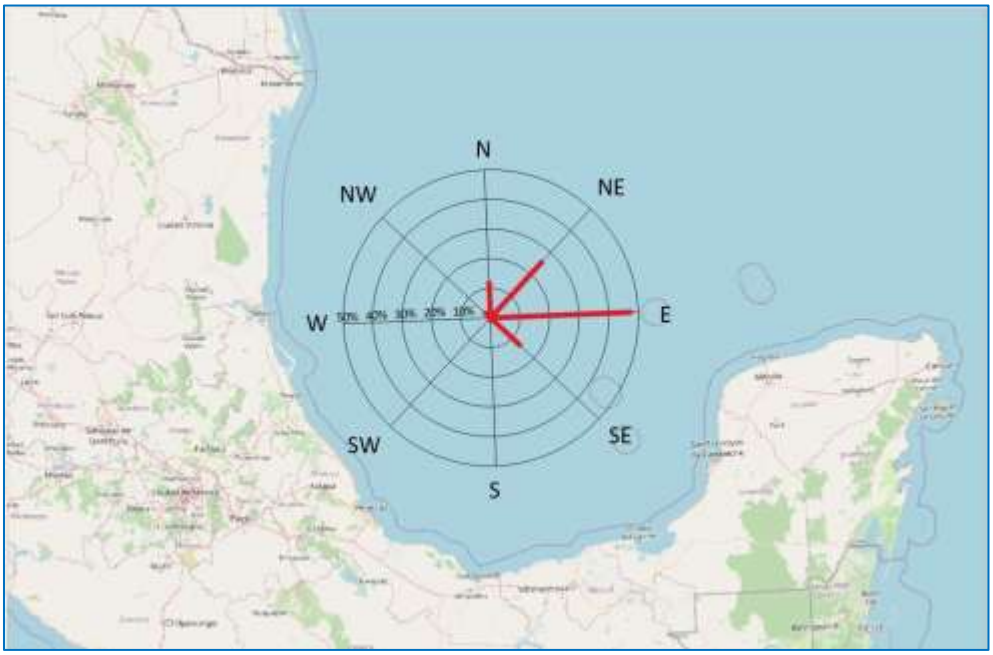


Ilustración 30. Incidencia del oleaje en el frente marítimo indicado en rosa de 8 direcciones.

Considerando 16 direcciones, la frecuencia de observaciones se presenta en la Tabla 14 e Ilustración 31.

Tabla 14. Frecuencias de las direcciones del oleaje (16 direcciones).

Dirección	Frecuencia
N	6.24%
NNE	7.68%
NE	12.35%
ENE	19.18%
E	25.99%
ESE	17.74%
SE	5.57%
SSE	0.82%
S	0.22%
SSW	0.08%
SW	0.06%
WSW	0.05%
W	0.07%
WNW	0.23%
NW	0.96%
NNW	2.78%

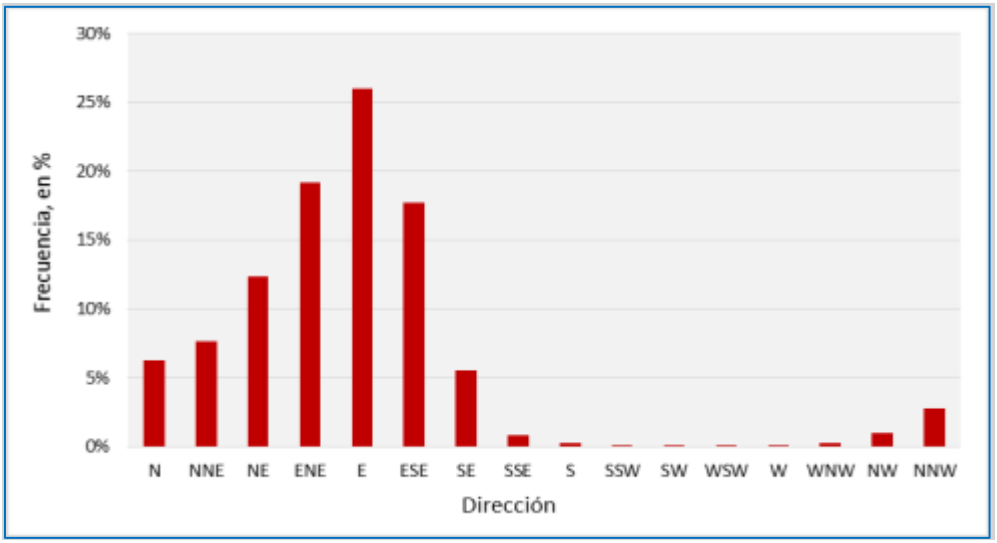


Ilustración 31. Gráfica de las direcciones del oleaje (16 direcciones).

A partir de los resultados obtenidos, se tiene que la dirección este “E” es la de mayor incidencia con una frecuencia del 25.99%, seguida de la dirección este-noreste “ENE” con 19.18% y este-sureste “ESE” con 17.74%, en menor medida se tienen las direcciones noreste “NE” y nor-noreste “NNE” con 12.35% y 7.68%, respectivamente (Ilustración 32).

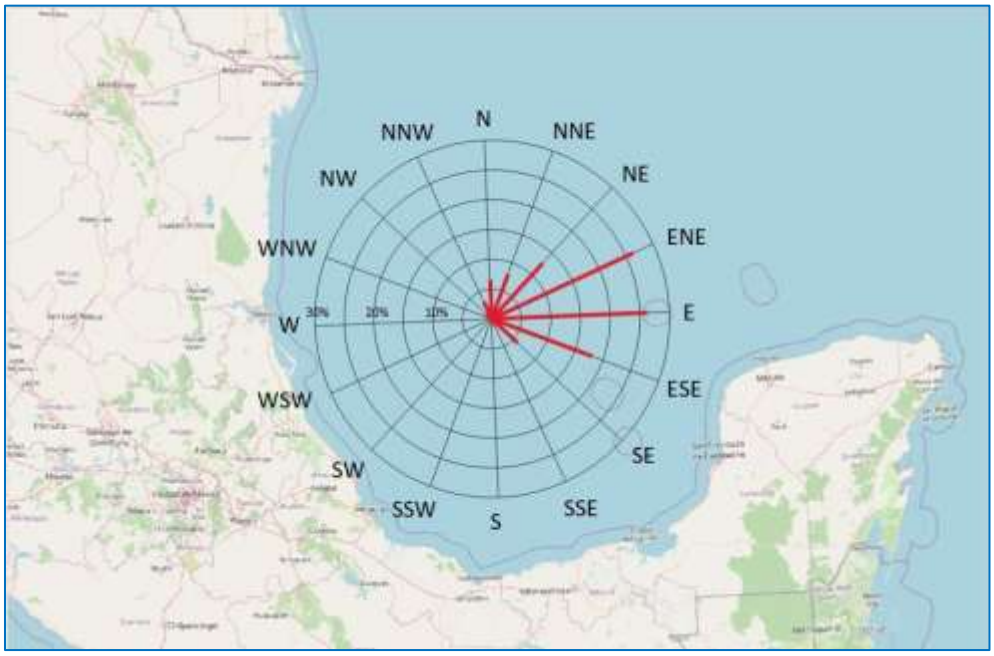


Ilustración 32. Incidencia del oleaje en el frente marítimo indicado en rosa de 16 direcciones.

3.2 OLEAJE CICLÓNICO

Un *ciclón tropical* es un remolino gigantesco que tiene lugar primordialmente, sobre los océanos tropicales. Cuando las condiciones oceánicas y atmosféricas propician que se genere un ciclón tropical, la evolución y desarrollo de éste, puede llegar a convertirlo en *huracán*.

La formación de los ciclones en los océanos se ve favorecida cuando la temperatura de la capa superficial de agua supera los 26°C, lo que precede, aunado a la existencia de una zona de baja presión atmosférica, hacia la cual convergen vientos de todas direcciones. Los vientos en la zona circundante fluyen y aumenta el ascenso del aire caliente y húmedo que contiene vapor de agua. El calor latente, ganado por la condensación del vapor de agua, es la fuente de energía del ciclón. Una vez que se inicia el movimiento del aire hacia arriba a través de la columna central, se incrementa la entrada de aire en los niveles más bajos con la correspondiente salida en el nivel superior del fenómeno. Por la influencia de la fuerza de rotación de la Tierra, el aire converge, gira y comienza a moverse en espiral, en sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte.

La evolución de un ciclón tropical puede llegar a desarrollar cuatro etapas:

- ***Perturbación tropical* (ET).** Es la zona de inestabilidad atmosférica asociada a la existencia de un área de baja presión, la cual, propicia la generación incipiente de vientos convergentes, cuya organización eventual provoca el desarrollo de una depresión tropical.

- ***Depresión tropical* (DT).** Los vientos se incrementan en la superficie, producto de la existencia de una zona de baja presión. Dichos vientos, alcanzan una velocidad sostenida menor o igual a 62 km/h.

- ***Tormenta tropical* (TT).** El incremento continuo de los vientos, provoca que éstos alcancen

velocidades sostenidas entre los 63 km/h y 118 km/h. Las nubes se distribuyen en forma de espiral. Cuando el ciclón alcanza esta intensidad, se le asigna un nombre preestablecido por la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

- ***Huracán (Hi, huracán categoría i).*** Es un ciclón tropical, en el que los vientos máximos sostenidos alcanzan o superan los 119 km/h. El área nubosa cubre una extensión entre los 500 km y 900 km de diámetro, produciendo lluvias intensas (SEMARNAT, 2018).

En la escala Saffir-Simpson, se clasifica a los huracanes en función de su categoría, indicando la intensidad de sus vientos y otras características Tabla 15.

Tabla 15. Escala de clasificación de huracanes de Saffir-Simpson 2 (CENAPRED, 2002).

Categoría	Presión central (mb)	Vientos (km/h)	Elevación marea de tormenta (m)	Características
Perturbación tropical (ET)	1,008.1 a 1,010	-	-	Ligera circulación de vientos.
Depresión tropical (DT)	1,004.1 a 1,008	< 62	-	Localmente destructivo.
Tormenta tropical (TT)	985.1 a 1,004	62.1 a 118	1.1	Presenta efectos destructivos.
Huracán categoría 1 (H1)	980.1 a 985	118.1 a 154	1.5	Potencial mínimo.
Huracán categoría 2 (H2)	965.1 a 980	154.1 a 178	2.0 a 2.5	Potencial moderado.
Huracán categoría 3 (H3)	945.1 a 965	178.1 a 210	2.5 a 4.0	Potencial extensivo.
Huracán categoría 4 (H4)	920.1 a 945	210.1 a 250	4.0 a 5.5	Potencial extensivo (daños severos).
Huracán categoría 5 (H5)	< 920	> 250	> 5.5	Potencial catastrófico.

3.2.1 Análisis de eventos ciclónicos

Para identificar los eventos que han impactado en la región, es necesario realizar un análisis histórico con información proveniente de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), que es un organismo que monitorea permanentemente las condiciones climáticas y que cuenta con una base de datos de los eventos climatológicos clasificados según a su intensidad.

En la Ilustración 33, se aprecian los eventos meteorológicos de diferentes categorías que han tenido lugar en los océanos Pacífico y Atlántico.

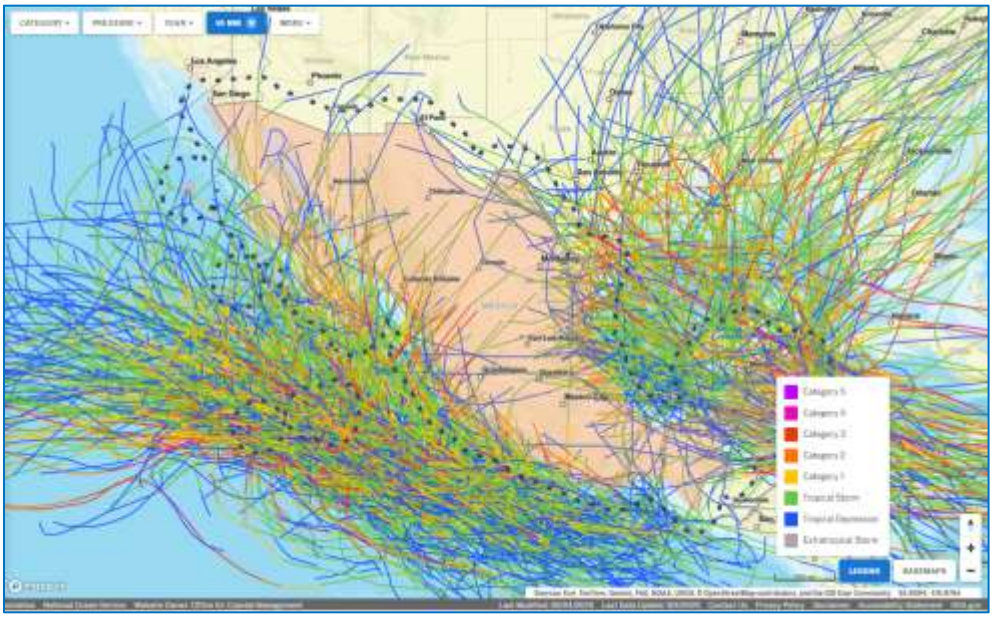


Ilustración 33. Trayectoria de eventos meteorológicos en los océanos Pacífico y Atlántico (NOAA, 2025).

En mayo se presenta la temporada con clima cálido y poco lluvioso, mientras que de junio a octubre se tiene clima cálido-lluvioso, debido a la influencia del monzón del golfo, que está relacionado con los vientos Alisios, los cuales dominan durante gran parte del año. Sin embargo, de mayo a octubre se manifiestan vientos del norte debido a los frentes fríos que predominan en este periodo. Las precipitaciones son principalmente nocturnas, al amanecer o en la mañana procedentes del este, así como a la actividad convectiva (transferencia de calor) y ciclones tropicales.

Las zonas matrices de huracanes que afectan las costas del Golfo de México y en particular la zona de estudio, se presentan en la Ilustración 34 y corresponden a:

- Región Sonda de Campeche (2-C).
- Región Caribe Oriental (3-E)
- Región Atlántica (4-H).

La zona matriz que aparece en la porción suroeste del Golfo de México, en las cálidas aguas que forman la llamada *"Sonda de Campeche"*, entra en acción en la primera quincena de junio, en la latitud próxima a los 20°N. Los meteoros iniciales con carácter de sistemas lluviosos, corren paralelos al litoral veracruzano y van intensificándose gradualmente de tal modo que los nacidos en julio alcanzan un desarrollo definitivo.

La tercera zona matriz se ubica en el *"Caribe Oriental"*, en la latitud de 13°N aproximadamente, estableciéndose en el mes de julio cuando el recalentamiento ha invadido la región insular de las pequeñas Antillas, formándose huracanes de gran recorrido y potencia extraordinaria, especialmente los formados durante agosto, septiembre y octubre, llegando algunos a cruzar la península de Yucatán para azotar los estados de Tamaulipas y Veracruz, después de haberlo hecho con las entidades de la citada península.

La cuarta zona matriz que entra en actividad queda en la *"Región Atlántica"*, entre las latitudes 8° y 12°N, al sur de las Islas de Cabo Verde y ocurre desde finales de julio y durante agosto, contando con los

huracanes de mayor recorrido y potencia. Algunos resultan muy notables porque mantienen su rumbo hacia el oeste con inusitada velocidad de camino de 15 nudos o más para la primera rama, sin menoscabo de su potencia que crece mientras atraviesan el Caribe y penetran al Golfo de México (INEGI-SPP, 1979).

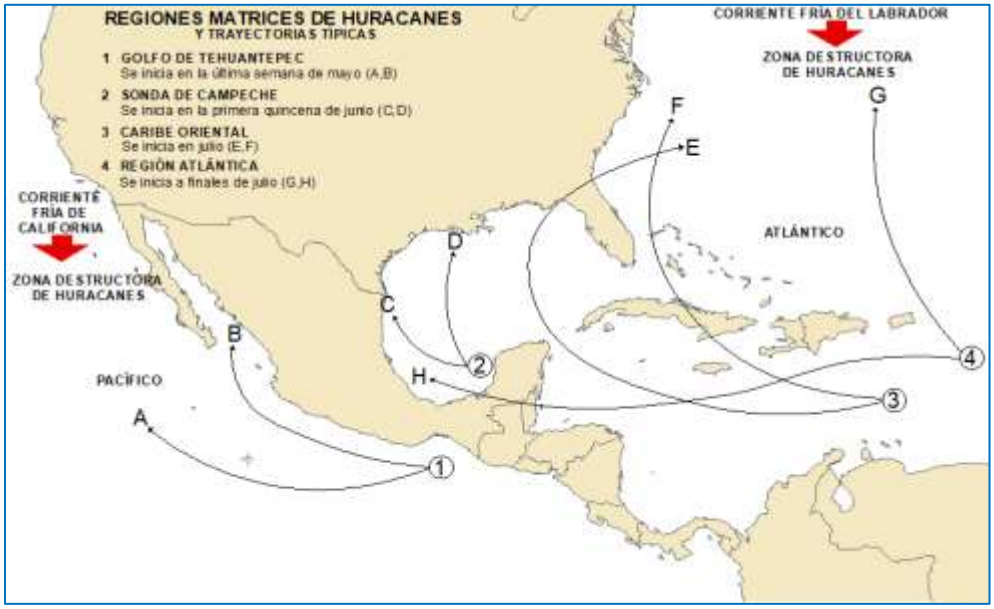


Ilustración 34. Regiones matrices de huracanes (INEGI-SPP, 1979).

En la Ilustración 35 se presentan las trayectorias de los eventos generados en las zonas antes descritas y que han impactado en la zona litoral del estado de Veracruz.

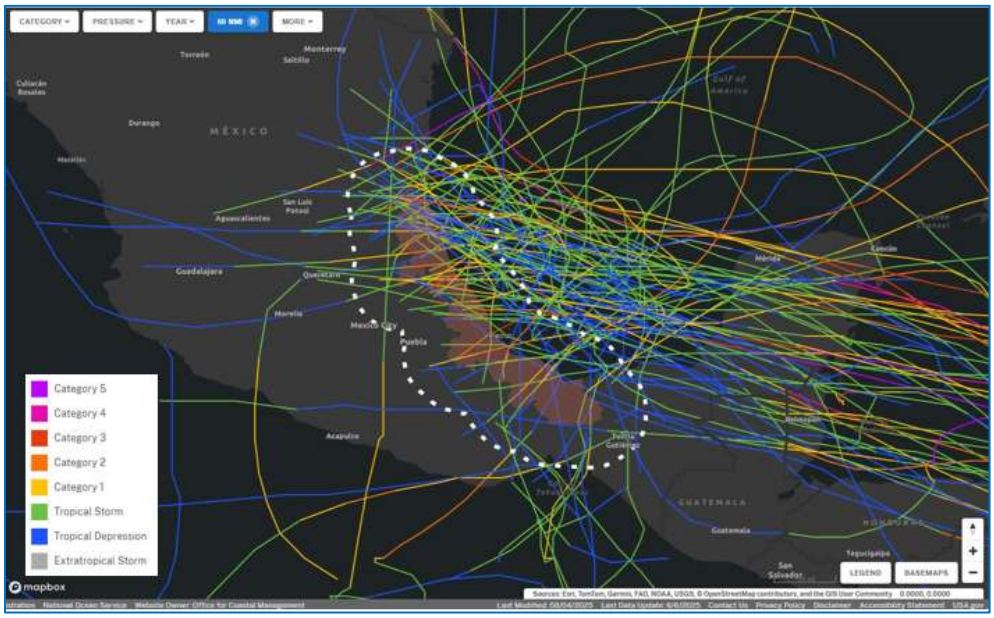


Ilustración 35. Trayectorias de huracanes con influencia en el estado de Veracruz (NOAA, 2025).

Para identificar los eventos que han impactado en la región de estudio, se realiza un análisis a partir de la información disponible del NOAA, el cual es un organismo de los Estados Unidos de Norteamérica que monitorea permanentemente las condiciones climáticas y que en su página de internet contiene una base de datos de los eventos climatológicos clasificados según a su intensidad, además de que permite identificar los eventos que han pasado en la periferia de un punto específico.

Tabla 16. Ciclones tropicales formados en el Océano Atlántico que han afectado Veracruz durante el periodo de 1853 al 2024 (NOAA, 2025).

Año	Evento	Categoría de impacto							Estados afectados	Periodo (inicio - fin)	Día de impacto	Vientos máximos de impacto (kts)
		TD	TS	H1	H2	H3	H4	H5				
1853	Sin nombre		X						Veracruz.	20 sep-23 sep	22 sep	45
1866	Sin nombre			X					Qro., Hgo., Ver., Camp. y Q. Roo.	13 ago-18 ago	17 ago	80
1887	Sin nombre		X						Ver., Pue., Camp., Q. Roo y Yuc.	6 oct-9 oct	8 oct	50
1888	Sin nombre			X					Ver., Camp. y Yuc.	31 ago-8 sep	8 sep	75
1892	Sin nombre			X					Ver. y Camp.	5 oct-16 oct	15 oct	70
1902	Sin nombre		X						Ver. y Oax.	3 oct-13 oct	5 oct	35
1917	Sin nombre	X							Ver., Camp. y Q. Roo.	6 jul-14 jul	14 jul	30
1921	Sin nombre			X					Ver. y Tamps.	4 sep-8 sep	7 sep	70
1924	Sin nombre		X						Veracruz.	11 oct-15 oct	15 oct	50
1931	Sin nombre		X						S.L.P., Ver. y Camp.	5 sep-12 sep	12 sep	55
1931	Sin nombre				X				Ver., Pue., Camp. y Q. Roo.	8 sep-16 sep	16 sep	85
1933	Sin nombre				X				Hgo., Ver., Camp. y Q. Roo.	10 sep-15 sep	15 sep	95
1933	Sin nombre		X						Ver., S.L.P. y Qro.	26 ago-30 ago	29 ago	35
1933	Sin nombre				X				S.L.P., Tamps., Ver., Yuc. y Q. Roo.	16 sep-25 sep	25 sep	95
1934	Sin nombre		X						Ver., S.L.P. y Qro.	26 ago-1 sep	1 sep	40
1935	Sin nombre		X						Ver., Pue., Camp., Yuc. y Q. Roo.	30 ago-2 sep	1 sep	50
1936	Sin nombre			X					Ver., S.L.P. y Tamps..	15 ago-20 ago	19 ago	65
1936	Sin nombre			X					Ver., Pue., Camp., Yuc. y Q. Roo.	20 ago-31 ago	30 ago	70
1942	Sin nombre		X						Ver., Tamps. y S.L.P.	3 ago-5 ago	5 ago	50
1944	Sin nombre		X						Ver., Yuc. y Q. Roo.	16 ago-24 ago	24 ago	35
1944	Sin nombre			X					Ver., Yuc., Tab., Chis., y Q. Roo.	19 sep-22 sep	21 sep	70
1946	Sin nombre		X						Ver. y S.L.P.	25 ago-26 ago	25 ago	35
1947	Sin nombre				X				Ver., S.L.P., Hgo., Camp., Yuc. y Q. Roo.	9 ago-16 ago	15 ago	95
1949	Sin nombre		X						Oax. y Ver.	20 sep-26 sep	26 sep	55
1950	Item				X				Veracruz.	8 oct-11 oct	11 oct	90
1951	George		X						Veracruz.	19 sep-22 sep	21 sep	50
1951	Charlie					X			S.L.P., Tamps., Ver., Yuc. y Q. Roo.	12 ago-23 ago	22 ago	100
1954	Florence		X						Ver. y Pue.	11 sep-12 sep	12 sep	55
1954	Gilda	X							Ver. y Camp..	10 sep-12 sep	30 sep	30
1955	Janet				X				Ver., Pue., Hgo., Camp. y Q. Roo.	21 sep-30 sep	29 sep	95

Año	Evento	Categoría de impacto							Estados afectados	Periodo (inicio - fin)	Día de impacto	Vientos máximos de impacto (kts)
		TD	TS	H1	H2	H3	H4	H5				
1955	Gladys			X					Ver., Tamps. y Pue.	4 sep-6 sep	5 sep	65
1955	Hilda					X			Ver., S.L.P., Camp., Yuc. y Q. Roo.	12 sep-20 sep	19 sep	105
1956	Anna			X					S.L.P. y Ver.	25 jul-27 jul	26 jul	75
1956	Dora		X						Veracruz.	10 sep-13 sep	12 sep	50
1959	Beulah	X							Veracruz.	15 jun-19 jun	19 jun	30
1960	Abby	X							Ver., Tab., Chis., Pue. y Hgo.	9 jul-17 jul	17 jul	30
1966	Hallie		X						Veracruz.	20 sep-21 sep	21 sep	30
1966	Inez					X			Tamps., Gto., S.L.P., Pue. y Ver.	21 sep-11 oct	10 oct	100
1967	Fern		X						Ver. y Tamps.	1 oct-4 oct	4 oct	50
1969	Sin nombre	X							Veracruz.	7 ago-8 ago	8 ago	30
1970	Greta	X							Tamps., Ver. y Yuc.	26 sep-4 oct	4 oct	25
1974	Sin nombre	X							Veracruz.	22 jun-26 jun	22 jun	20
1975	Sin nombre	X							Veracruz.	6 sep-7 sep	7 sep	25
1975	Sin nombre	X							Veracruz.	25 jul-26 jul	26 jul	25
1977	Sin nombre	X							Veracruz.	22 sep-23 sep	23 sep	25
1978	Sin nombre	X							Veracruz.	21 sep-23 sep	23 sep	25
1978	Bess		X						Veracruz.	5 ago-8 ago	8 ago	40
1979	Sin nombre	X							Tamps. y Ver.	25 ago-28 ago	25 ago	20
1986	Hermine		X						Oax., Ver. y Camp.	20 sep-26 sep	24 sep	55
1981	Sin nombre	X							Tamps., Ver	17 jun-18 jun	18 jun	25
1981	Sin nombre	X							Tamps. y Ver.	26 ago-29 ago	28 ago	25
1984	Sin nombre	X							Tamps. y Ver.	18 jun-20 jun	20 jun	30
1986	Sin nombre	X							Tamps., Ver. y Camp.	1 sep-4 sep	4 sep	25
1988	Debby			X					Yuc., Ver., Pue., Hgo., Mich., Méx., Jal. y Col.	31 ago-8 sep	3 sep	65
1990	Diana				X				Q. Roo., Camp., Ver., Hgo., Q. Roo., Gto. y Jal.	4 ago-9ago	7 ago	85
1995	Gert				X				Q. Roo., Qro., Camp., Ver., Hgo., Q. Roo., Gto. y Jal.	14 sep-21 sep	20 sep	85
1994	Sin nombre	X							Tamps. y Ver.	29 ago-31 ago	31 ago	30
1995	Sin nombre	X							S.L.P. y Ver.	5 ago-7 ago	6 ago	30
1995	Roxanne	X							Ver., Camp., Q. Roo. y Yuc.	7 oct-21 oct	21 oct	25
1996	Dolly			X					Ver., Jal., Nay., Zac., Gto., S.L.P., Pue. y Ver.	19 ago-25 ago	23 ago	70
1999	Sin nombre	X							Veracruz.	2 jul-3 jul	3 jul	30
1999	Sin nombre	X							Ver. y Tab.	4 oct-6 oct	6 oct	30
2000	Keith			X					S.L.P., N.L., Tamps., Ver. y Camp.	28 sep-6 oct	5 oct	80
2003	Larry		X						Oax., Ver., Tab. y Q. Roo.	27 sep-7oct	5 oct	50
2005	José		X						Pue. y Ver.	22 ago-23 ago	23 ago	50
2005	Bret		X						S.L.P. y Ver.	28 jun-30 jun	29 jun	35
2005	Gert		X						Zac., S.L.P., Tamps. y Ver.	23 jul-25 jul	25 jul	40
2005	Stan			X					Oax., Ver., Camp., Yuc. y Q.	1 oct-5 oct	4 oct	70

Año	Evento	Categoría de impacto							Estados afectados	Periodo (inicio - fin)	Día de impacto	Vientos máximos de impacto (kts)
		TD	TS	H1	H2	H3	H4	H5				
									Roo.			
2007	Dean				X				Ver., Pue., Hgo., Camp. y Q. Roo.	13 ago-23 ago	22 ago	85
2007	Lorenzo			X					Hgo., Pue. y Ver.	25 sep-28 sep	28 sep	65
2008	Marco		X						Ver., Tab. y Camp.	6 oct-7 oct	7 oct	55
2010	Karl					X			Pue., Ver., Camp. y Q. Roo.	13 sep-18 sep	17 sep	100
2010	Hermine	X							Oax., Ver. y Tamps.	4 sep-10 sep	5 sep	20
2011	Arlene		X						Ver. y Hgo.	28 jun-1 jul	30 jun	55
2011	Harvey		X						Oax., Ver., Pue., Tab. y Camp.	19 ago-22 ago	22 ago	35
2011	Nate		X						Ver. y Pue.	6 sep-12 sep	11 sep	40
2012	Ernesto		X						Oax., Ver., Tab., Camp. y Q. Roo.	1 ago-10 ago	9 ago	55
2012	Hellen	X							Ver., Tamps. y Camp.	9 ago-18 ago	18 ago	30
2013	Bárbara			X					Ver., Tab. Oax. y Chis.	28 may-30 may	29 may	70
2013	Barry	X	X						Ver., Camp., Tab. y Bz.	16 jun-21 jun	20 jun	40
2013	Fernand		X						Ver., Pue. y Hgo.	25 ago-26 ago	26 ago	50
2013	Eight	X							Ver., Tamps. y S.L.P.	6 sep-7 sep	6 sep	30
2013	Ingrid		X						Ver. y Tamps.	12 sep-17 sep	16 sep	55
2014	Dolly		X						Ver., S.L.P. y Gto.	1 sep-4 sep	3 sep	40
2014	Hanna	X							Ver., Bz. y Camp.	21 oct-29 oct	23 oct	25
2016	Danielle		X						Ver., Hgo. y Camp.	18 jun-21 jun	20 jun	35
2016	Earl		X						Ver., Hgo., Pue. Tab., Yuc. y Camp.	2 ago-6 ago	6 ago	50
2017	Franklin			X					Ver., Tamps., Q. Roo y Camp.	6 ago-10 ago	10 ago	70
2017	Katia			X					Ver., y Pue.	5 sep-9 sep	9 sep	65
2021	Grace					X			Ver., Pue. Q. Roo, Yuc. y Camp	13 ago-21 ago	21 ago	100
2022	Agatha				X				Ver., y Oax.	27 may-1 jun	30 may	90
2022	Karl	X							Ver. y Tab.	11 oct-15 oct	15 oct	20
2022	Lisa			X					Ver., Tab. y Camp.	30 oct-5 nov	02 nov	80
2024	Alberto		X						Ver., Tamps. y S.L.P.	17 jun-20 jun	20 jun	45
2024	Chris		X						Veracruz.	30 jun-1 jul	1 jul	40

De la información de la tabla anterior se puede ver que el periodo de análisis de información utilizado para la selección de huracanes fue de 172 años que abarcan el periodo de 1853 a 2024.

A partir de la información anterior, se obtiene la frecuencia de los huracanes en función de la categoría de acuerdo a la escala de Saffir-Simpson y se indican en la en la Tabla 17 y en la Ilustración 36 e Ilustración 37, se muestran las gráficas correspondientes.

Tabla 17. Frecuencia de eventos meteorológicos extraordinarios que se han presentado en un radio de 250 km de la zona en estudio (1852-2021).

Evento	Tormentas y depresiones tropicales	Categoría				
		H1	H2	H3	H4	H5
No. de eventos registrados	62	18	10	5	0	0
Frecuencia (%)	65.26	18.95	10.53	5.26	0	0

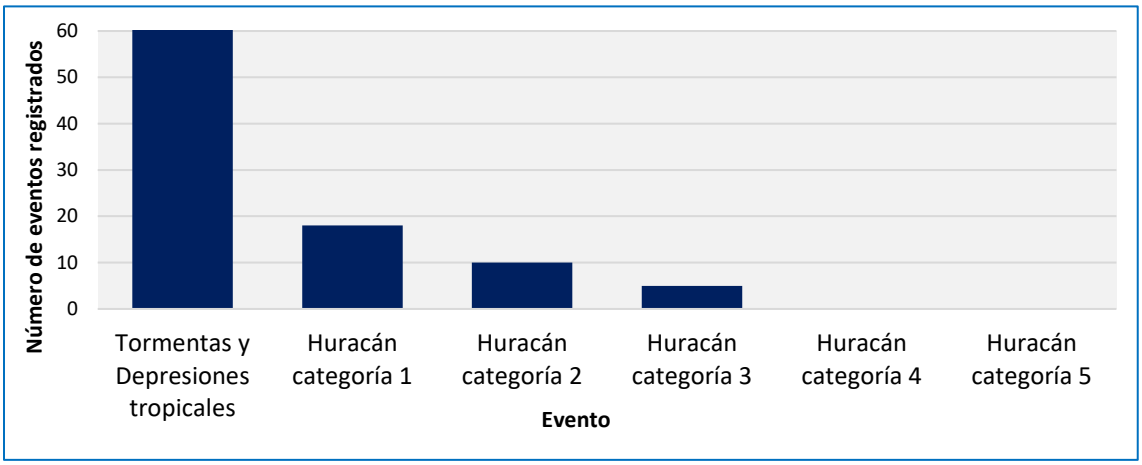


Ilustración 36. Número de eventos meteorológicos en un radio de 250 km de la zona en estudio (1852-2021).

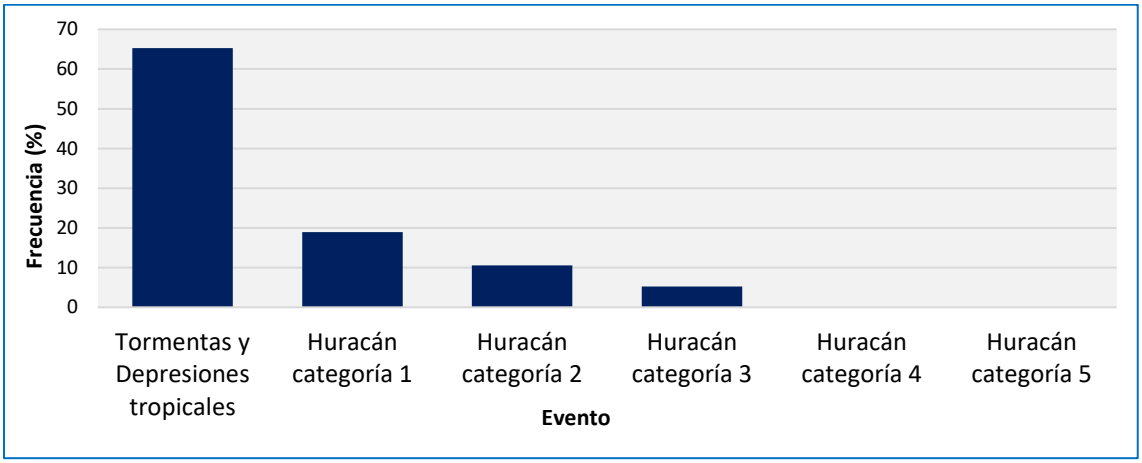


Ilustración 37. Frecuencia de eventos meteorológicos en un radio de 250 km de la zona en estudio (1852-2021).

Como se puede observar en las gráficas, el 64.21% de estos eventos se clasifican como tormentas o depresiones tropicales, es decir que no alcanzan la categoría de huracán (la cual se alcanza una vez que los vientos sostenidos superan la velocidad de 118 km/h), siendo entonces los eventos que alcanzan la categoría de huracán el 35.79% (34 eventos históricos desde el año 1853).

Para este estudio se revisaron los eventos meteorológicos que tuvieron lugar en las cercanías de la zona

de proyecto, en un radio de 250 km como puede apreciarse en la Ilustración 38.

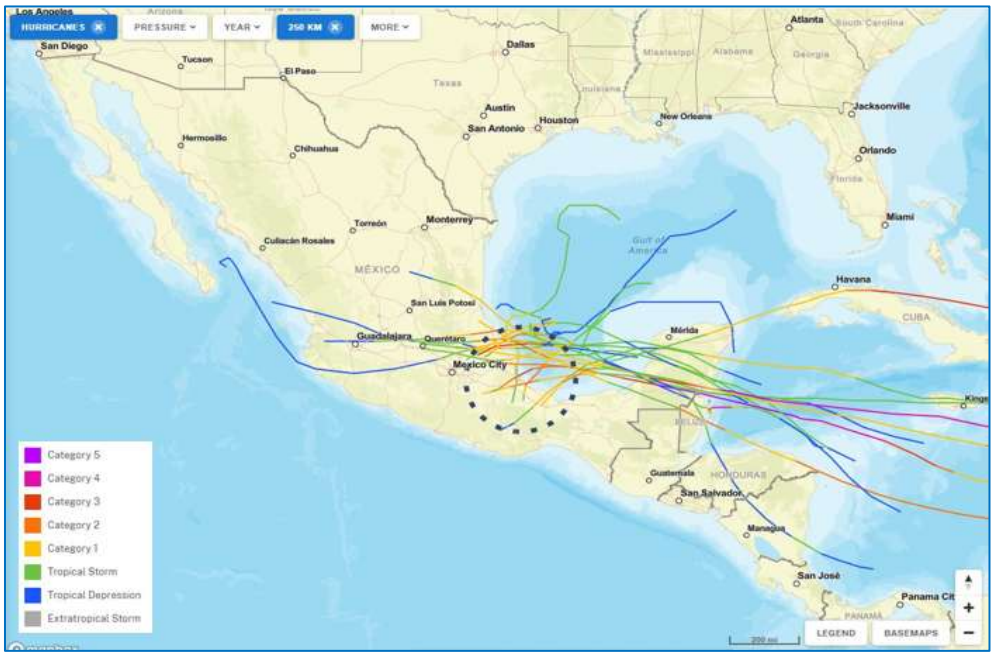


Ilustración 38. Trayectorias de huracanes con influencia en el sitio de estudio en un radio de 250 km (NOAA, 2025).

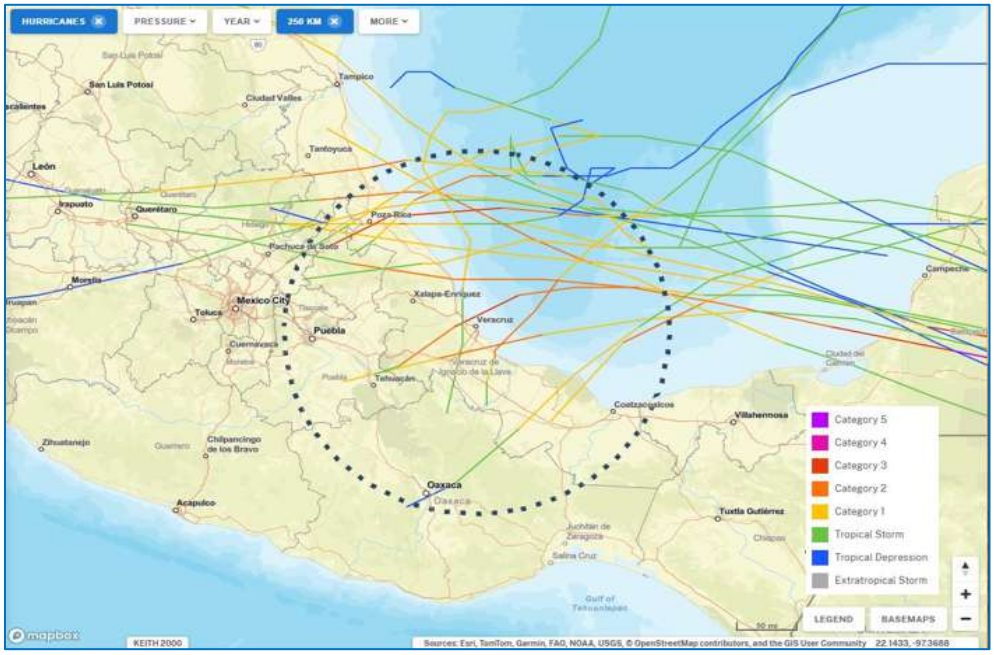


Ilustración 39. Acercamiento de las trayectorias de huracanes con influencia en un radio de 250 km con centro en el sitio de estudio (NOAA, 2025).

En la Ilustración 39, se puede ver un acercamiento de la zona de estudio y la trayectoria de los huracanes que pasaron por el radio de análisis.

Recopiladas las características de los eventos meteorológicos dentro del radio de análisis, se seleccionan los eventos de mayor influencia por su cercanía e intensidad y en la Ilustración 40 se aprecian las trayectorias de los mismos.

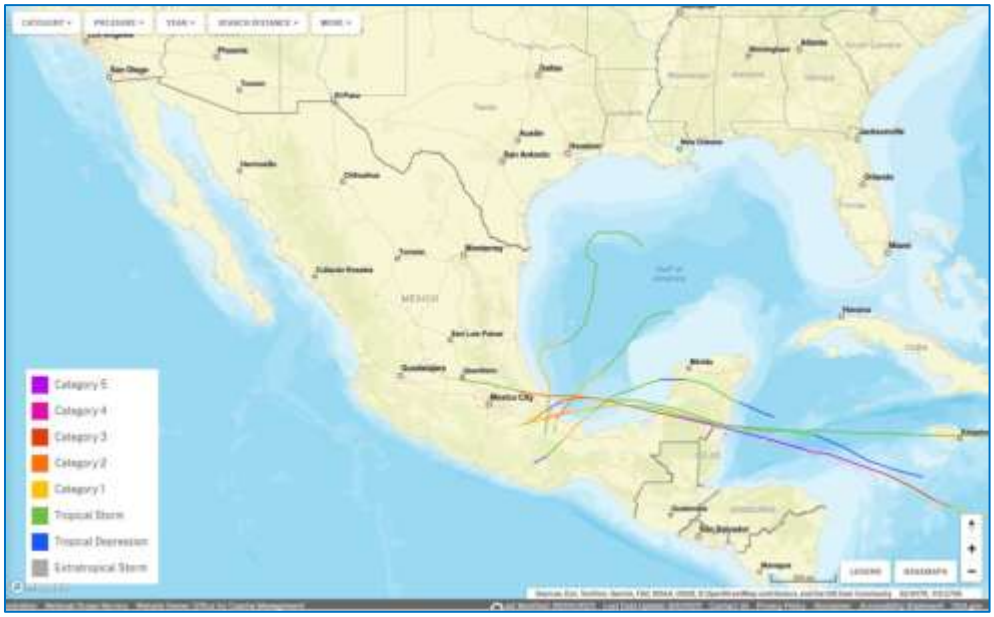


Ilustración 40. Trayectoria de los huracanes de mayor influencia en la zona de estudio (NOAA, 2025).

El periodo de información utilizado en el que se presentaron los eventos de mayor influencia abarca de 80 años, desde el año 1931 hasta el 2010. Dichos eventos se integran por los huracanes *sin nombre (1931*), *sin nombre (1949), Item (1950), Janet (1955), Stan (2005)* y *Karl (2010)*; los cuales se muestran en la Ilustración 41.

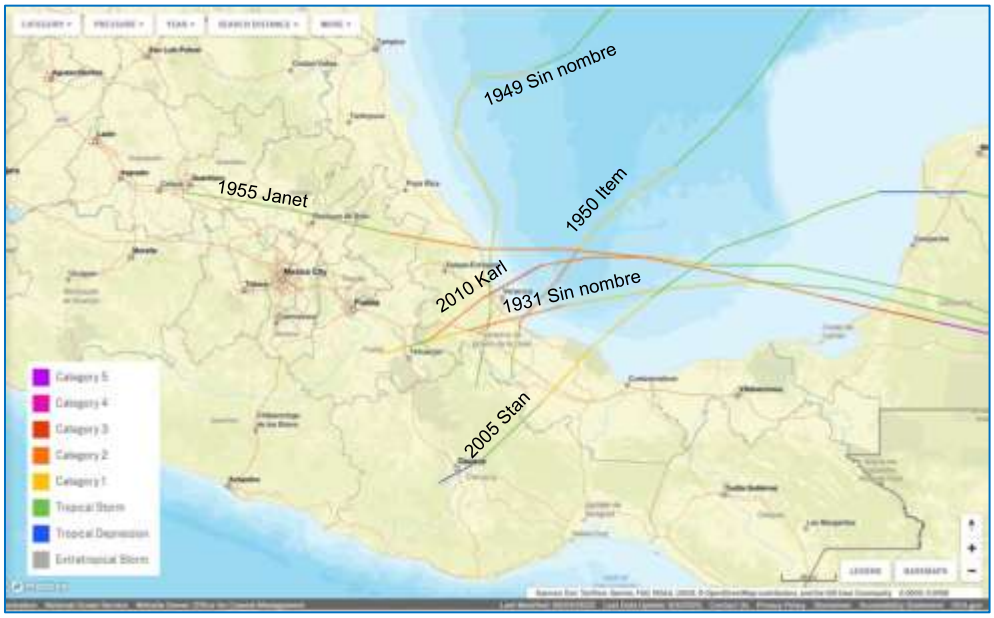


Ilustración 41. Nomenclatura de los huracanes de mayor influencia en la zona de estudio (NOAA, 2025).

En la Tabla 18 se relacionan los eventos meteorológicos más representativos en la zona de estudio, por cercanía e intensidad, indicando la categoría de impacto.

Tabla 18. Selección de huracanes más representativos en la zona de estudio, por cercanía e intensidad (NOAA, 2025).

Evento	Año	Inicio	Término	Categoría (Impacto)	Categoría (Máxima)
Sin nombre	1931	08-sep	16-sep	H2	H2
Sin nombre	1949	20-sep	26-sep	TS	H1
Item	1950	08-oct	11-oct	H2	H2
Janet	1955	21-sep	30-sep	H2	H5
Stan	2005	01-oct	05-oct	H1	H1
Karl	2010	13-sep	18-sep	H3	H3

A continuación se describen cada uno de los eventos seleccionados.

3.2.1.1 Sin nombre 1931

El huracán sin nombre tuvo lugar del 8 al 16 de septiembre de 1931, su trayectoria puede apreciarse en la Ilustración 42 y en la Ilustración 43.



Ilustración 42. Trayectoria del huracán sin nombre, 1931 (NOAA, 2025).



Ilustración 43. Acercamiento a la trayectoria del huracán sin nombre, 1931 (NOAA, 2025).

En laTabla 19, se exponen los datos más representativos del huracán sin nombre 1931.

Tabla 19. Información del huracán sin nombre, 1931 (NOAA, 2025).

Fecha GMT	Latitud (°N)	Longitud(°W)	Vientos (kt)	Presión (mb)	Etapa
09/08/1931 18Z	15.20	-53.00	40	-1	TS
09/09/1931 00Z	15.40	-54.60	45	-1	TS
09/09/1931 06Z	15.70	-56.30	45	-1	TS
09/09/1931 12Z	16.10	-58.00	50	-1	TS
09/09/1931 18Z	16.70	-59.50	55	-1	TS
09/10/1931 00Z	17.30	-60.90	55	-1	TS
09/10/1931 06Z	17.90	-62.20	60	-1	TS
09/10/1931 12Z	18.30	-63.40	65	-1	H1
09/10/1931 18Z	18.40	-64.40	70	-1	H1
09/11/1931 00Z	18.50	-65.40	75	987	H1
09/11/1931 06Z	18.50	-66.60	70	-1	H1
09/11/1931 12Z	18.50	-67.90	65	-1	H1
09/11/1931 18Z	18.40	-69.40	55	-1	TS
09/12/1931 00Z	18.30	-70.90	45	-1	TS
09/12/1931 06Z	18.20	-72.50	40	-1	TS
09/12/1931 12Z	18.10	-74.10	45	-1	TS
09/12/1931 18Z	18.10	-75.70	60	-1	TS
09/13/1931 00Z	18.10	-77.30	55	-1	TS
09/13/1931 06Z	18.10	-78.70	60	-1	TS
09/13/1931 12Z	18.20	-80.10	60	-1	TS
09/13/1931 18Z	18.20	-81.60	60	-1	TS
09/14/1931 00Z	18.30	-83.20	60	-1	TS
09/14/1931 06Z	18.30	-84.70	60	-1	TS
09/14/1931 12Z	18.40	-86.20	60	-1	TS
09/14/1931 18Z	18.50	-87.50	60	-1	TS
09/15/1931 00Z	18.70	-88.80	50	-1	TS
09/15/1931 06Z	19.00	-90.10	45	-1	TS
09/15/1931 12Z	19.30	-91.40	55	-1	TS
09/15/1931 18Z	19.40	-92.70	65	-1	H1
09/16/1931 00Z	19.30	-94.00	75	-1	H1
09/16/1931 06Z	19.10	-95.30	85	-1	H2
09/16/1931 12Z	18.80	-96.60	70	-1	H1
09/16/1931 18Z	18.50	-97.80	35	-1	TS

En la Ilustración 44, se grafican las presiones y velocidades del huracán sin nombre 1931.

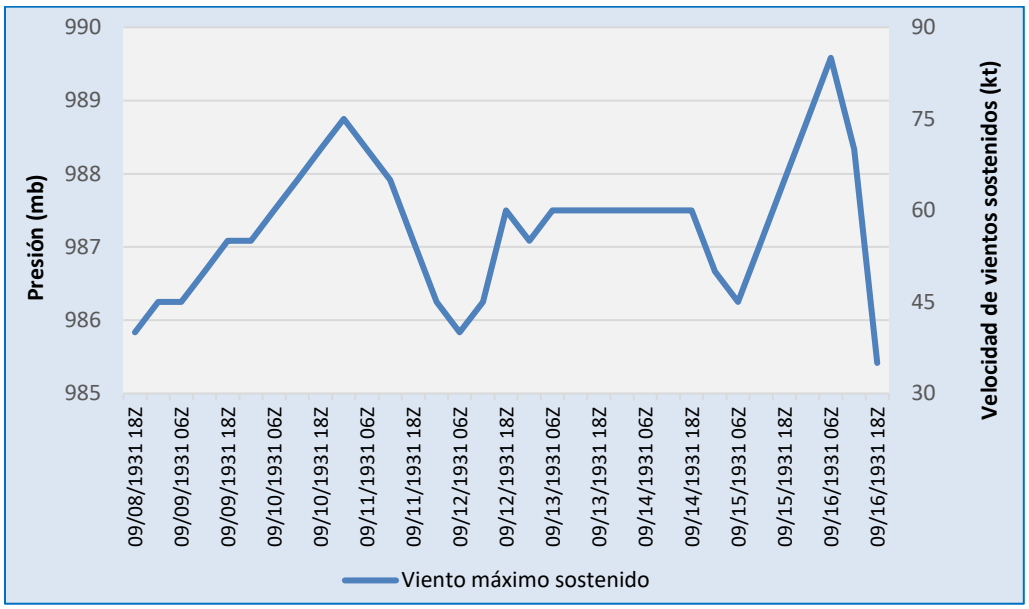


Ilustración 44. Características meteorológicas (viento y presión) del huracán sin nombre, 1931 (NOAA, 2025).

3.2.1.2 Sin nombre 1949

El huracán sin nombre tuvo lugar del 20 al 26 de septiembre de 1949, su trayectoria puede apreciarse en la Ilustración 45 y en la Ilustración 46.



Ilustración 45. Trayectoria del huracán sin nombre, 1949 (NOAA, 2025).

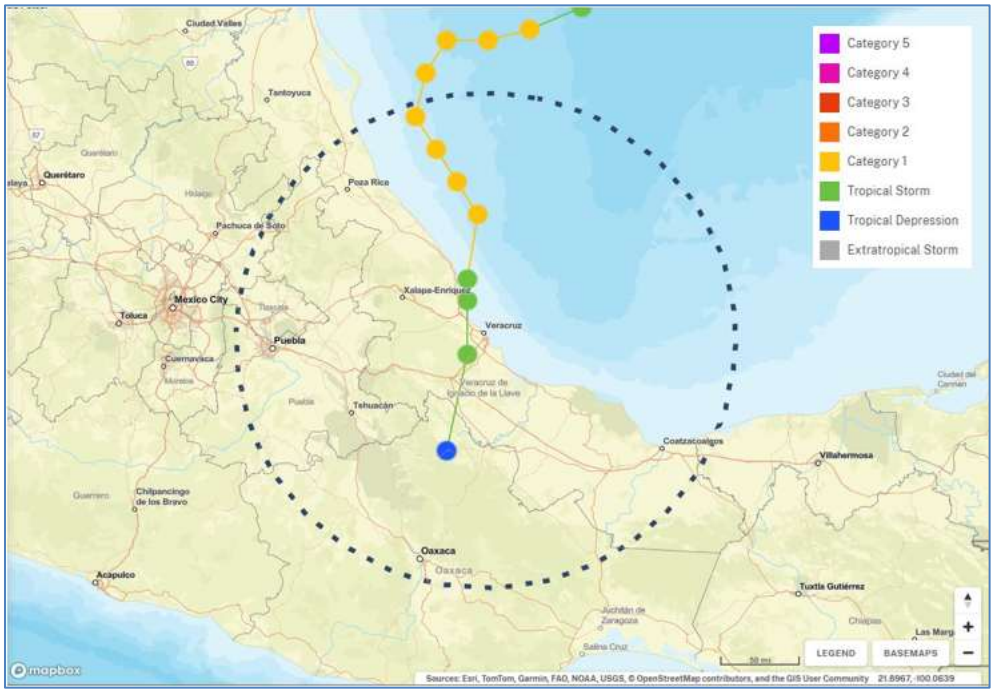


Ilustración 46. Acercamiento a la trayectoria del huracán sin nombre, 1949 (NOAA, 2025).

En laTabla 20, se exponen los datos más representativos del huracán sin nombre 1949.

Tabla 20. Información del huracán sin nombre, 1949 (NOAA, 2025).

Fecha GMT	Latitud (°N)	Longitud(°W)	Vientos (kt)	Presión (mb)	Etapa
09/20/1949 12Z	26.00	-91.80	35	-1	TS
09/20/1949 18Z	26.40	-92.30	35	-1	TS
09/21/1949 00Z	26.60	-92.80	40	-1	TS
09/21/1949 06Z	26.60	-93.30	40	-1	TS
09/21/1949 12Z	26.60	-93.50	45	-1	TS
09/21/1949 18Z	26.60	-94.00	50	-1	TS
09/22/1949 00Z	26.20	-94.40	50	-1	TS
09/22/1949 06Z	25.80	-94.50	50	-1	TS
09/22/1949 12Z	25.60	-94.50	50	-1	TS
09/22/1949 18Z	25.50	-94.30	50	-1	TS
09/23/1949 00Z	25.30	-94.00	50	-1	TS
09/23/1949 06Z	24.80	-94.10	50	-1	TS
09/23/1949 12Z	24.00	-94.20	50	-1	TS
09/23/1949 18Z	22.80	-94.60	55	-1	TS
09/24/1949 00Z	22.20	-95.20	60	-1	TS
09/24/1949 06Z	22.00	-95.70	65	-1	H1
09/24/1949 12Z	21.90	-96.10	70	-1	H1
09/24/1949 18Z	21.90	-96.50	75	-1	H1
09/25/1949 00Z	21.60	-96.70	80	-1	H1
09/25/1949 06Z	21.20	-96.80	80	-1	H1
09/25/1949 12Z	20.90	-96.60	80	-1	H1
09/25/1949 18Z	20.60	-96.40	75	-1	H1
09/26/1949 00Z	20.30	-96.20	65	-1	H1
09/26/1949 06Z	19.70	-96.30	55	-1	TS
09/26/1949 08Z	19.50	-96.30	55	-1	TS
09/26/1949 12Z	19.00	-96.30	35	-1	TS
09/26/1949 18Z	18.10	-96.50	20	-1	TD

En la Ilustración 47, se grafican las presiones y velocidades del huracán sin nombre 1949.

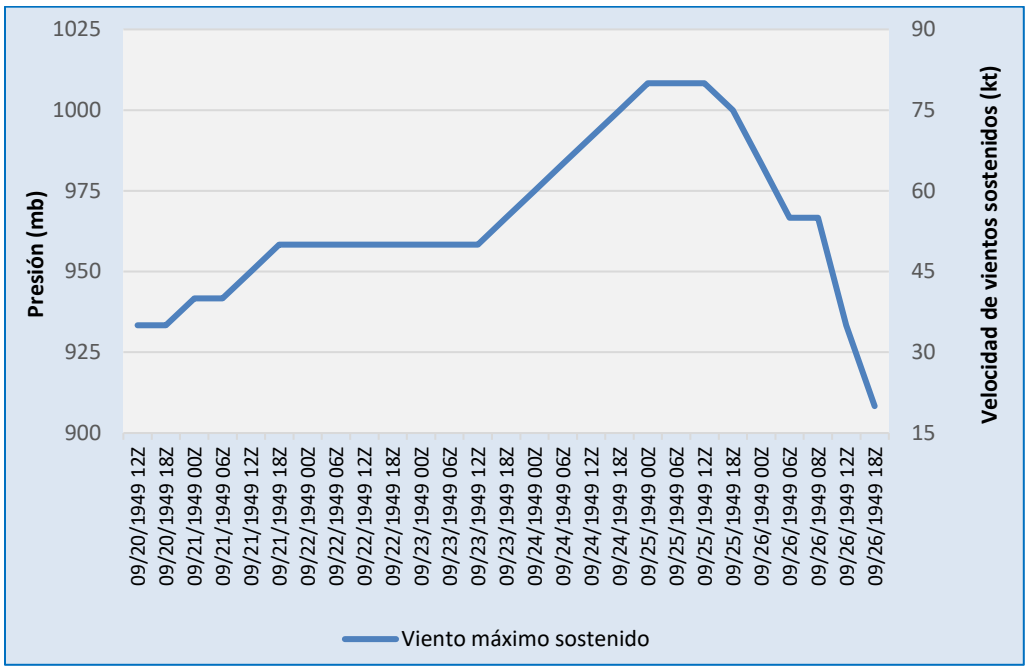


Ilustración 47. Características meteorológicas (viento y presión) del huracán sin nombre, 1949 (NOAA, 2025).

3.2.1.3 Item 1950

El huracán Item tuvo lugar del 8 al 11 de octubre de 1950, su trayectoria puede apreciarse en la Ilustración 48 y en la Ilustración 49.



Ilustración 48. Trayectoria del huracán Item, 1950 (NOAA, 2025).



Ilustración 49. Acercamiento a la trayectoria del huracán Item, 1950 (NOAA, 2025).

En laTabla 21, se exponen los datos más representativos del huracán Item 1950.

Tabla 21. Información del huracán Item, 1950 (NOAA, 2025).

Fecha GMT	Latitud (°N)	Longitud(°W)	Vientos (kt)	Presión (mb)	Etapa
10/08/1950 06Z	23.3	-90.4	35	-1	TS
10/08/1950 12Z	23.3	-91	40	-1	TS
10/08/1950 18Z	23.1	-91.6	45	-1	TS
10/09/1950 00Z	22.4	-92.2	45	1002	TS
10/09/1950 06Z	21.8	-92.7	50	-1	TS
10/09/1950 12Z	21.3	-93.2	55	-1	TS
10/09/1950 18Z	20.8	-93.8	65	-1	H1
10/10/1950 00Z	20.5	-94.3	75	990	H1
10/10/1950 06Z	20.2	-94.7	80	-1	H1
10/10/1950 12Z	19.8	-95.1	85	-1	H2
10/10/1950 18Z	19.4	-95.4	90	980	H2
10/11/1950 00Z	19.1	-95.7	90	-1	H2
10/11/1950 04Z	18.9	-95.9	90	-1	H2
10/11/1950 06Z	18.8	-95.9	75	-1	H1
10/11/1950 12Z	18.5	-96	40	-1	TS
10/11/1950 18Z	18.2	-96	25	-1	TD

En la Ilustración 50, se grafican las presiones y velocidades del huracán Item 1950.

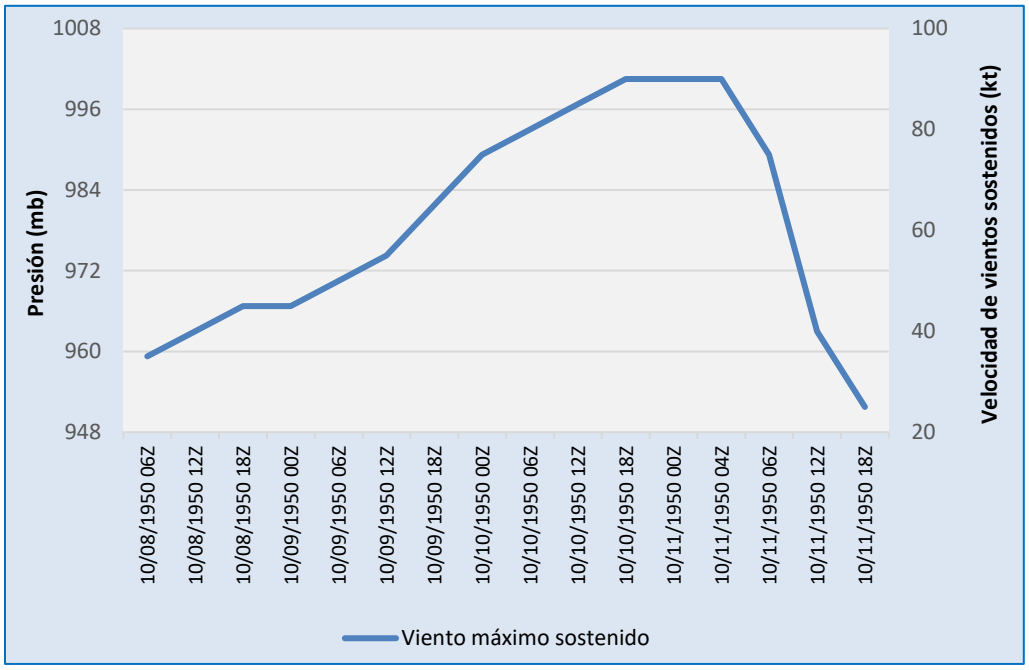


Ilustración 50. Características meteorológicas (viento y presión) del huracán Item, 1950 (NOAA, 2025).

3.2.1.4 Janet 1955

El huracán Janet tuvo lugar del 21 al 30 de septiembre de 1955, su trayectoria puede apreciarse en la Ilustración 51 y en la Ilustración 52.



Ilustración 51. Trayectoria del huracán Janet, 1955 (NOAA, 2025).



Ilustración 52. Acercamiento a la trayectoria del huracán Janet, 1955 (NOAA, 2025).

En la Tabla 22, se exponen los datos más representativos del huracán Janet 1955.

Tabla 22. Información del huracán Janet, 1955 (NOAA, 2025).

Fecha GMT	Latitud (°N)	Longitud (°W)	Vientos (kt)	Presión (mb)	Etapa
09/21/1955 12Z	13.2	-52.6	40	-1	TS
09/21/1955 18Z	13.2	-54.3	50	-1	TS
09/22/1955 00Z	13.2	-56	60	-1	TS
09/22/1955 06Z	13.1	-57.6	70	-1	H1
09/22/1955 12Z	13	-59	80	979	H1
09/22/1955 18Z	12.7	-60.2	90	-1	H2
09/23/1955 00Z	12.5	-61.4	90	-1	H2
09/23/1955 06Z	12.5	-62.5	80	-1	H1
09/23/1955 12Z	12.7	-63.6	70	-1	H1
09/23/1955 18Z	13	-64.8	60	996	TS
09/24/1955 00Z	13.1	-65.9	60	-1	TS
09/24/1955 06Z	13.5	-67	55	-1	TS
09/24/1955 12Z	13.8	-68.1	55	996	TS
09/24/1955 18Z	13.9	-69.4	60	995	TS
09/25/1955 00Z	13.8	-70.7	65	-1	H1
09/25/1955 06Z	13.8	-71.8	65	-1	H1

Fecha GMT	Latitud (°N)	Longitud (°W)	Vientos (kt)	Presión (mb)	Etapa
09/25/1955 12Z	13.9	-73	65	993	H1
09/25/1955 18Z	14.2	-74.3	70	988	H1
09/26/1955 00Z	14.6	-75.4	70	-1	H1
09/26/1955 06Z	14.7	-76.4	80	-1	H1
09/26/1955 12Z	15	-77.2	90	970	H2
09/26/1955 18Z	15.3	-78	100	-1	H3
09/27/1955 00Z	15.8	-78.9	110	-1	H3
09/27/1955 06Z	16.4	-80.2	120	-1	H4
09/27/1955 12Z	17	-82.1	130	-1	H4
09/27/1955 15Z	17.3	-83	135	938	H4
09/27/1955 17Z	17.4	-83.8	140	-1	H5
09/27/1955 18Z	17.5	-84.1	140	-1	H5
09/28/1955 00Z	18	-86.1	150	-1	H5
09/28/1955 05Z	18.4	-87.8	150	914	H5
09/28/1955 06Z	18.5	-88.2	150	914	H5
09/28/1955 12Z	18.9	-90.2	105	950	H3
09/28/1955 18Z	19.3	-91.8	90	-1	H2
09/29/1955 00Z	19.5	-93.1	90	-1	H2
09/29/1955 06Z	19.7	-94.2	95	-1	H2
09/29/1955 12Z	19.8	-95.3	95	-1	H2
09/29/1955 18Z	19.9	-96.4	95	-1	H2
09/30/1955 00Z	20	-97.7	60	-1	TS
09/30/1955 06Z	20.3	-99.1	35	-1	TS
09/30/1955 12Z	20.5	-100.5	25	-1	TD

En la Ilustración 53, se grafican las presiones y velocidades del huracán Janet 1955.

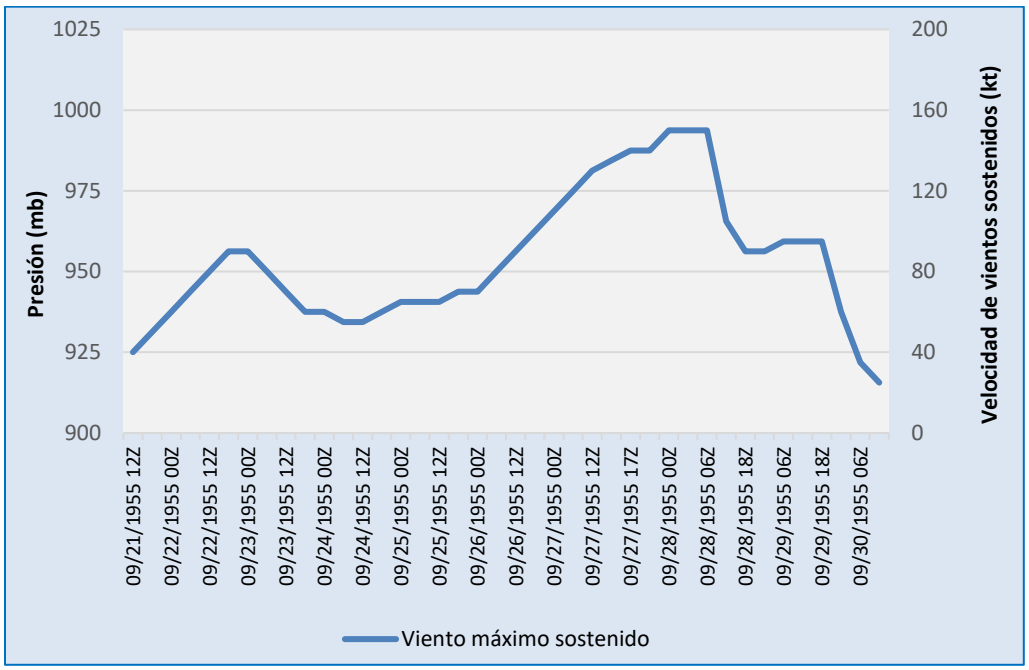


Ilustración 53. Características meteorológicas (viento y presión) del huracán Janet, 1955 (NOAA, 2025).

3.2.1.5 Stan 2005

El huracán Stan tuvo lugar del 1 al 5 de octubre de 2005, su trayectoria puede apreciarse en la Ilustración 54 y en la Ilustración 55.



Ilustración 54. Trayectoria del huracán Stan, 2005 (NOAA, 2025).



Ilustración 55. Acercamiento a la trayectoria del huracán Stan, 2005 (NOAA, 2025).

En la Tabla 23, se exponen los datos más representativos del huracán Stan 2005.

Tabla 23. Información del huracán Stan, 2005 (NOAA, 2025).

Fecha GMT	Latitud (°N)	Longitud(°W)	Vientos (kt)	Presión (mb)	Etapa
10/01/2005 12Z	18.9	-85.6	25	1007	TD
10/01/2005 18Z	19.1	-86.2	30	1005	TD
10/02/2005 00Z	19.3	-86.7	30	1004	TD
10/02/2005 06Z	19.5	-87.2	40	1003	TS
10/02/2005 10Z	19.6	-87.5	35	1003	TS
10/02/2005 12Z	19.8	-87.9	35	1003	TS
10/02/2005 18Z	20.3	-88.8	35	1004	TS
10/03/2005 00Z	20.5	-89.8	30	1003	TD
10/03/2005 06Z	20.5	-91	35	1003	TS
10/03/2005 12Z	20.3	-91.7	40	1000	TS
10/03/2005 18Z	20.1	-92.2	50	997	TS
10/04/2005 00Z	19.8	-93.2	55	990	TS
10/04/2005 06Z	19.2	-94.1	65	987	H1
10/04/2005 12Z	18.6	-94.9	70	977	H1
10/04/2005 18Z	17.9	-95.6	45	988	TS
10/05/2005 00Z	17.2	-96.4	30	1000	TD
10/05/2005 06Z	16.9	-97	25	1004	TD

En la Ilustración 56, se grafican las presiones y velocidades del huracán Stan 2005.

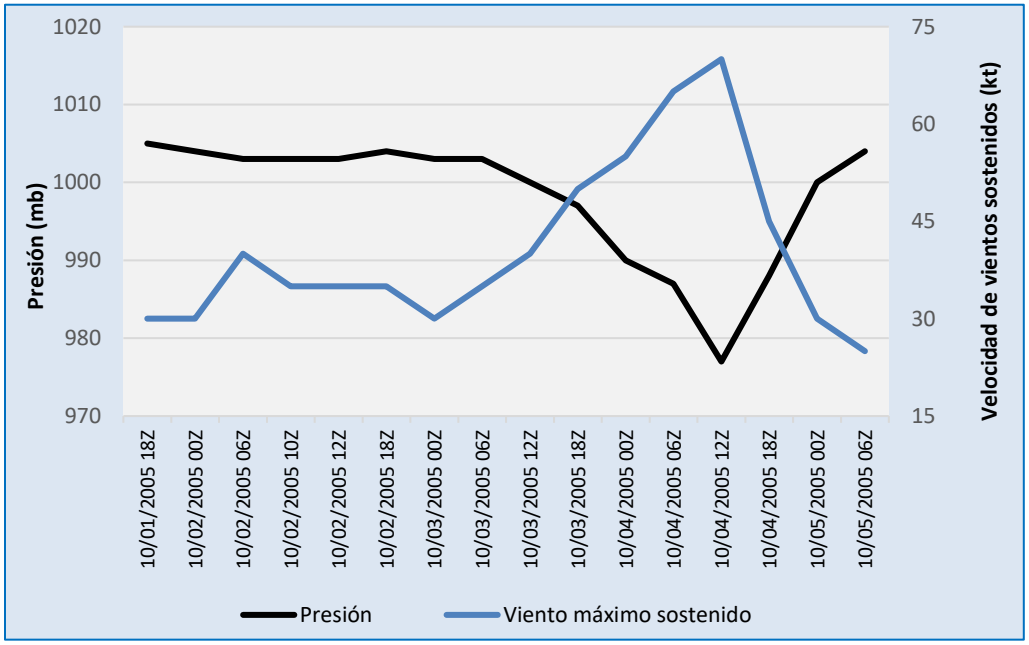


Ilustración 56. Características meteorológicas (viento y presión) del huracán Stan, 2005 (NOAA, 2025).

3.2.1.6 Karl 2010

El huracán Karl tuvo lugar del 13 al 18 de septiembre de 2010, su trayectoria puede apreciarse en la Ilustración 57 y en la Ilustración 58.



Ilustración 57. Trayectoria del huracán Karl, 2010 (NOAA, 2025).

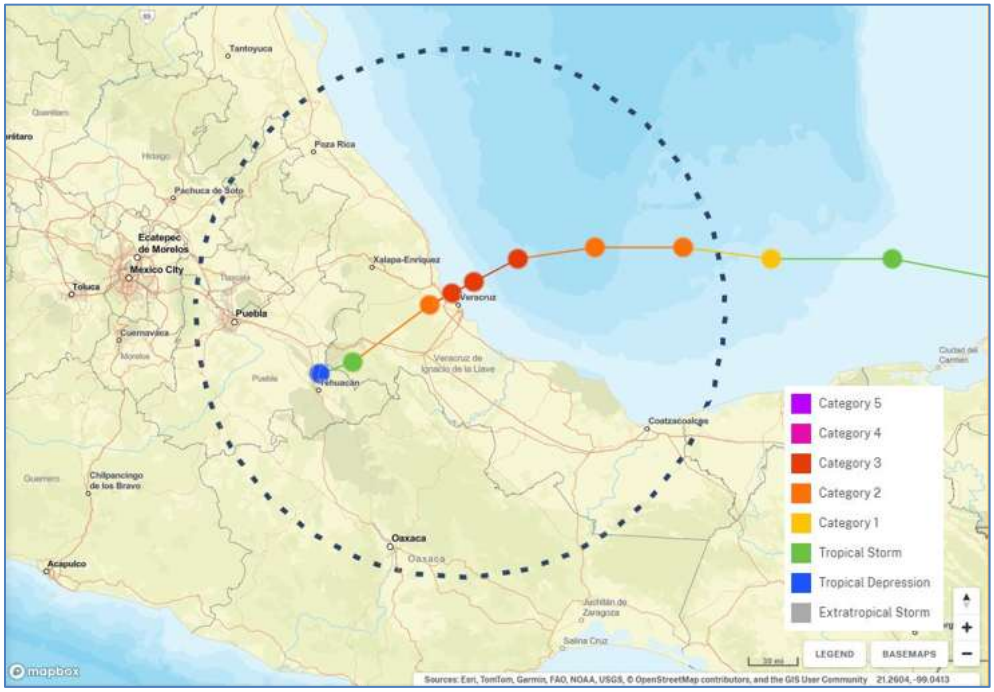


Ilustración 58. Acercamiento a la trayectoria del huracán Karl, 2010 (NOAA, 2025).

En la Tabla 24, se exponen los datos más representativos del huracán Karl 2010.

Tabla 24. Información del huracán Karl, 2010 (NOAA, 2025).

Fecha GMT	Latitud (°N)	Longitud (°W)	Vientos (kt)	Presión (mb)	Etapa
09/13/2010 18Z	16.3	-78.5	25	1005	TD
09/14/2010 00Z	16.6	-79.8	25	1004	TD
09/14/2010 06Z	17	-81.1	25	1003	TD
09/14/2010 12Z	17.6	-82.3	30	1003	TD
09/14/2010 18Z	18.1	-83.6	35	1001	TS
09/15/2010 00Z	18.3	-85	40	999	TS
09/15/2010 06Z	18.3	-86.2	55	997	TS
09/15/2010 12Z	18.5	-87.6	55	991	TS
09/15/2010 12Z	18.5	-87.8	55	991	TS
09/15/2010 18Z	18.8	-88.8	45	994	TS
09/16/2010 00Z	19.2	-90.1	40	997	TS
09/16/2010 06Z	19.4	-91.1	45	994	TS
09/16/2010 12Z	19.6	-92.2	55	986	TS
09/16/2010 18Z	19.6	-93.3	70	982	H1
09/17/2010 00Z	19.7	-94.1	85	971	H2
09/17/2010 06Z	19.7	-94.9	95	966	H2

Fecha GMT	Latitud (°N)	Longitud (°W)	Vientos (kt)	Presión (mb)	Etapa
09/17/2010 12Z	19.6	-95.6	110	956	H3
09/17/2010 15Z	19.4	-96	110	970	H3
09/17/2010 16Z	19.3	-96.2	100	976	H3
09/17/2010 18Z	19.2	-96.4	90	979	H2
09/18/2010 00Z	18.7	-97.1	60	995	TS
09/18/2010 06Z	18.6	-97.4	25	1005	TD

En la Ilustración 59, se grafican las presiones y velocidades del huracán Karl 2010.

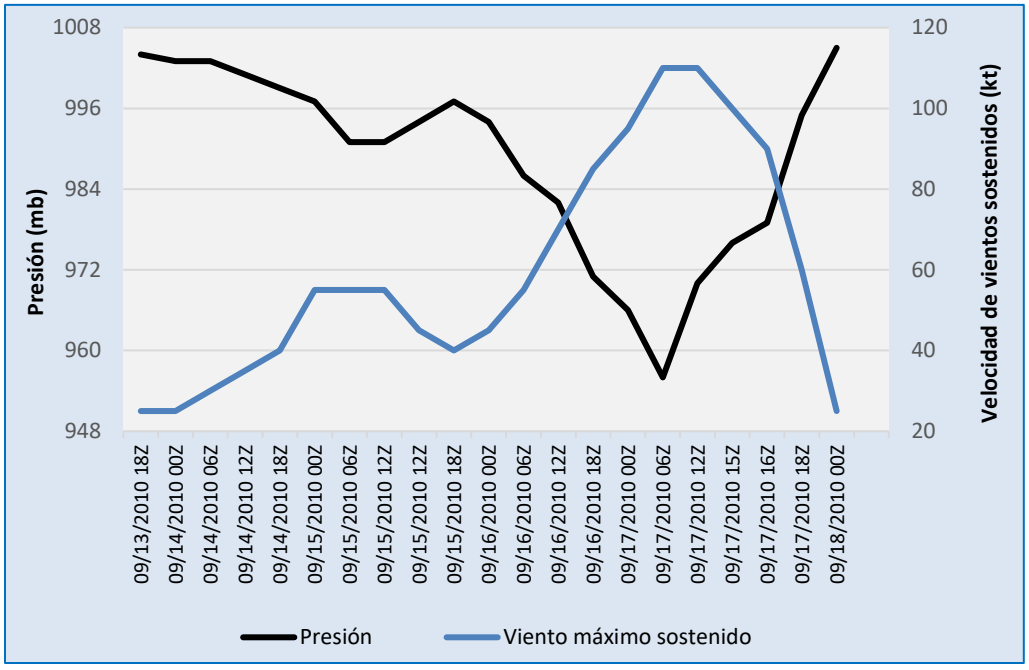


Ilustración 59. Características meteorológicas (viento y presión) del huracán Karl, 2010 (NOAA, 2025).

3.2.2 Determinación de altura y periodo de ola significante "$H_{1/3}$" y "$T_{1/3}$", mediante el método del Huracán Estándar

De los análisis realizados para diferentes huracanes, el *Coastal Engineering Research Center* (CERC), propone mediante el uso de fórmulas empíricas, la estimación de la altura y periodo de la ola significante en aguas profundas, para el punto donde se presente el viento máximo (CFE, 1983).

Las ecuaciones en que se fundamenta este método están descritas en el *Shore Protection Manual* (SPM) y en el *Manual de Obras Civiles de Hidrotecnia* de la *Comisión Federal de Electricidad* (CFE) y son:

Ecuación 1

$$(H_{1/3})_{máx} = 5.03\, e^{\left(\frac{R\,\Delta p}{4{,}700}\right)} \left[1 + \frac{0.29\,\alpha\, V_F}{U_R^{1/2}}\right]$$

Ecuación 2

$$(T_{1/3})_{máx} = 8.6\, e^{\left(\frac{R\,\Delta p}{9{,}400}\right)} \left[1 + \frac{0.145\,\alpha\, V_F}{U_R^{1/2}}\right]$$

Donde:

$(H_{1/3})_{máx}$ = Altura máxima de ola significante en aguas profundas (m).
$(T_{1/3})_{máx}$ = Periodo máximo de ola significante correspondiente a $(H_{1/3})_{máx}$ (s).
R = Radio del viento máximo (km). Se mide desde el centro del huracán al lugar donde la velocidad del viento es máxima. El ojo del huracán alcanza normalmente un diámetro que varía entre 24 km y 40 km, sin embargo, puede llegar hasta cerca de 100 km (SEMARNAT, 2018). Por otra parte, el Manual de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), establece un rango para el radio del viento máximo entre 9 km y 90 km.
Δ_p = Diferencia de presión (mm de mercurio), está dado por $(P_n - P_0)$, en donde:
P_n = Presión atmosférica normal al nivel del mar e igual a 760 mmHg.
P_0 = Presión que se tiene en el centro del huracán (mmHg).
V_F = Velocidad de desplazamiento del huracán (m/s).
U_R = Velocidad máxima del viento (m/s); debe ser calculada a 10 m de la superficie del mar y corresponde al punto donde el radio sea igual a R.

Para evaluar la velocidad máxima de un huracán estacionario y un huracán desplazándose, se pueden utilizar las siguientes expresiones, respectivamente:

Ecuación 3

$$U_R = 0.865\, U_{máx}$$

Ecuación 4

$$U_R = 0.865\, U_{máx} + 0.5\, V_F$$

$U_{máx}$ = Velocidad máxima del viento gradiente (m/s); debe ser calculada a 10 m sobre la superficie del mar y se obtiene con la siguiente ecuación:

Ecuación 5

$$U_{màx} = 0.447\left[14.5\,(P_n - P_0)^{1/2} - 0.31R(2\omega \operatorname{sen} \phi)\right]$$

Donde:

$\omega =$ Velocidad angular de la tierra, igual a $\frac{\pi}{12}$ (rad/h).
$\phi =$ Latitud del lugar (°).

α = Coeficiente que depende de la velocidad de avance del huracán y del incremento en la longitud del fetch al desplazarse el huracán. Para huracanes que se desplazan lentamente $\alpha = 1$.

La Ilustración 60 explica la distribución de las alturas relativas a las olas significantes, de modo que con el valor de $(H_{1/3})_{máx}$ conocida para cualquier punto del huracán, se puede obtener la altura significante $H_{1/3}$ respectiva. La altura de oleaje que se determina con la Ecuación 1, es la máxima que provoca el huracán y se localiza en las coordenadas (1, 0) de la Ilustración 60. Con ayuda de dicha ilustración, se puede obtener la altura del oleaje en cualquier lugar del huracán en función de los valores $H/(H_{1/3})$máx., ahí indicados.

Ecuación 6

$$T_{1/3} = 12.1 \sqrt{\frac{H_{1/3}}{g}}$$

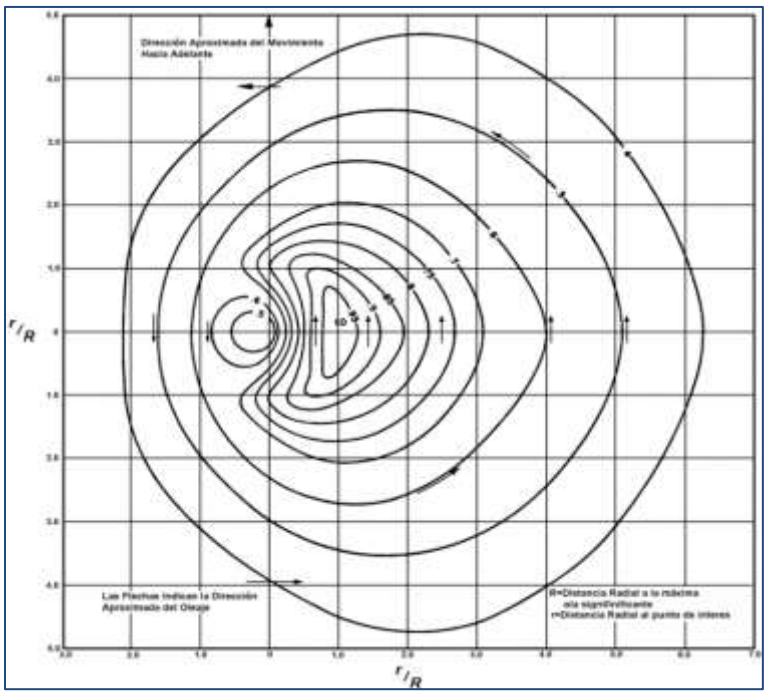


Ilustración 60. Líneas de igual altura relativa de la ola significante para un huracán.

Para la zona del Golfo de México, a partir de los datos de huracanes registrados, se propone utilizar las siguientes expresiones para calcular R:

$$R = 1.85\left[10^{\left(\frac{P_0}{150} - 3.45\right)}\right] + \Delta R$$

$$\Delta R = 1.85\left[10^{\frac{1}{2}\left(\frac{P_0}{38} - 16.74\right)}\right]$$

En laTabla 25, se resumen los resultados de las alturas y periodos de oleaje significante para los huracanes seleccionados.

Tabla 25. Resumen de las alturas y periodos de oleaje ciclónico estimadas por el método del Huracán Estándar.

Evento meteorológico	Altura $H_{1/3}$	Periodo $T_{1/3}$
Janet 1955 (H2)	9.67	12.01
Stan 2005 (H1)	8.79	11.45
Karl 2010 (H3)	10.12	12.29

Los resultados de la aplicación del método del Huracán Estándar, permiten predecir la generación de oleaje ciclónico con alturas y periodos significantes de hasta 10.12 m y 12.29 s, respectivamente. Cabe destacar, que la presencia de este tipo de fenómenos es muy específica en la escala de tiempos, considerando que el análisis de oleaje abarca 8 años de información revisada.

4 MAREAS

El movimiento vertical de la superficie del mar generado por las fuerzas de atracción de la Luna, el Sol y otros cuerpos celestes sobre las partículas líquidas, se llama "*marea astronómica"*. Este movimiento es periódico y constituye una onda larga cuyo ascenso y descenso máximo se denominan pleamar y bajamar, respectivamente. La magnitud vertical entre la pleamar y el nivel medio del mar se conoce como amplitud de la marea y la distancia vertical entre una pleamar y una bajamar sucesivas, corresponde a la altura de marea (Vergara, M., 2011).

El régimen de mareas en la región corresponde al tipo Diurna, lo que significa que puede haber una o dos mareas altas y bajas al día.

Para conocer la magnitud de los niveles que se presentan en esta región, se procesaron las predicciones editadas por el *Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada* (CICESE) del año en curso (2025).

En la Ilustración 61 se muestran el gráfico de los niveles de las predicciones obtenidas del CICESE a cada 10 minutos, empleando como nivel de referencia el *Nivel de Bajamar Media Inferior* (NBMI).

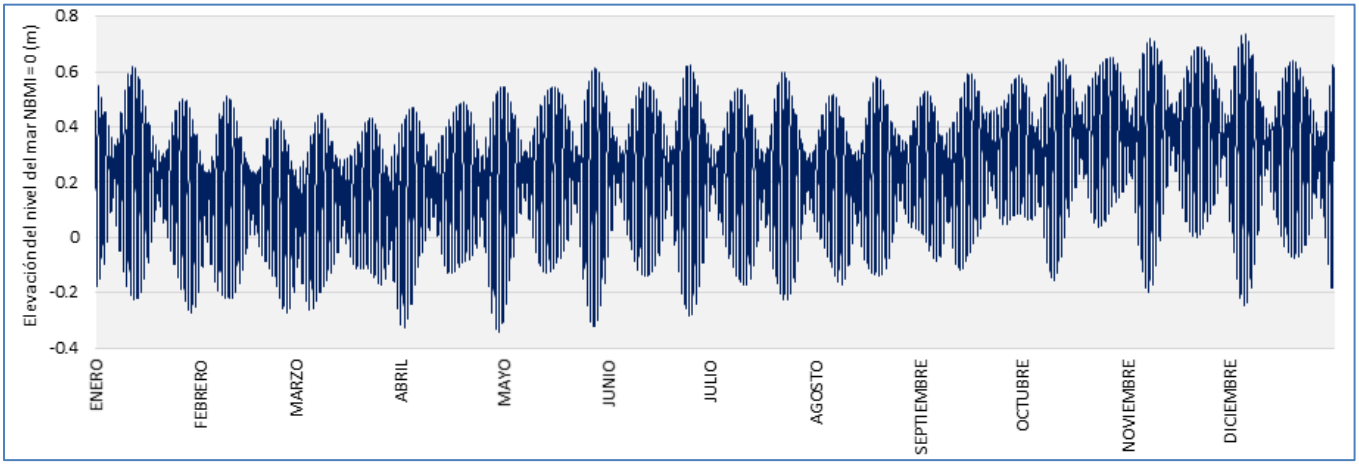


Ilustración 61. Predicción anual de marea 2025, Veracruz, Veracruz (CICESE, 2025).

En este estudio se toma como referencia el NBMI, de acuerdo a lo indicado en la publicación: *"Tablas Numéricas de Predicción de Mareas Vol. II. Golfo de México y Mar Caribe para el año 2025"*, emitido por la *Secretaría de Marina* (SEMAR).

De acuerdo a las predicciones del CICESE y con el análisis correspondiente, se obtiene que la amplitud de marea máxima durante la marea viva se presenta el 5 de diciembre y alcanza los 0.983 m (Ilustración 62Por otro lado, se registra una variación mínima entre la pleamar y bajamar de 0.065 m el 1 de julio, durante la marea muerta (Ilustración 63).

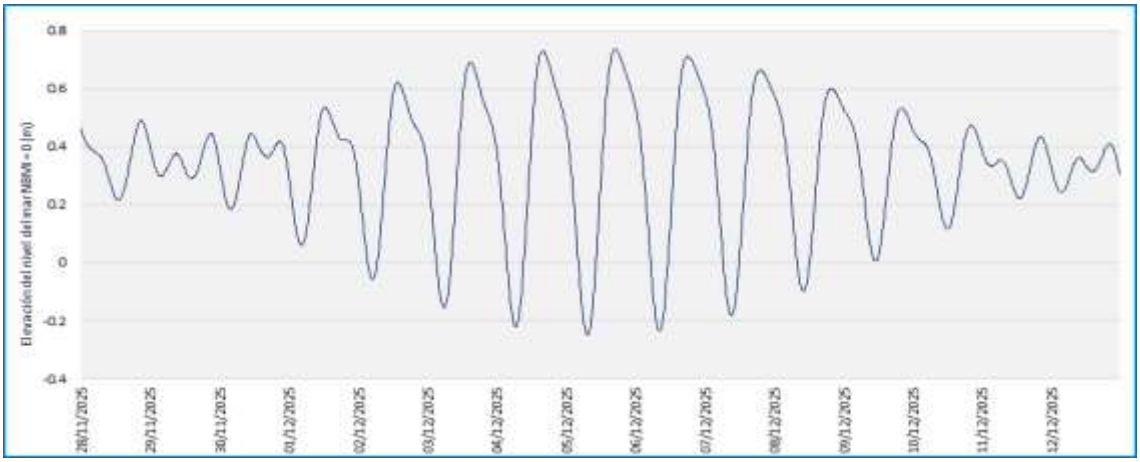


Ilustración 62. Amplitud de marea máxima (marea viva) en diciembre de 2025.

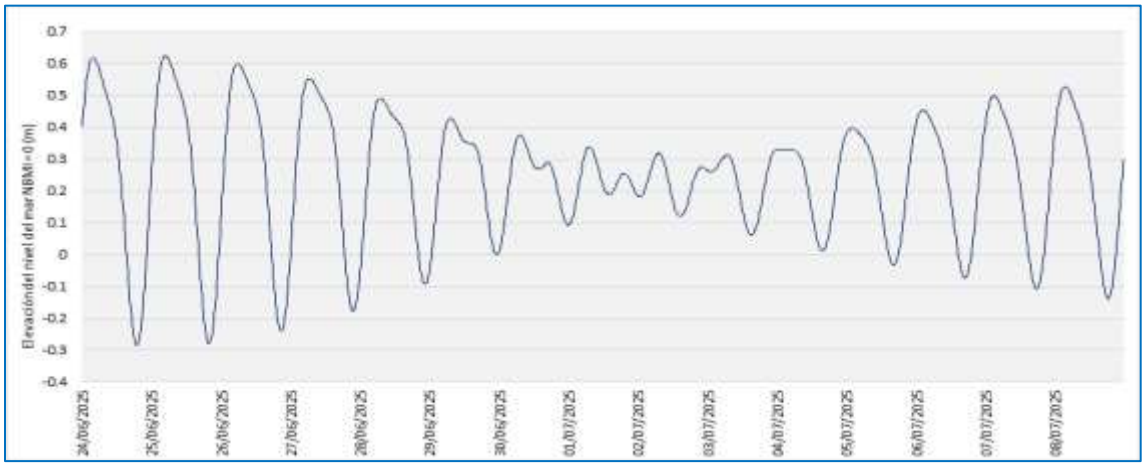


Ilustración 63. Amplitud de marea mínima (marea muerta) en julio de 2025.

Los planos de marea que se tomarán como oficiales, provienen de las mediciones realizadas por la SEMAR, desde julio de 1999 a julio del 2024. El mareógrafo de la SEMAR más cercano al sitio de proyecto, se encuentra instalado en Veracruz, Ver., en las coordenadas latitud 19°12'03" N y longitud 96°07'51"W.

Los planos de marea de SEMAR, se presentan a continuación (SEMAR, 2025).

- Pleamar Máxima Registrada (NPMR) 1.100 m.
- Nivel de Pleamar Media Superior (NPMS) 0.533 m.
- Nivel de Pleamar Media (NPM) 0.501 m.
- Nivel Medio del Mar (NMM) 0.323 m.
- Nivel de Bajamar Media (NBM) 0.118 m.
- Nivel de Bajamar Media Inferior (NBMI) 0.000 m.
- Bajamar Mínima Registrada (NBMR) -0.500 m.

5 VIENTOS

El viento es el movimiento de las masas de aire, es una corriente cuasi horizontal de aire que circula con relativa proximidad a la superficie terrestre y se atribuye tanto a las desigualdades de la densidad del aire como a las presiones bajas y altas. El excesivo calentamiento del aire hace que este se dilate y se anime de un movimiento ascendente dejando un lugar vacío en el lugar en donde se dilató (o centro de baja presión barométrica), este vacío se llena con aire más denso que procede de otras regiones o lugares de alta presión.

El viento es el principal generador de oleaje y su efecto sobre la costa es permanente, provocando además, mareas de vientos y fuerzas sobre las estructuras, de ahí la importancia de su estudio desde el punto de vista de las obras marítimas y la ingeniería de costas (Frías V. & Moreno C., 1986).

5.1 ELEMENTOS QUE CARACTERIZAN AL VIENTO

Los elementos que caracterizan al viento son:

- Dirección.
- Intensidad.
- Frecuencia.

La dirección del viento es el punto cardinal de donde sopla, por ejemplo, un viento norte es el que proviene del norte. Para definir la dirección del viento se utiliza la denominada rosa de los vientos, que no es más que un limbo circular que puede estar dividido en 4, 8, 16 o 32 partes.

En lo que respecta a la intensidad, se expresa en unidades de longitud sobre las de tiempo (m/s, km/h, kt, etc.); para su medición se utilizan las escalas de *Beaufort* y *Douglas*, que se presentan en la Tabla 26 y Tabla 27.

La evolución de un ciclón tropical puede llegar a desarrollar cuatro etapas, descritas a detalle en el apartado 3.2 OLEAJE CICLÓNICO:

- Perturbación tropical (generación incipiente de vientos).
- Depresión tropical (velocidad ≤ 62 km/h).
- Tormenta tropical (velocidades sostenidas entre los 62.1 y 118 km/h).
- Huracán (vientos máximos sostenidos alcanzan o superan los 118.1 km/h).

Las fuerzas de generación de los vientos son las fuerzas de presión, fricción, centrífuga y de Coriolis.

Tabla 26. Estado del viento de acuerdo a la escala de Beaufort (SEMAR, 2025).

Escala Beaufort			
Escala	**Velocidad (kt)**	**Velocidad (km/h)**	**Efectos del viento en el mar**
0	< 1	1	El mar tiene la apariencia de un espejo.
1	1 - 3	1 - 5	Se observan pequeñas olas sin espuma.
2	4 - 6	6 - 11	Se observan olas pequeñas con crestas de apariencia cristalina que no se rompen.
3	7 - 10	12 - 19	El mar presenta olas largas con crestas que empiezan a romper, además de crestas de olas dispersas con espuma.
4	11 - 16	20 - 28	Las olas pequeñas empiezan a alargarse y se observan numerosas crestas de olas con espuma.
5	17 - 21	29 - 38	Se forman olas moderadas y alargadas. Se observan muchas crestas de olas con espuma y dispersión de gotas pequeñas de agua.
6	22 - 27	39 - 49	Comienzan a formarse olas grandes y crestas de olas con espuma por todas partes; además de que hay una mayor dispersión de gotas pequeñas de agua, resultando peligrosa la navegación para embarcaciones menores.
7	28 - 33	50 - 61	El mar se agita y se dispersa espuma blanca como resultado del efecto del viento y del rompimiento de las olas, reduciéndose la visibilidad.
8	34 - 40	62 - 74	Se observan olas moderadamente altas y de mayor longitud, cuyos bordes de sus crestas se rompen dentro de un remolino; además de que la espuma se mantiene en suspensión de acuerdo a la dirección del viento.
9	41 - 47	75 - 88	La mar empieza a rugir y se observan olas altas con espesas estelas de espuma; dificultándose la visibilidad por la dispersión de gotas pequeñas de agua.

Escala Beaufort			
Escala	**Velocidad (kt)**	**Velocidad (km/h)**	**Efectos del viento en el mar**
10	48 - 55	89 - 102	El mar ruge y toma apariencia blanca debido a la espuma que es arrastrada en gran proporción; formándose olas muy altas con crestas sobrepuestas en forma de penacho, mientras que al enrollarse provocan visibilidad reducida.
11	56 - 63	103 - 117	Se forman olas excepcionalmente altas, provocando en el mar una apariencia blanca que reduce la visibilidad y haciéndose peligrosa la navegación, de tal manera, que los buques de mediano tonelaje se pierden de vista.
12	> 64	> 118	El aire se mezcla con la espuma y el mar está completamente blanco con dispersión y suspensión de pequeñas gotas de agua; por lo que la visibilidad es casi nula y se imposibilita toda navegación.

Tabla 27. Estado del viento de acuerdo a la escala de Douglas (SEMAR, 2025).

Escala Douglas			
Escala	**Nombre**	**Altura (ft)**	**Altura (m)**
0	Calma o llana	0.0	0.0
1	Rizada	0.00 - 0.32	0.0 - 0.1
2	Marejadilla	0.32 - 1.64	0.1 - 0.5
3	Marejada	1.64 - 4.10	0.5 - 1.25
4	Fuerte marejada	4.10 - 8.20	1.25 - 2.50
5	Gruesa	8.20 - 13.12	2.50 - 4.00
6	Muy gruesa	13.12 – 19.68	4.00 - 6.00
7	Arbolada	19.68 – 29.52	6.00 - 9.00
8	Montañosa	29.52 – 45.93	9.00 - 14.00
9	Enorme	> 45.93	> 14.00

Para conocer las características del viento de la zona de estudio, es necesario hacer uso de una *Estación Sinóptica Meteorológica Automática* (ESMA). Una estación ESMA, está conformada por un conjunto de sensores de medición, dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos, montados sobre una estructura de soporte, en donde son distribuidos, orientados y conectados al *Sistema de Adquisición, Procesamiento y Almacenamiento de Datos* (SAPAD) de la estación, con el objetivo de realizar la medición y el registro de variables meteorológicas que imperan en el lugar y transmitir los datos obtenidos a la oficina central, en donde serán utilizados y almacenados a una base de datos (SMN, 2025).

Por su cercanía y disponibilidad de información, para este estudio se analiza la ESMA (antes ESIME) “VERACRUZob” a cargo del SMN (con información del año 2011 al 2019). La situación geográfica de la ESMA es: latitud 19°8'33.0" N, longitud 96°6'47.0" W y 9 msnm de elevación (Ilustración 65).



Ilustración 64. Observatorio Meteorológico de Veracruz (Google Earth-Hernández C., S., 2021)



Ilustración 65. Ubicación de la ESMA VERACRUZob, Veracruz (SMN, 2025).

5.2 DIAGRAMAS DE VIENTOS

Para representar las condiciones que presenta el viento, se utilizan los diagramas de vientos, los cuales, son representaciones vectoriales de las características que definen a un viento y se grafican comúnmente en rosas de vientos. La información que se plasma en los diagramas, puede ser representativa de regímenes estacional, anual o de todo el rango de información, para un determinado sitio (Frías V. & Moreno C., 1986).

Para este proyecto, se obtuvieron en un régimen anual, estacional y del periodo de 9 años, del 2011 al 2019 de la ESMA VERACRUZob.

A continuación, se presentan los diagramas correspondientes a todo el rango de información, para cada estación.

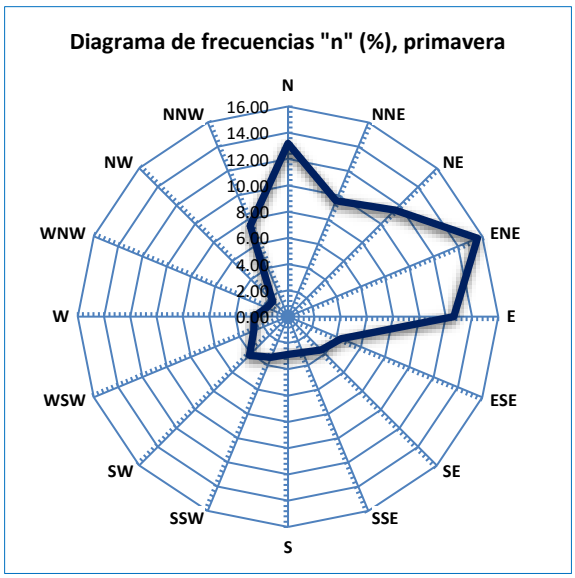
5.2.1 Diagramas de frecuencias “n”

El diagrama de frecuencias, representa el número de veces “n” con que el viento incide de cierta dirección; al viento que sopla con mayor frecuencia se le denomina viento reinante.

El análisis de frecuencias de la ESMA VERACRUZob para un régimen estacional, se resume en la Tabla 28.

Tabla 28. Frecuencias estacionales del 2011 al 2019 (SMN, 2025).

Dirección	Resumen de frecuencias estacionales “n” (%)			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
N	13.19	8.15	15.09	19.12
NNE	9.54	10.34	7.21	6.50
NE	11.49	12.44	5.27	4.45
ENE	15.60	16.09	6.16	6.42
E	12.60	8.77	5.63	7.91
ESE	4.39	2.51	4.08	4.75
SE	3.57	1.63	2.16	2.54
SSE	2.96	1.65	1.66	2.11
S	2.88	1.66	1.91	2.25
SSW	3.34	2.62	3.02	3.81
SW	4.15	6.54	7.88	6.99
WSW	2.81	7.10	6.74	4.59
W	2.59	7.83	5.86	3.56
WNW	1.77	5.41	4.37	2.83
NW	1.63	3.24	3.77	2.69
NNW	7.48	4.02	19.19	19.47



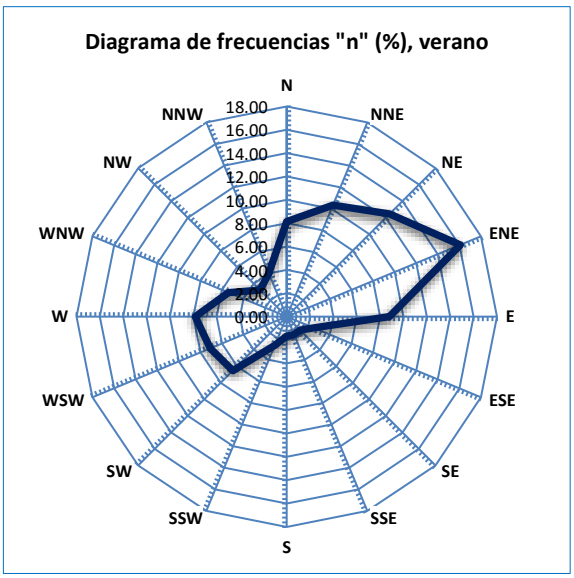
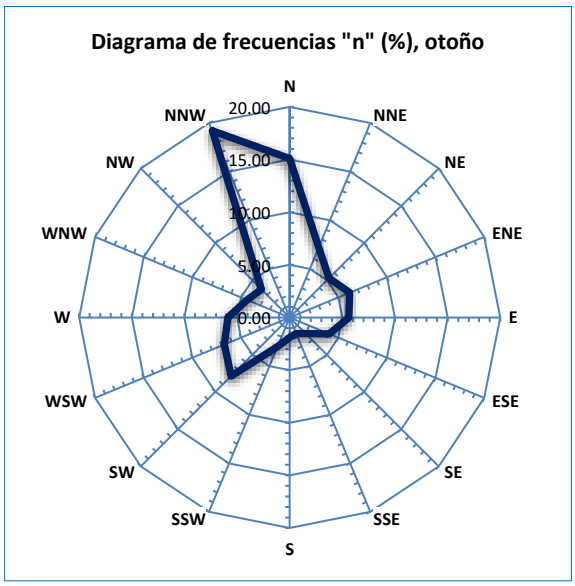


Ilustración 66. Diagramas de frecuencias "n" estacional para primavera y verano del 2011 al 2019 (SMN, 2025).

En la Ilustración 66, se puede apreciar que en primavera el viento reinante proviene de la dirección este-noreste ENE, seguida de las direcciones norte N y este E con frecuencias de 15.60%, 13.19% y 12.60%, respectivamente. De forma similar, en verano el viento reinante proviene de la dirección este-noreste ENE con una frecuencias de 16.09%, seguida de las direcciones noreste NE y nor-noreste NNE con frecuencias de 16.09%, 12.44% y 10.34%, respectivamente.



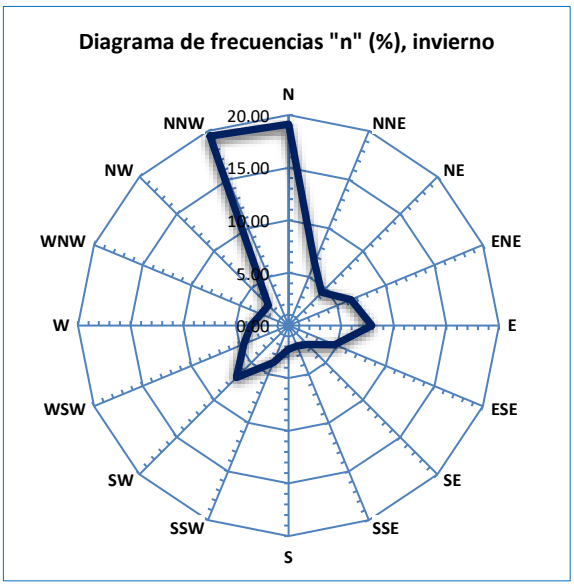


Ilustración 67. Diagramas de frecuencias "n" estacional para otoño e invierno del 2011 al 2019 (SMN, 2025).

En la Ilustración 67, se puede ver que en otoño el viento reinante proviene de la dirección nor-noroeste

NNW, seguida de las direcciones norte N y suroeste SW con frecuencias de 19.19%, 15.09% y 7.88%, respectivamente. Nuevamente para invierno, el viento reinante proviene de la dirección nor-noroeste NNW, seguida de las direcciones norte N y este E con frecuencias de 19.47%, 19.12% y 7.91%, respectivamente.

El análisis de frecuencias para la ESMA VERACRUZob para todo el registro de información, se presenta en la Tabla 29.

Tabla 29. Análisis de frecuencias para la región de Boca del Río, Veracruz, del 2011 a 2019 (SMN, 2025).

Dirección	Resumen de frecuencias "n" (%)
N	13.76
NNE	8.44
NE	8.49
ENE	11.13
E	8.73
ESE	3.93
SE	2.50
SSE	2.10
S	2.18
SSW	3.17
SW	6.37
WSW	5.32
W	4.97
WNW	3.60
NW	2.85
NNW	12.48

Del periodo analizado, se puede identificar al que el viento reinante proviene de la dirección norte N con 13.76%, seguida de las direcciones nor-noroeste NNW y este-noreste ENE con 12.48% y 11.13%, respectivamente (Ilustración 68).

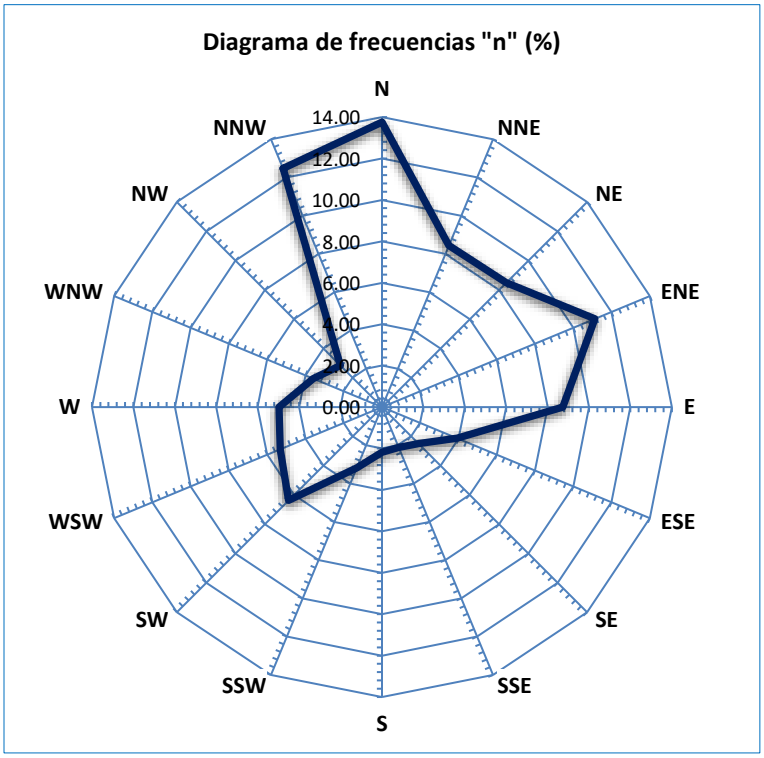


Ilustración 68. Diagrama de frecuencias "n" del periodo 2011 - 2019 (SMN, 2025).

5.2.2 Diagramas de Lenz "nv"

En el diagrama de Lenz, se grafican los productos de las frecuencias "n" por las velocidades medias de presentación "v", a este diagrama, también se le conoce como diagrama de velocidad media o agitación. Para el análisis, las frecuencias fueron tomadas en % y las velocidades en m/s.

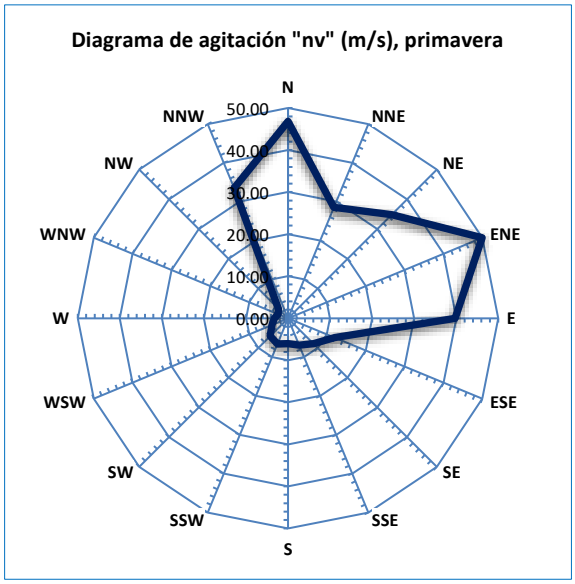
El análisis de velocidad media para la ESMA VERACRUZob, correspondiente a un régimen estacional, se encuentra en la Tabla 30.

Tabla 30. Análisis de Lenz por estación para región de Boca del Río, Veracruz, del 2011 a 2019 (SMN, 2025).

Dirección	Resumen de frecuencias estacionales "nv" (m/s)			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
N	46.82	21.01	61.00	75.25
NNE	28.52	28.60	21.57	18.63
NE	34.86	34.83	13.50	11.66
ENE	49.97	46.71	16.06	18.62
E	39.72	23.78	14.71	23.03
ESE	12.07	5.98	12.12	14.28
SE	8.60	3.91	5.42	6.27

Dirección	Resumen de frecuencias estacionales "nv" (m/s)			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
SSE	6.94	3.63	3.84	4.92
S	6.02	3.03	3.73	4.51
SSW	6.60	4.90	5.41	6.60
SW	6.01	10.71	11.85	9.84
WSW	4.09	11.36	9.86	5.93
W	3.25	10.78	7.85	4.20
WNW	2.59	8.56	6.86	4.01
NW	3.19	7.08	9.42	5.23
NNW	33.47	12.79	101.80	95.61

Derivado del análisis, se identifica que para primavera y verano la dirección que predomina es este-noreste ENE, mientras que en otoño e invierno la dirección que predomina es nor-noroeste NNW (Ilustración 69 e Ilustración 70).



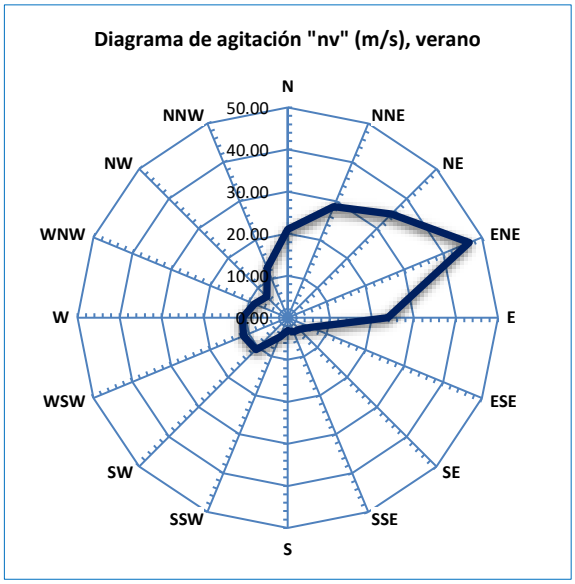


Ilustración 69. Diagramas de agitación "nv" estacional para primavera y verano del 2011 al 2019 (SMN, 2025).

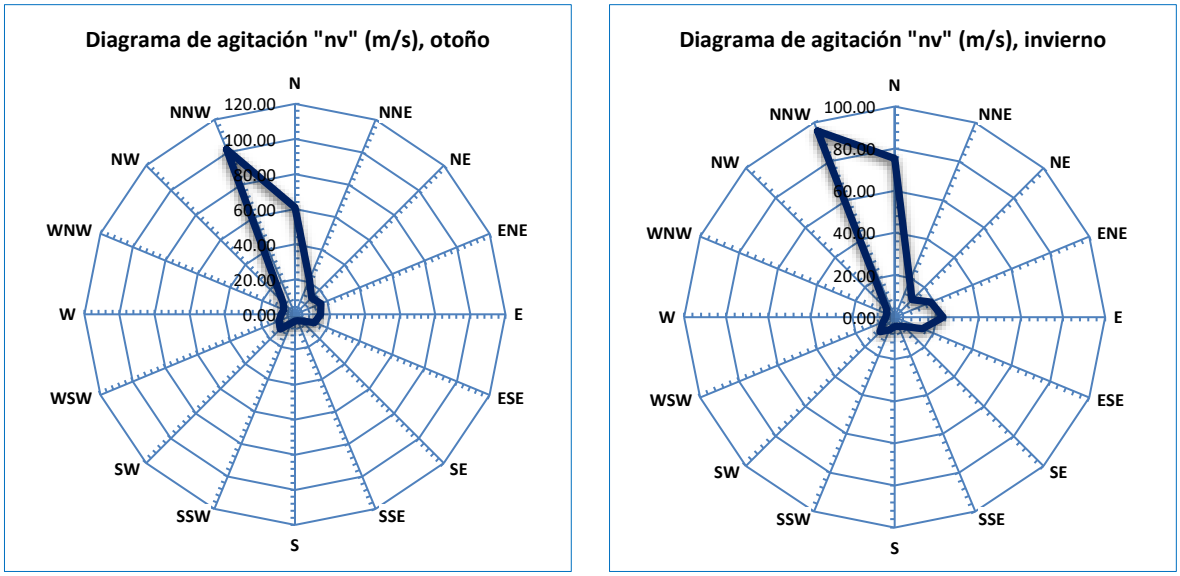


Ilustración 70. Diagramas de agitación "nv" estacional para otoño e invierno del 2011 al 2019 (SMN, 2025).

El análisis de velocidad media para la ESMA VERACRUZob para todo el universo de información, se presenta en la Tabla 31.

Tabla 31. Análisis de velocidades medias para la región de Boca del Río, Veracruz, del 2011 a 2019 (SMN, 2025).

Dirección	Resumen de velocidades medias "nv", (m/s)
N	50.60
NNE	24.52
NE	23.97
ENE	33.04
E	25.34
ESE	11.09
SE	6.10
SSE	4.85
S	4.34
SSW	5.86
SW	9.58
WSW	7.84
W	6.55
WNW	5.52
NW	6.32
NNW	60.93

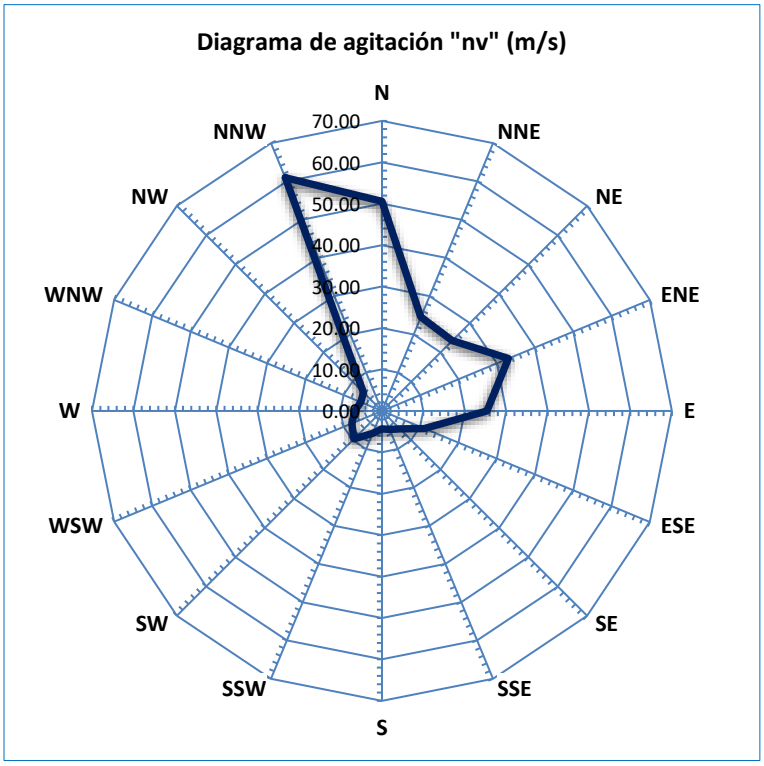


Ilustración 71. Diagrama de agitación "nv" del periodo 2011 – 2019 (SMN, 2025).

Del periodo analizado, se puede identificar que el viento predominante proviene de la dirección nor-noroeste NNW, seguida por la dirección sureste norte N (Ilustración 71).

5.2.3 Diagramas de velocidad máxima "$V_{máx}$"

En el siguiente diagrama se presentan los datos correspondientes a la velocidad máxima de presentación. El análisis de velocidad máxima para la ESMA VERACRUZob que corresponde al régimen estacional se encuentra en la Tabla 32.

Tabla 32. Análisis de velocidades máximas para la región de Boca del Río, Veracruz, del 2011 a 2019 (SMN, 2025).

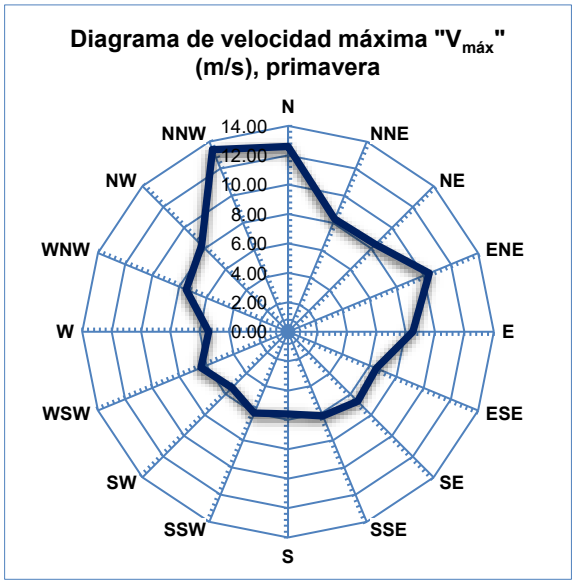
Dirección	Resumen de frecuencias estacionales "$V_{máx}$", en m/s			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
N	12.60	8.30	11.90	12.40
NNE	8.30	8.50	7.60	8.40
NE	8.40	7.00	7.70	6.80
ENE	10.40	7.60	7.40	6.40
E	8.50	8.90	5.50	5.90
ESE	6.50	10.50	5.60	5.90
SE	6.70	10.20	6.30	5.60

Dirección	Resumen de frecuencias estacionales "$V_{máx}$", en m/s			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
SSE	6.20	10.60	4.90	7.80
S	5.60	8.40	4.30	6.70
SSW	6.00	11.10	4.40	6.00
SW	5.40	11.70	4.30	5.90
WSW	6.40	7.40	4.90	3.50
W	5.40	6.30	4.00	3.10
WNW	7.50	11.10	5.80	4.50
NW	8.30	11.50	7.50	6.60
NNW	13.40	9.70	13.60	13.10

Durante el invierno el Golfo de México es influenciado por las masas de aire frío y seco que provienen del continente, las cuales al encontrase con las masas de aire de origen marítimo y tropical, provocan frentes fríos principalmente de octubre a abril. La presencia de un frente frío en el Golfo de México produce vientos que soplan de norte a sur, conocidos como nortes, que alcanzan velocidades de hasta los 30 m/s (108 km/h). Los nortes varían entre años "normales" y años "Niño", donde los nortes son menos frecuentes y más intensos (DIGAOHM, SEMAR, 2025).

Del análisis de las velocidades máximas para las estaciones (

Ilustración 72 e Ilustración 73), se determina que en primavera, otoño e invierno, el viento que sopla con mayor intensidad proviene del nor-noroeste NNW, alcanzando velocidades máximas de 13.40 m/s (48.24 km/h), 13.60 m/s (48.96 km/h) y 13.10 m/s (47.16 km/h), respectivamente. Por otro lado, en verano el viento de mayor intensidad proviene del suroeste SW, con una velocidad máxima de 11.70 m/s (42.12 km/h).



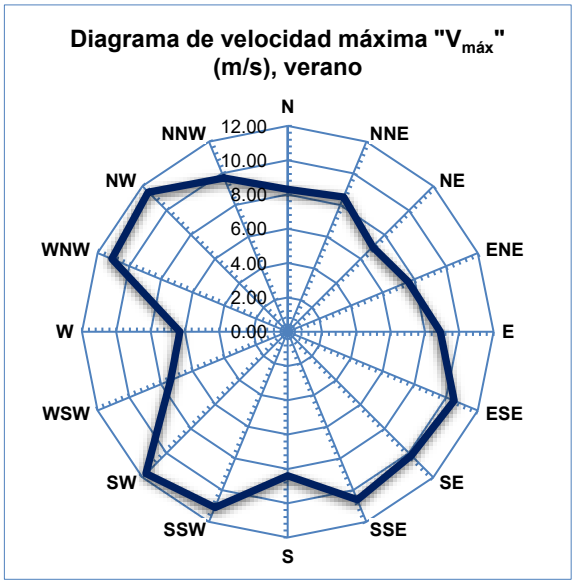
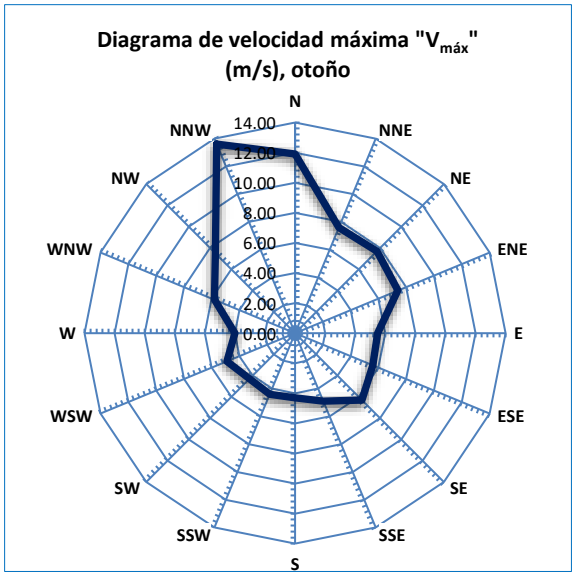


Ilustración 72. Diagrama de velocidad máxima "$V_{máx}$" para primavera y verano del 2011 al 2019 (SMN, 2025).



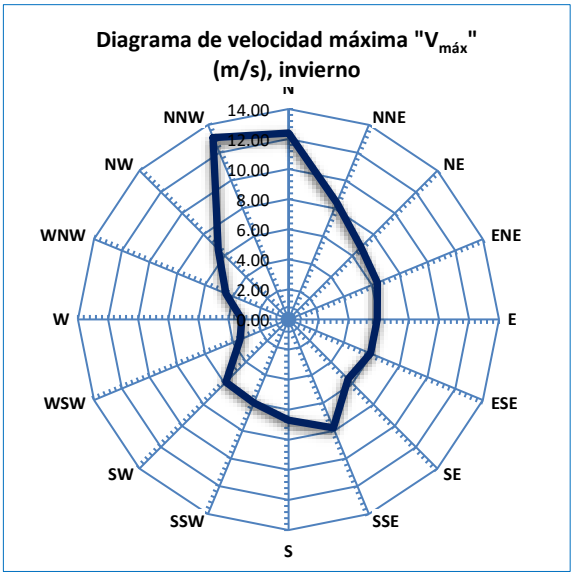


Ilustración 73. Diagrama de velocidad máxima "$V_{máx}$" para otoño e invierno del 2011 al 2019 (SMN, 2025).

El análisis de velocidad máxima para la ESMA VERACRUZob para todo el registro de información, se presenta en la Tabla 33.

Tabla 33. Análisis de velocidades máximas región de Boca del Río, Veracruz, del 2011 a 2019 (SMN, 2025).

Dirección	Resumen de velocidades máximas "$V_{máx}$" (m/s)
N	12.60
NNE	8.50
NE	8.40
ENE	10.40
E	8.90
ESE	10.50
SE	10.20
SSE	10.60
S	8.40
SSW	11.10
SW	11.70
WSW	7.40
W	6.30
WNW	11.10
NW	11.50
NNW	13.60

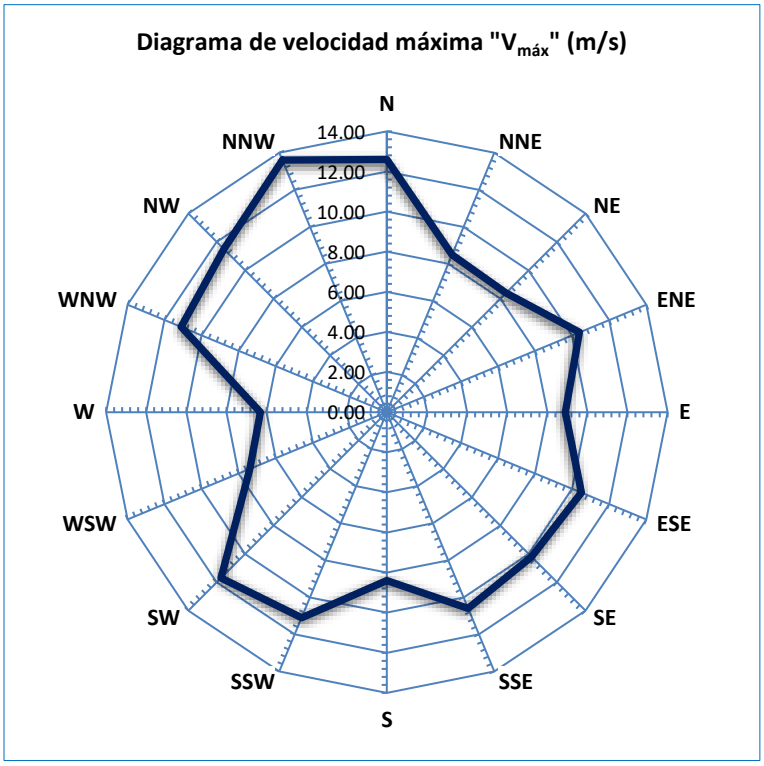


Ilustración 74. Diagrama de velocidades máximas "$v_{máx}$" del periodo 2011 - 2019 (SMN, 2025).

La velocidad máxima que se presentó durante todo el periodo es 13.60 m/s (48.96 km/h) y proviene de la dirección nor-noroeste NNW (Ilustración 74).

5.2.4 Diagramas de velocidad máxima cuadrática "$V_{máx}^2$"

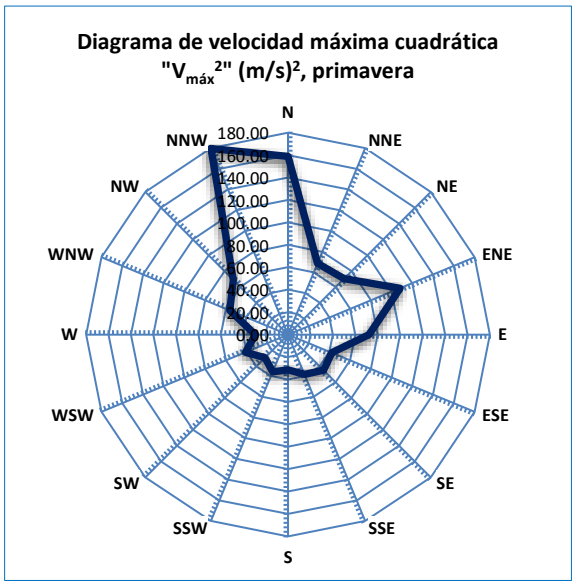
Este diagrama contempla los datos concernientes al cuadrado de la velocidad máxima de presentación. Al viento que sopla con mayor intensidad se le llama viento dominante.

El análisis de velocidad máxima cuadrática para la ESMA VERACRUZob para un régimen estacional, se encuentra en la Tabla 34.

Tabla 34. Análisis de velocidad máxima cuadrática de la región de Boca del Río, Ver., del 2011 a 2019 (SMN, 2025).

Dirección	Resumen de frecuencias estacionales "$v_{máx}^2$", en $(m/s)^2$			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
N	158.76	68.89	141.61	153.76
NNE	68.89	72.25	57.76	70.56
NE	70.56	49.00	59.29	46.24
ENE	108.16	57.76	54.76	40.96

Dirección	Resumen de frecuencias estacionales "$v_{máx}^2$", en $(m/s)^2$			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
E	72.25	79.21	30.25	34.81
ESE	42.25	110.25	31.36	34.81
SE	44.89	104.04	39.69	31.36
SSE	38.44	112.36	24.01	60.84
S	31.36	70.56	18.49	44.89
SSW	36.00	123.21	19.36	36.00
SW	29.16	136.89	18.49	34.81
WSW	40.96	54.76	24.01	12.25
W	29.16	39.69	16.00	9.61
WNW	56.25	123.21	33.64	20.25
NW	68.89	132.25	56.25	43.56
NNW	179.56	94.09	184.96	171.61



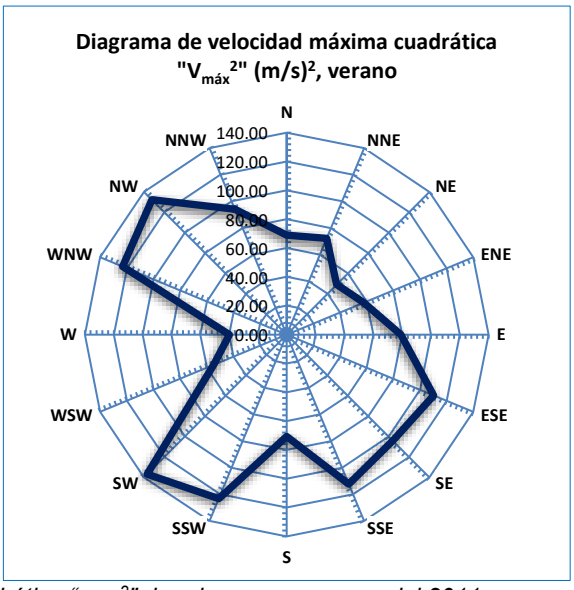


Ilustración 75. Diagrama velocidad máxima cuadrática "$v_{máx}^2$" de primavera y verano del 2011 al 2019 (SMN, 2025).

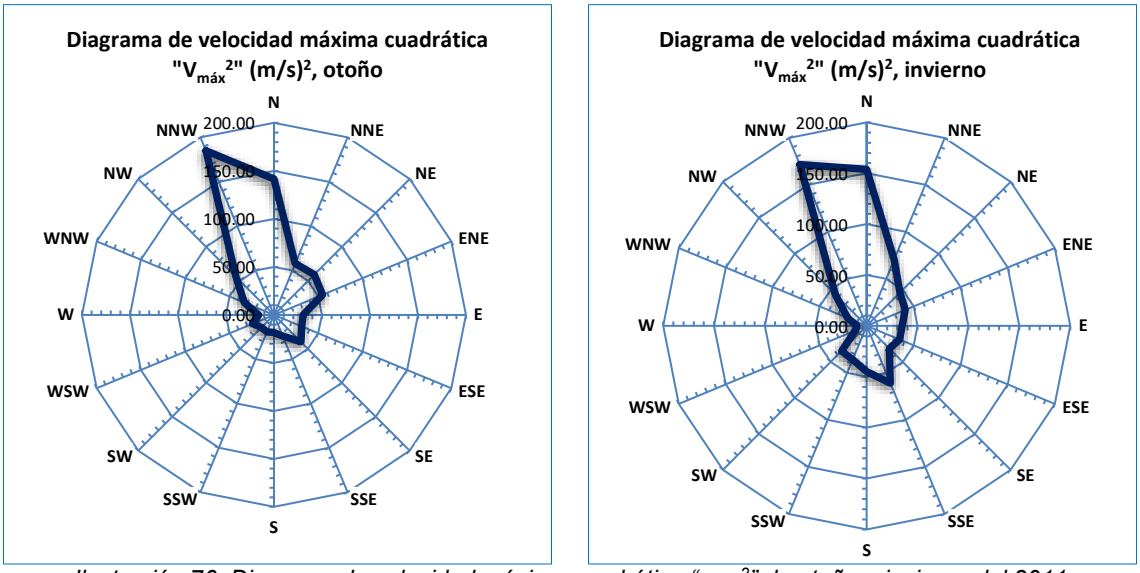


Ilustración 76. Diagrama de velocidad máxima cuadrática "$v_{máx}^2$" de otoño e invierno del 2011 al 2019 (SMN, 2025).

Las velocidades máximas estacionales (Ilustración 75 e Ilustración 76), indican que se determina que en primavera, otoño e invierno, el viento que sopla con mayor intensidad proviene del nor-noroeste NNW, mientras que en verano el viento de mayor intensidad proviene del suroeste SW.

El análisis de velocidad máxima cuadrática para la ESMA VERACRUZob para todo el registro de información, se presenta en la Tabla 35.

Tabla 35. Análisis de velocidad máxima cuadrática para la región de Boca del Río, Ver., del 2011 a 2019 (SMN, 2025).

Dirección	Resumen de velocidades máximas "$v_{máx}^2$" (m/s)²
N	158.76
NNE	72.25
NE	70.56
ENE	108.16
E	79.21
ESE	110.25
SE	104.04
SSE	112.36
S	70.56
SSW	123.21
SW	136.89
WSW	54.76
W	39.69
WNW	123.21
NW	132.25
NNW	184.96

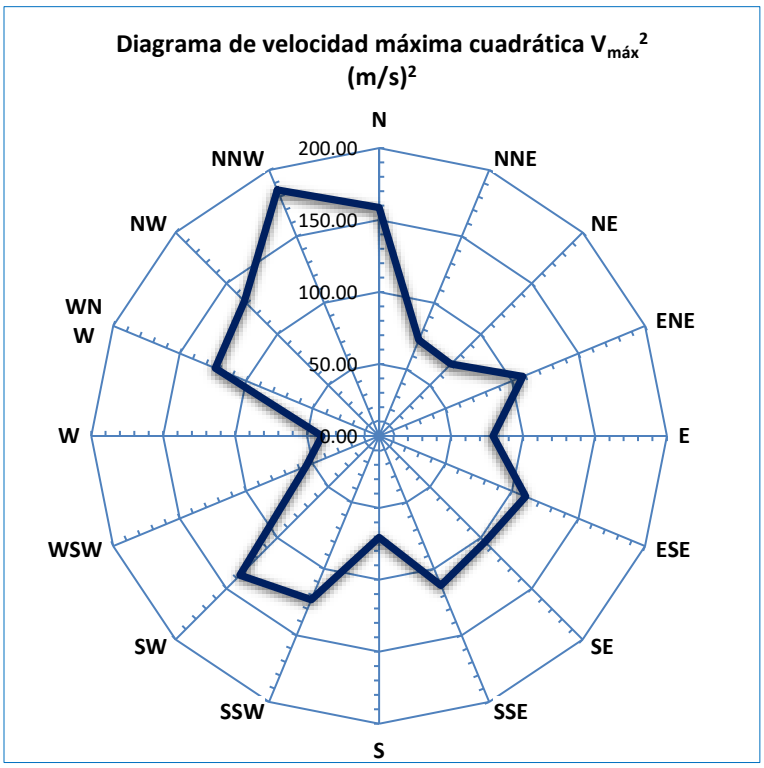


Ilustración 77. Diagrama de velocidad máxima cuadrática "$v_{máx}^2$" del periodo 2011 – 2019 (SMN, 2025).

Como se puede observar en la Ilustración 77, para el régimen anual el viento dominante corresponde a la dirección nor-noroeste NNW.

6 CORRIENTES

El Golfo de México es una cuenca semicerrada conectada con el Mar Caribe y el Océano Atlántico Norte. Su principal característica dinámica es la *Corriente de Lazo*, que es una porción de la corriente límite occidental del Atlántico Norte que transporta las aguas oceánicas de los trópicos hacia latitudes más altas.

La Corriente de Lazo cambia de forma con el tiempo, a veces moviéndose directamente desde el Canal de Yucatán (entre México y Cuba) hasta el Estrecho de Florida (entre Florida y Cuba) y otras veces creciendo hasta formar un gran lazo que se extiende hacia el norte del Golfo de México, cerca del Delta del Misisipi. Estas diferentes trayectorias se conocen como fases retraída y extendida de la Corriente del Lazo y pueden verse a continuación en la Ilustración 78 . Cuando se extiende, la Corriente de Lazo acaba formando un gran remolino anticiclónico de núcleo cálido (denominado Remolino de la Corriente de Lazo) que se desplaza hacia el oeste dentro del Golfo, mientras la corriente principal vuelve a su posición retraída (AOML, 2021).



Ilustración 78. Corrientes importantes en la zona de estudio (AOML, 2021)

De acuerdo con SEMAR, en la zona de estudio existen dos corrientes importantes (Ilustración 79):

- La *"Corriente Principal"*, determinada por la dirección del viento la cual generalmente se desplaza hacia el NW con una velocidad de 0.1903 m/s (0.37 nudos) con vientos del SE y con vientos del norte su dirección cambia hacia el SE.

- La corriente de la *"Bocana del Puerto"*, la cual no presenta relación directa con la dirección del viento pero varía en proporción a su magnitud.

Los factores que influyen en la dirección y velocidad de las corrientes son la línea de costa y el *Sistema Arrecifal Veracruzano* (SAV), así como la dirección y velocidad del viento (DIGAOHM, SEMAR, 2025).

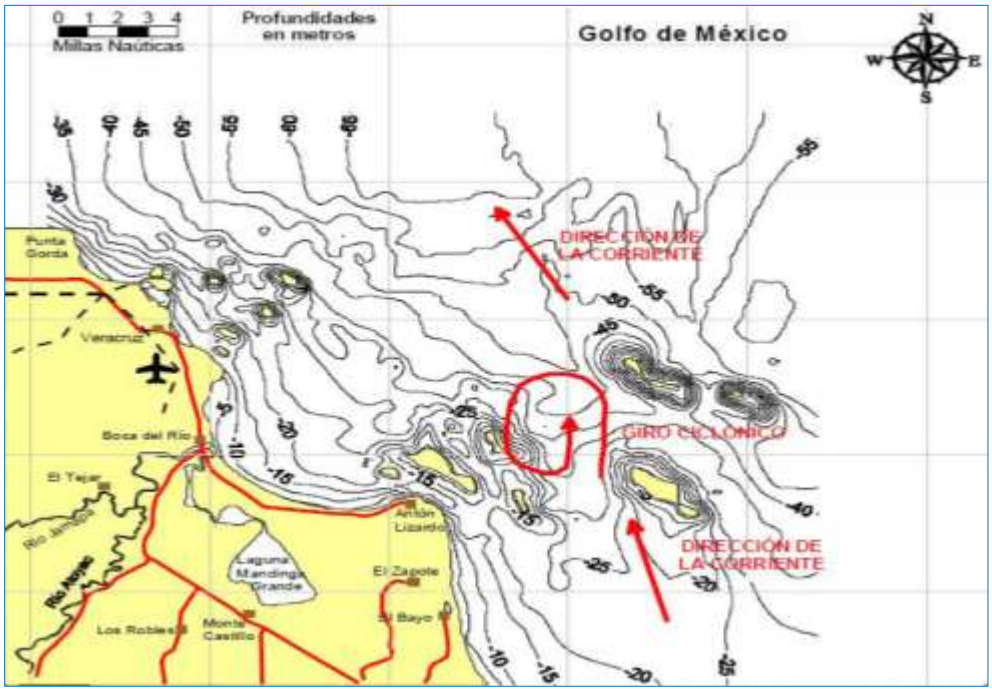


Ilustración 79. Corrientes importantes en la zona de estudio (DIGAOHM, SEMAR, 2025).

El *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua* (IMTA), desarrolla un atlas interactivo del *"Potencial Energético en los Mares Mexicanos"* en conjunto con el *Centro Mexicano de Innovación en Energía Océano* (CEMIE-Océano). En este atlas, se muestra información de las corrientes y su versión en-línea del libro está protegida por la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Los resultados exhibidos en el atlas, se generan por medio de simulaciones hechas con el modelador numérico ROMS (Shchepetkin & McWilliams, 2005), el cual, es un modelo numérico oceánico que fue desarrollado por la *Universidad de California en Los Ángeles* (UCLA), la Universidad de Rutgers y el *Instituto de Investigación para el Desarrollo de Francia* (IRD). Mediante el ROMS se simularon 25 años del Atlántico mexicano y 16 años del Pacífico mexicano.

Referente al Golfo de México, se incluye la variable de rapidez y los campos de velocidad representan el estado promedio anual, es decir, no considera los cambios en las corrientes que ocurren entre los diferentes años pero si, los cambios en las corrientes que se dan en las diferentes estaciones del año y las variaciones diurnas y semidiurnas originadas por las mareas.

En las siguientes imágenes se muestra la rapidez promedio diaria anual y mensual (en m/s), en el Golfo de México a la cota -5 m. donde las tonalidades claras muestran valores mínimos y las tonalidades obscuras valores máximos. Las flechas indican la dirección de la corriente y la resolución de la malla de modelado es de 4.5 km (IMTA,CEMIE-Océano, 2005).



Ilustración 80. Rapidez promedio diaria anual en el Golfo de México (IMTA,CEMIE-Océano, 2005).

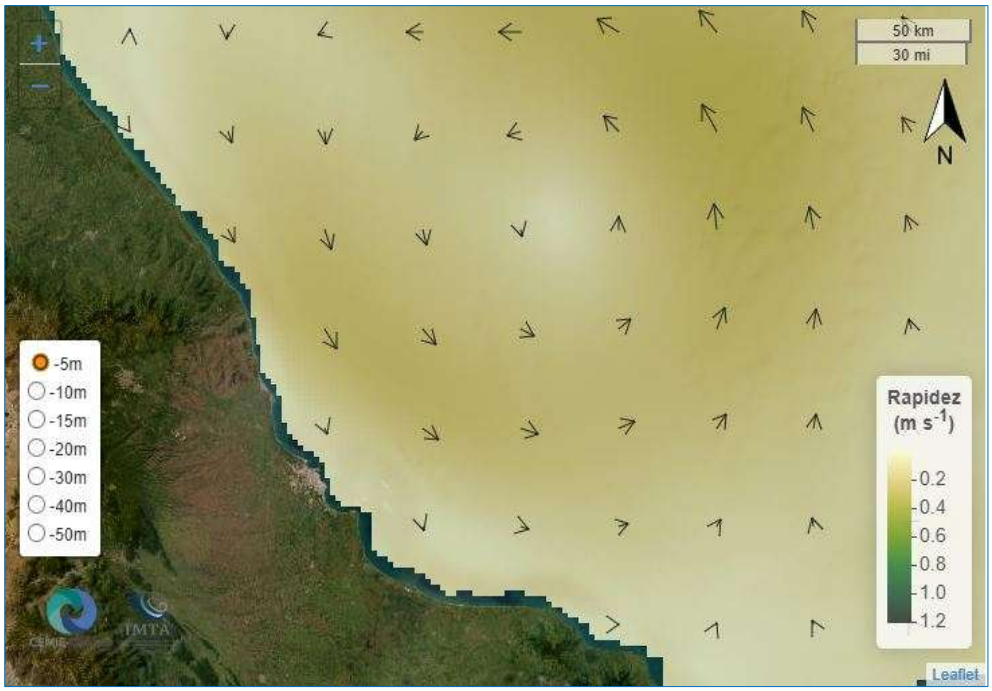


Ilustración 81. Rapidez promedio diaria anual en la zona de estudio (IMTA,CEMIE-Océano, 2005).

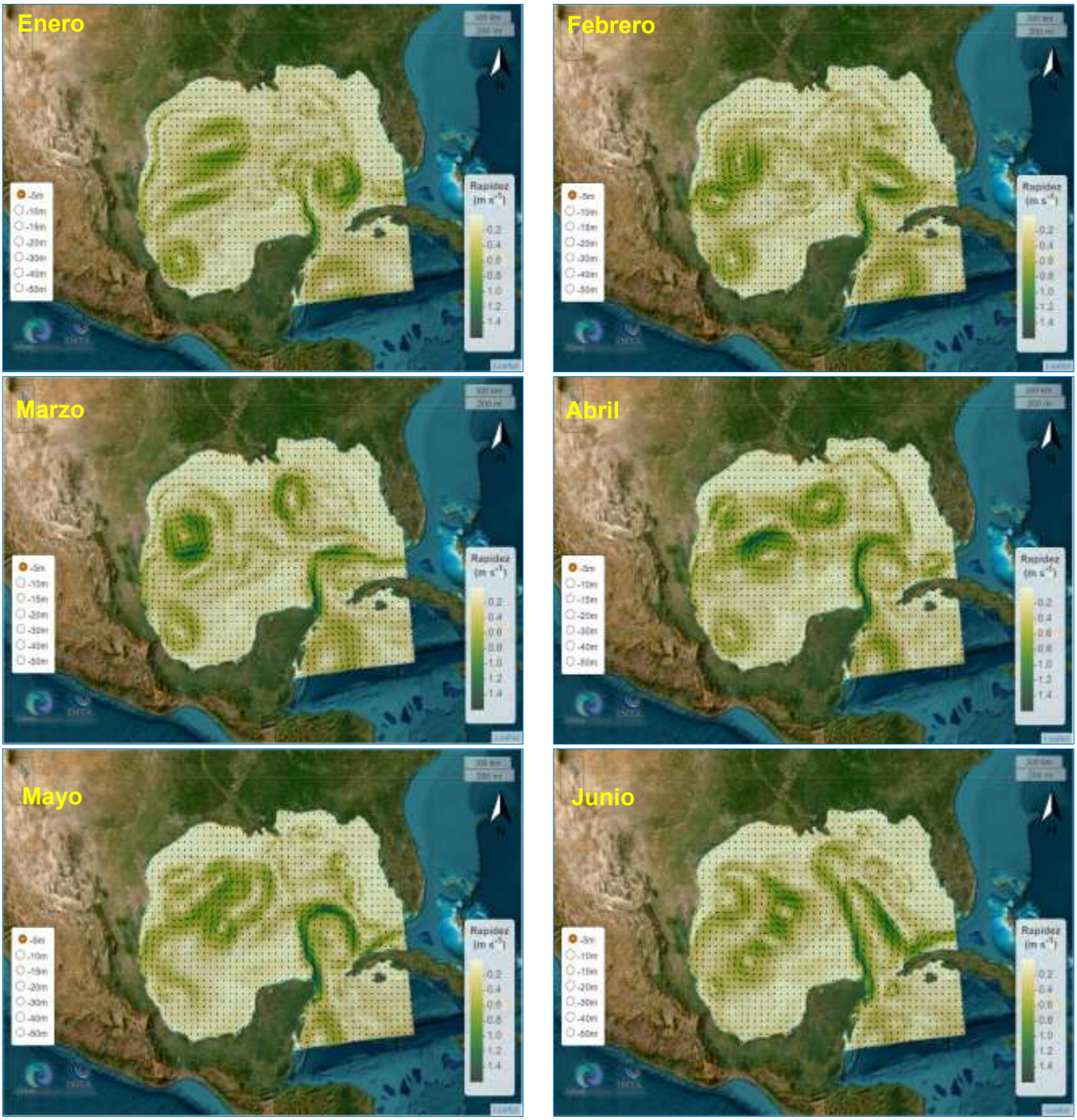


Ilustración 82. Rapidez media diaria mensual de enero a junio en el Golfo de México (IMTA,CEMIE-Océano, 2005).

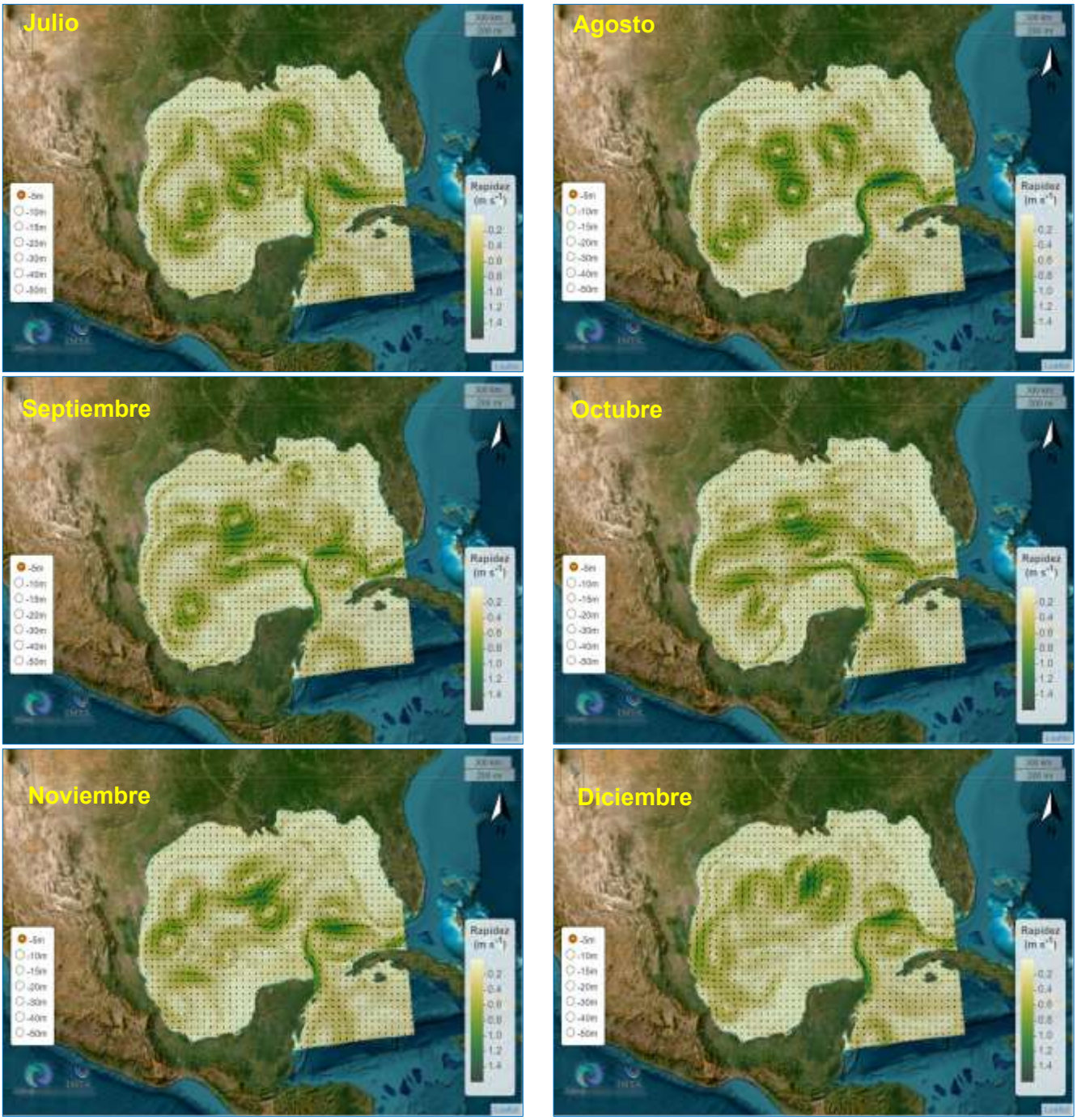


Ilustración 83. Rapidez media diaria mensual de julio a diciembre en el Golfo de México (IMTA,CEMIE-Océano, 2005).

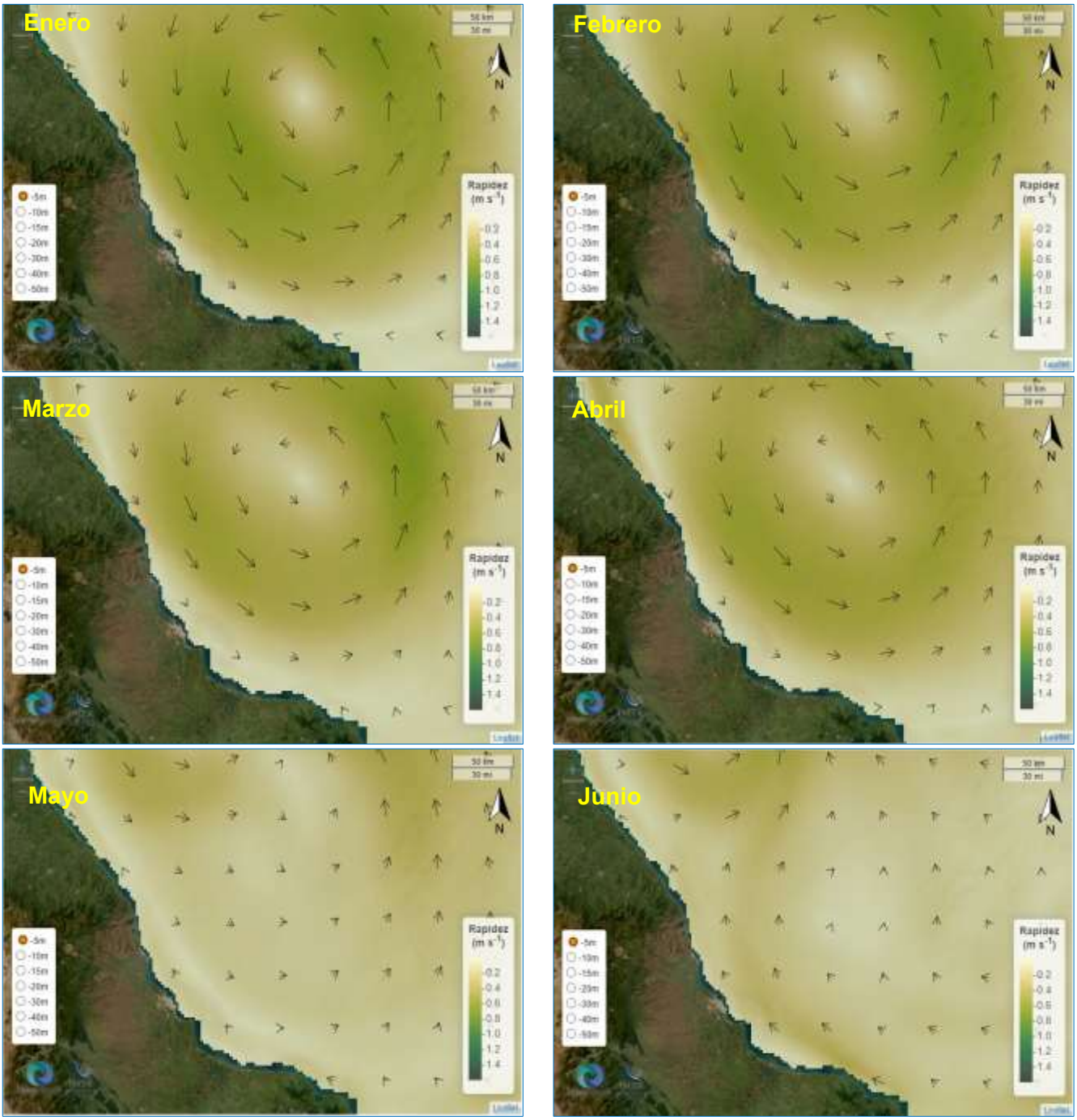


Ilustración 84. Rapidez media diaria mensual de enero a junio en la zona de estudio (IMTA,CEMIE-Océano, 2005).

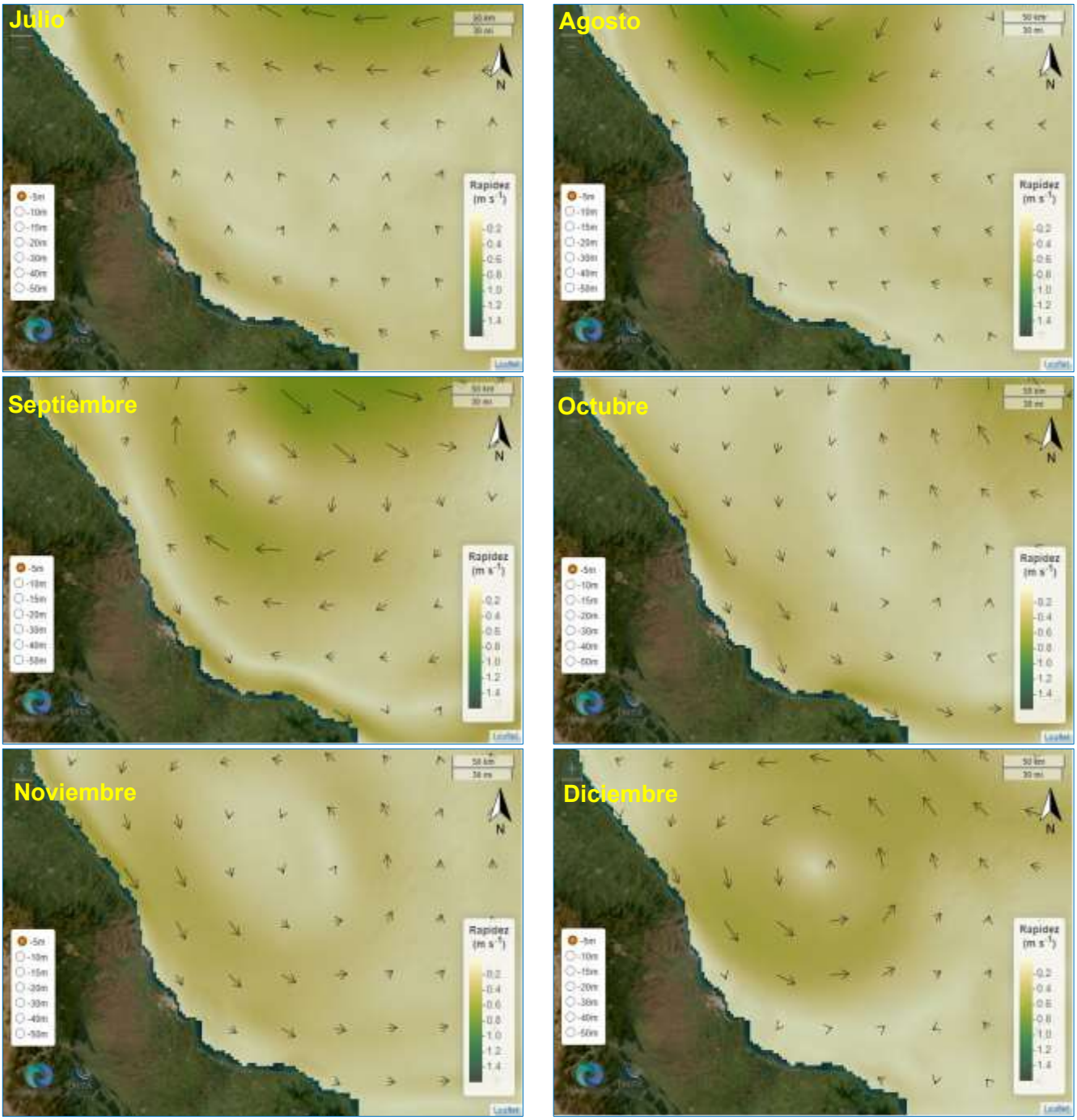


Ilustración 85. Rapidez media diaria mensual de julio a diciembre en la zona de estudio (IMTA,CEMIE-Océano, 2005).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOML. (4 de Marzo de 2021). *Atlantic Oceanographic & Meteorological Laboratory, U.S. Departament of Commerce*. Obtenido de Comunicaciones del AOML: https://www.aoml.noaa.gov/es/anticyclonic-eddies-off-cuban-coast/

CENAPRED. (2002). *Atlas climatológico de ciclones tropicales en México.* México: Centro Nacional de Prevención de desastres, Rosengaus M., Jiménez M., Vázques M.

CFE. (1983). *Manual de diseño de obras civiles. Hidrotécnia. Hidráulica marítima.* México: Instituto de Investigaciones Eléctricas.

CICESE. (2025). *MAR V1.0.* Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.

CONABIO. (2018). *Geomorfología marina.* México: Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Department of Army. (1984). *Shore Protection Manual.* Vicksburg Mississipi: Coastal Engineering Reseach Center.

DIGAOHM, SEMAR. (2025). *Veracruz, Veracruz*. Obtenido de Dirección General Adjunta de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología: https://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioVeracruz.pdf

Flores, J. R. (s/f). Práctica de sobreelevación por tormenta. En *Notas del curso de hidrodinámica marítima.* IPN.

Frías V., A., & Moreno C., G. (1986). *INGENIERÍA DE COSTAS.* México, D.F.: AMIP.

Gobierno del Estado de Veracruz, et al. (2023). *Atlas de Riesgos del Estado de Veracruz.* Obtenido de Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Protección Civil, Protección Civil Veracruz: https://www.veracruz.gob.mx/proteccioncivil/atlasrver/

Google Earth. (2025).

Google Earth-Hernández C., S. (Julio de 2021). *Observatorio Meterológico de Veracruz*. Obtenido de https://lh3.googleusercontent.com/gps-cs-s/AC9h4npJHUo6HWdyIWLEdXISi0Ejvnj11AfvSUm0N4jKa_S32qSiwzgrsmnaEvtLRyy7eh9vH-q8xattR4CBPNXJ79LAtp8TCC5QfeAAoSvLOQ3mabzHSdKZJfufPrvB5evDVcupZNEn=h1440

IMTA,CEMIE-Océano. (Septiembre de 2005). *Potenciál Energético de las Corrientes Marinas en Mares Mexicanos*. Obtenido de Atlas interactivo en linea: https://navitasmaris.imta.mx/index.html#pr%C3%B3logo

INEGI-SPP. (1979). *Atlas de Huracanes en el Océano Pacífico y en el Oceano Atlántico.* Coordinación General del Sistema Nacional de Información.

Martínez, G. M. (1992). Ingeniería de Costas. México: Facultadde Ingeniería UNAM.

Mesoamérica, P. (2025). *atlas de riesgos naturales para el municipio de Boca del Río, Ver.* Obtenido de http://rmgir.proyectomesoamerica.org/HABITAT

NOAA. (2025). *National Oceanic and Atmospheric Administration*. Obtenido de Historical Hurricane Tracks: https://coast.noaa.gov/hurricanes/#map=4/32/-80

NOAA-NDBC. (2025). *National Oceanic and Atmospheric Administration*. Obtenido de National Data Bouy Center: https://www.ndbc.noaa.gov/

Rodriguez-Varela, et al. (2019). Diversity of benthonic invertebrates in Mandinga lagoon. *NOVITATES CARIBAEA 14*, 128-146.

SECTUR et al. (Junio de 2014). *Estudio de la vulnerabilidad y programa de adaptación ante la variabilidad climática y el cambio climático en diez destinos turísticos estratégicos, así como propuesta de un sistema de alerta tempana a eventos hidrometeorológicos extremos. Veracruz.* SECTUR, ANIDE, CESTUR y CONACYT.

SEMAR. (Septiembre de 2025). *ESCALA DE BEAUFORT*. Obtenido de https://www.semar.gob.mx/meteorologia/ESCALA%20BEAUFORT.htm

SEMAR. (Septiembre de 2025). *ESCALA DE DOUGLAS*. Obtenido de http://www.semar.gob.mx/meteorologia/ESCALA%20DOUGLAS.htm

SEMAR. (2025). *TABLAS NUMÉRICAS DE PREDICCIÓN DE MAREAS (GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE).* México: Secretaría de Marina - Armada de México.

SEMARNAT. (2018). *Ciclones Tropicales*. Obtenido de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2018/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/ibi_apps/WFServletfc48.html

SMN. (2025). *ESMA Veracruzob*.

SMN. (Septiembre de 2025). *Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAS)*. Obtenido de Descripción ESMA: https://smn.conagua.gob.mx/es/?option=com_content&view=article&id=38&Itemid=102

SMN. (2025). *https://smn.conagua.gob.mx/es/observando-el-tiempo/estaciones-meteorologicas-automaticas-ema-s*.

Vergara, M. (2011). *Zonas y procesos costeros.* México, D.F.: AMIP-IPN.



MODELOS DE INUNDACIÓN

TRABAJOS DE INGENIERIAS Y PREPARACION DE SITIO PARA EL PROYECTO PUENTE BOCA DEL RIO

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Ing. Diego Ibáñez Hood	**Ing. Henry Vladimir Cruz Cruz**	**Ing. José Eladio Chávez Cuadra**
Cal y Mayor y Asociados	Cal y Mayor y Asociados	ALMEBO

1 INFORMACIÓN DE CONTROL

Documento	**TRABAJOS DE INGENIERIAS Y PREPARACIÓN DE SITIO PARA EL PROYECTO PUENTE BOCA DEL RÍO**
Centro de Costos	**540-796**
Fecha	**noviembre 2025**
Preparado por	**Cal y Mayor y Asociados**

2 Registro de revisiones

Revisión	Fecha	Versión	Autorización	
			Nombre / Cargo	**Firma**
		1		

Cal y Mayor y Asociados desarrolló este estudio con un equipo de profesionales expertos en este tipo de proyectos. Los resultados entregados por **Cal y Mayor y Asociados** representan su mejor juicio dentro del contexto de tiempo actual, empleando información recopilada para este estudio, así como disponible de diversas fuentes oficiales.

Las proyecciones contenidas en el presente reporte se realizaron con base en las expectativas económicas más actualizadas del fondo monetario internacional (FMI). Los modelos resultantes cumplen con el rigor técnico metodológico, que habitualmente se emplea en este tipo de estudios, los cuales son válidos siempre y cuando se mantengan las condiciones macroeconómicas de crecimiento, bajo las cuales fueron realizadas.

Los resultados actuales y futuros, y las tendencias, podrían diferir de los presentados, debido a varios factores, incluyendo, sin limitación, aquéllos discutidos en este informe. Muchos de estos factores están fuera del alcance de Cal **y Mayor y Asociados**, tales como: crisis económicas, incremento de inseguridad en algunas zonas del país, catástrofes naturales, como huracanes, inundaciones, terremotos; entre otros. Cualquier otra parte autorizada por nuestro cliente para utilizar este informe sólo podrá hacerlo de manera completa y no en forma parcial o resumen.

TABLA DE CONTENIDO

1 EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO 7

1.1 CÁLCULO DE LA ZONA DE INUNDACIÓN POR SOBREELEVACIÓN DEL NMM 7

1.2 CÁLCULO DE LAS ZONAS DE INUNDACIÓN POR GASTOS HIDROLÓGICOS MÁXIMOS 8

1.2.1 RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN 8

1.2.1.1 Determinación de las características fisiográficas de la cuenca de aportación 9

1.2.1.1.1 Características Fisiográficas de las Cuencas de la Zona de Estudio 9

1.2.1.1.2 Determinación de Parámetros 10

1.2.1.2 Procesamiento de la información climatológica e hidrológica 10

1.2.1.2.1 Información Climatológica 10

1.2.1.2.2 Información Hidrométrica 11

1.2.1.2.3 Gastos Máximos de Diseño-Río Jamapa 11

1.2.2 MODELACIÓN HIDRODINÁMICA DE INUNDACIONES 15

1.2.2.1 Descripción del modelo numérico 15

1.2.2.1.1 Ecuaciones hidrodinámicas 15

1.2.2.2 Descripción del dominio de estudio 18

1.2.3 ESCENARIOS DE SIMULACIÓN 19

1.2.3.1 Condiciones iniciales, de frontera y numéricas 20

1.2.4 RESULTADOS DE LA MODELACIÓN HIDRODINÁMICA 21

1.2.4.1 Resultados para el Escenario 1: Sin cambio climático 21

1.2.4.2 Resultados para el Escenario 2: Con cambio climático 21

Lista de Figuras

Figura 1. Proyección de la sobreelevación del NMM (IPCC, 2019). 7
Figura 2. Curvas de nivel de los periodos de 100 y 300 años. 8
Figura 3. Hidrograma de la subcuenca río Jamapa para un Tr = 5 años. 12
Figura 4. Hidrograma de la subcuenca río Jamapa para un Tr = 10 años. 12
Figura 5. Hidrograma de la subcuenca río Jamapa para un Tr = 25 años. 13
Figura 6. Hidrograma de la subcuenca río Jamapa para un Tr = 50 años. 13
Figura 7. Hidrograma de la subcuenca río Jamapa para un Tr = 500 años. 14
Figura 8. Hidrograma de la subcuenca río Jamapa para un Tr = 1000 años. 14
Figura 9. Malla implementada para las simulaciones numéricas. 19
Figura 10. Esquematización de las condiciones iniciales y de frontera que se establecieron en las simulaciones numéricas. 20

Lista de tablas

Tabla 1. Uso del Suelo (cuenca no aforada) 9
Tabla 2. Área de la Subuenca 9
Tabla 3.Parámetros de la Subcuenca 10
Tabla 4. Gastos máximos para diferentes periodos de retorno (subcuenca no aforada) 10
Tabla 5. Gastos Máximos para Diferentes Periodos de Retorno (28039 Paso del Toro). 11
Tabla 6. Gastos Máximos para Diferentes Periodos de Retorno (28040 El Tejar). 11
Tabla 7. Gastos Máximos de Diseño río Jamapa para Diferentes Periodos de Retorno. 11
Tabla 8. Valores de frontera establecidos en las simulaciones numéricas. 20

1 EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Los efectos del cambio climático en las zonas costeras, son provocados básicamente por la sobreelevación o incremento del nivel medio del mar (NMM) y por el cambio en el régimen general de las variables atmosféricas o climatológicas. Para tomar en cuenta estos efectos en la zona de estudio, se realizaron los siguientes cálculos:

a) Cálculo de las zonas de inundación por sobreelevación del NMM
b) Cálculo de las zonas de inundación por gastos hidrológicos

1.1 CÁLCULO DE LA ZONA DE INUNDACIÓN POR SOBREELEVACIÓN DEL NMM

Para la determinación de las zonas de inundación permanente en el sitio de estudio, se tomó en cuenta la sobreelevación del NMM proporcionado por el IPCC (IPCC, 2019) (Figura 1), y la sobrelevación por tormenta. Además, se utilizó la topografía elaborada para este proyecto.

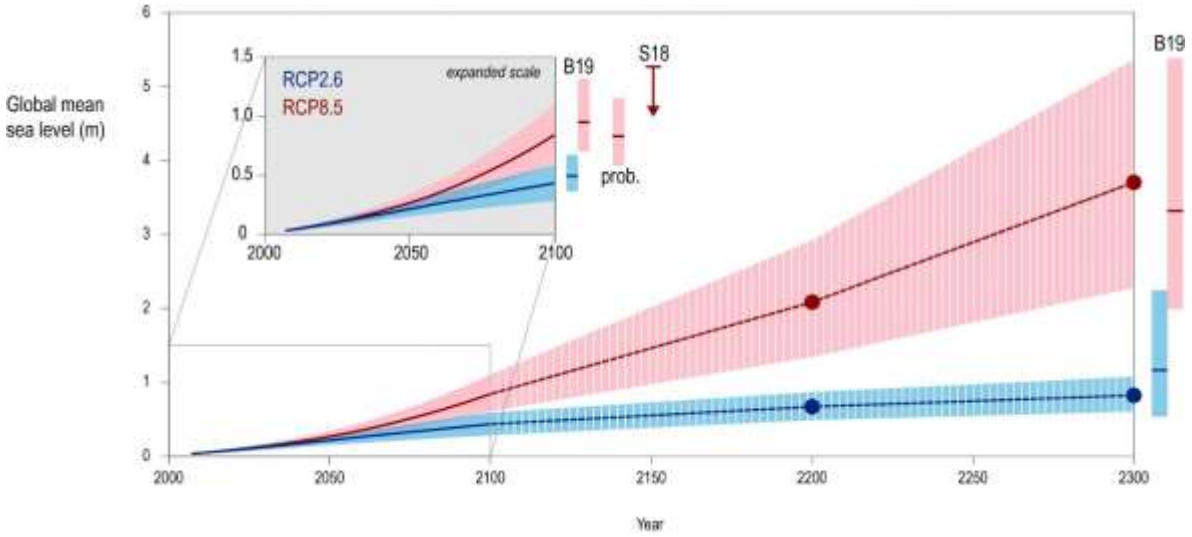


Figura 1. Proyección de la sobreelevación del NMM (IPCC, 2019).

El cálculo se realizó para dos escenarios:

a) Elevación del NMM para 100 años + sobreelevación por tormenta
b) Elevación del NMM para 300 años + sobreelevación por tormenta

Para el escenario a, el cálculo se realizó de la siguiente manera:

Se sumó el nivel del mar que se obtuvo de la Figura 1 para 100 años (0.83 m) más la sobreelevación por tormenta.

Para el escenario b se utilizó el mismo método, sólo que en este caso se sumó 3.69 del nivel del mar más la sobreelevación por tormenta.

MODELOS DE INUNDACIÓN

A partir de la topografía (en formato de AutoCAD), se determinaron las curvas de nivel correspondientes a las elevaciones de los dos escenarios analizados, es decir, se obtuvieron las curvas de nivel con la elevación obtenida, para así definir las zonas de inundación permanentes de 100 y 300 años.

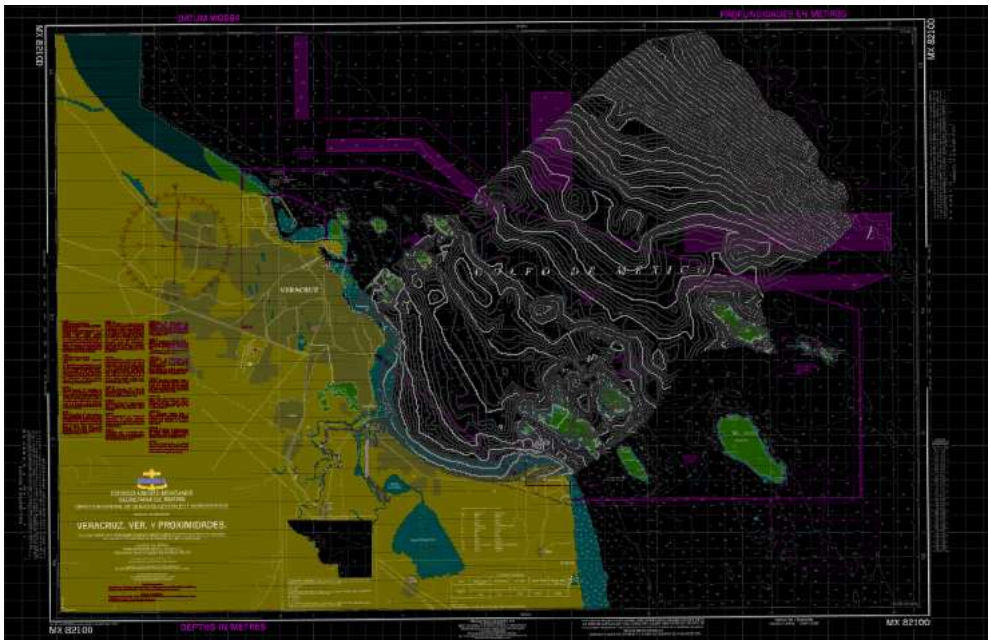


Figura 2. Curvas de nivel de los periodos de 100 y 300 años.

Una vez determinadas las curvas de nivel para las zonas de inundación, se generan en formato geográfico.

A partir de las curvas de nivel anteriores, se determinaron las zonas de inundación correspondientes a los periodos de 100 y 300 años. Para el periodo de 100 años y para el periodo de 300 años, para las zonas más elevadas y para las zonas más bajas,

1.2 CÁLCULO DE LAS ZONAS DE INUNDACIÓN POR GASTOS HIDROLÓGICOS MÁXIMOS

1.2.1 RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Se recopiló información cartográfica en el INEGI y climatológica en el Servicios Meteorológico Nacional.

Se obtuvieron planos topográficos escala 1:250,000, digitalizados en imágenes georreferidas donde se ubica Boca del Río (cartas E14-3 “Veracruz”, E14-6 “Orizaba”, E15-1 “Coatzacoalcos” y E15-4 “Coatzacoalcos”). En INEGI se obtuvieron cartas topográficas 1:50,000 en versiones de imagen y vectorizadas, en las que es factible definir las cuencas hidrológicas que aportan a los arroyos que descargan sus aguas en la zona de estudio y las cuencas aledañas a esa zona; estas fueron las cartas: E14B67 “Zongolica”, E14B48 “Soledad de Doblado”, E14B59 “Piedras Negras”, E14B68 “Vicente Camalote”, E14B46 “Coscomatepec”, E15A51 “Alvarado”, E14B49 “Veracruz” y E15A41 “Antón Lizardo”, E14B58 “Cotaxtla”, E14B47 “Huatusco”, E14B57 “Córdoba”, E14B56 “Orizaba”, E14B45 “San Salvador El Seco”, E14B43 “Puebla”, E14B54 “Tepeaca”, E14B36 “Xico”, E14B44 “Tepatlaxco”,

Para conocer el Uso del Suelo en los alrededores de Boca del Rio se consiguieron las cartas correspondientes en escala 1:50,000.

Se obtuvo en el Servicio Meteorológico Nacional información hidrológica de estaciones climatológicas e hidrométricas cercanas a la zona del desarrollo turístico. Se identificaron tres estaciones climatológicas cercanas a Boca del Río, de las que se obtuvo la información de máxima en 24 horas, ya que solamente cuentan con pluviómetro, las estaciones son: El Tejar.

Se obtuvieron precipitaciones máximas en 24 horas y en 1 hora; la primera tiene un periodo de registro del año 1983 al 2025.

1.2.1.1 Determinación de las características fisiográficas de la cuenca de aportación

Se dedujeron los tipos de suelo que existen en la región, los que se resumen en la Tabla 1, lo que posteriormente servirá para deducir el coeficiente de escurrimiento del caudal en los arroyos que concurren a la zona de estudio.

Tabla 1. Uso del Suelo (cuenca no aforada)

Uso de Suelo	Coeficiente
Manglar	0.25
Agrícola-Pecuaria-Forestal	0.25
Popal	0.25
Sabanoide	0.25
Selva baja caducifolia	0.31
Vegetación de dunas costeras	0.15

1.2.1.1.1 Características Fisiográficas de las Cuencas de la Zona de Estudio

Para definir las características fisiográficas de las cuencas y subcuencas de la zona de estudio, se eligieron los parámetros hidráulicos más significativos como son el área, la longitud del cauce y la pendiente.

Para el trazo de la subcuenca, se utilizaron las cartas vectorizadas de topografía y uso de suelo de la zona de estudio, con proyección UTM Zona 14 y Datum ITRF92.

Se determina su parteaguas y se calculó, de acuerdo con la topografía disponible, el área que se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Área de la Subuenca

No	Corriente	Área (km^2)
1	Río Jamapa	3,870.57

1.2.1.1.2 Determinación de Parámetros

Para este rubro se utilizó la información vectorial de los escurrimientos de la zona de estudio. Los parámetros obtenidos fueron longitud, orden de corriente y pendiente media, como se detalla a continuación.

Para cada tramo del cauce principal se calculó la pendiente topográfica y la longitud total los datos se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3.Parámetros de la Subcuenca

Corriente	Longitud del Cauce Principal (m)	Orden Máximo de Corriente	Pendiente del Cauce Principal
Río Jamapa	205,542.11	3	0.0273

1.2.1.2 Procesamiento de la información climatológica e hidrológica

1.2.1.2.1 Información Climatológica

De la información recopilada en la estación climatológica El Tejar para la precipitación máxima anual, se hizo una correlación lineal con la finalidad de obtener las curvas intensidad-duración-periodo de retorno (i-d-T), con las que se obtiene la altura de precipitación (hp).

La obtención de las intensidades de lluvia se basó en el cálculo de las curvas “Intensidad- Duración-Período de Retorno”. Se obtuvo para periodos de retorno de 5, 10, 25, 50, 100, 500 y 1000 años de periodo de retorno aplicando la Fórmula Racional.

Tabla 4. Gastos máximos para diferentes periodos de retorno (subcuenca no aforada)

Periodo de retorno (Tr)	i (mm/h)	Q m^3/s
5	18.46	388.94
10	22.83	481.10
25	28.61	602.94
50	32.99	695.10
100	51.55	1,086.25
500	65.56	1,381.52
1000	51.89	1,093.42

1.2.1.2.2 Información Hidrométrica

Se determinaron los Gastos Máximos aplicando la función de distribución de Gumbel para diferentes periodos de retorno en las cuencas que aportan sedimentos a la zona de estudio para las estaciones hidrométricas 28039 Paso del Toro y 28040 El Tejar, las cuales se resumen a continuación en la Tabla 5 y Tabla 6, respectivamente.

Tabla 5. Gastos Máximos para Diferentes Periodos de Retorno (28039 Paso del Toro).

Periodo de retorno (Tr)	Q m^3/s
5	615.79
10	837.21
25	952.93
50	1,038.77
100	1,123.99
500	1,320.90
1000	1,405.55

Tabla 6. Gastos Máximos para Diferentes Periodos de Retorno (28040 El Tejar).

Periodo de retorno (Tr)	Q m^3/s
5	512.61
10	794.71
25	941.84
50	1,050.99
100	1,159.33
500	1,409.69
1000	1,517.33

1.2.1.2.3 Gastos Máximos de Diseño-Río Jamapa

El gasto máximo de diseño para la subcuenca del río Jamapa, se obtiene a partir de la suma de los gastos obtenidos con el método de Gumbel para las cuencas aforadas, más el gasto obtenido con la Fórmula Racional, es decir:

Tabla 7. Gastos Máximos de Diseño río Jamapa para Diferentes Periodos de Retorno..

Periodo de retorno (Tr)	Q m^3/s
5	1,517.34
10	2,113.03
25	2,497.70
50	2,784.86
100	3,369.57
500	4,112.11
1000	4,016.30

MODELOS DE INUNDACIÓN

A continuación, se muestran los hidrogramas que se obtuvieron para la Subcuenca del río Jamapa para un periodo de retorno de 5, 10, 25, 50, 100, 500 y 1000, En las Figura 3, 4, 5, 6, 7 y 8, se muestran los resultados obtenidos.

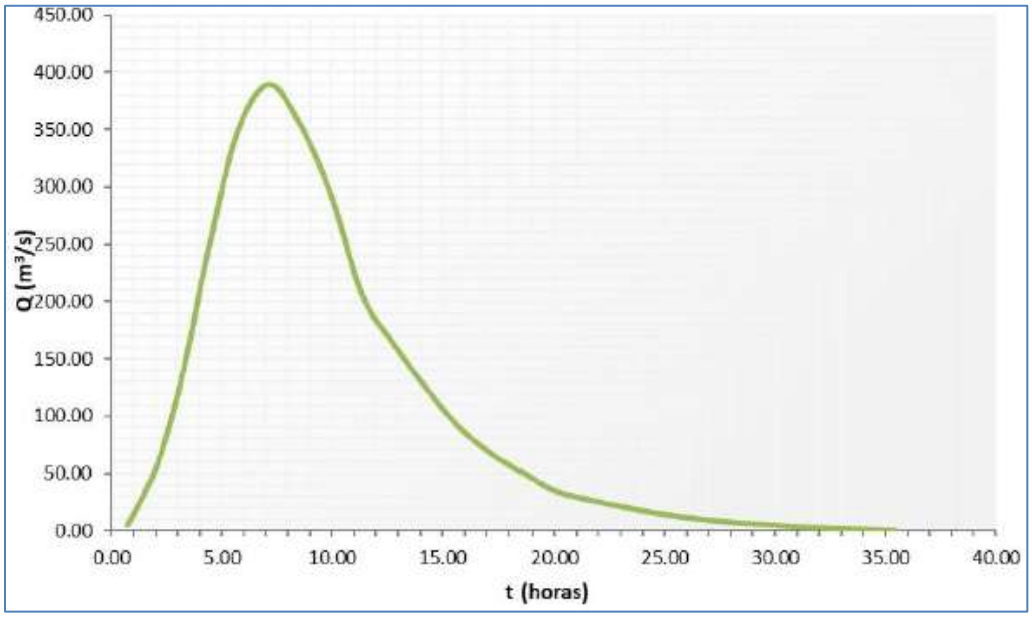


Figura 3. Hidrograma de la subcuenca río Jamapa para un Tr = 5 años.

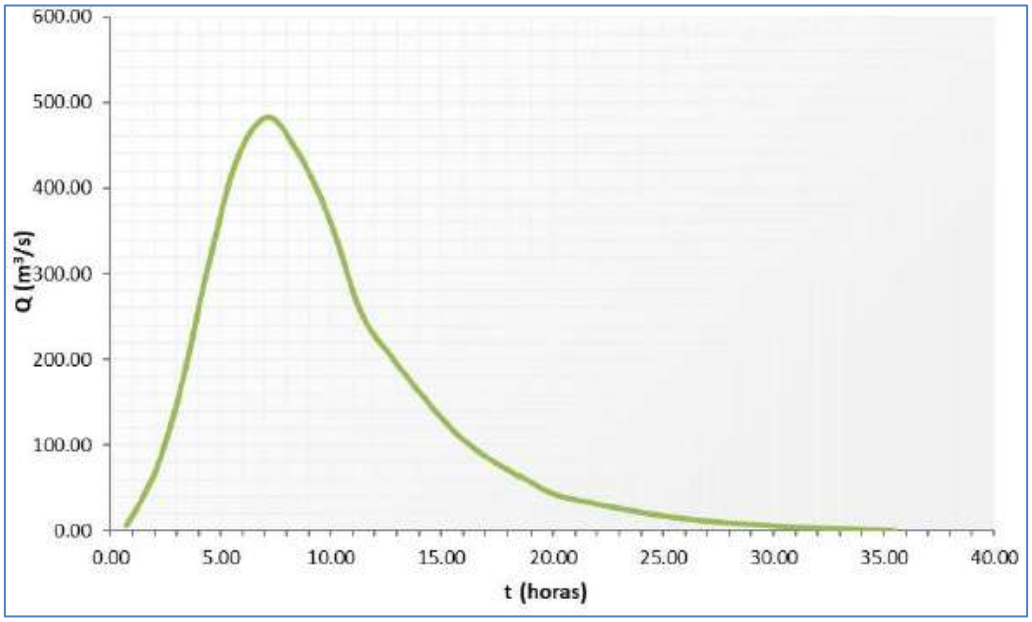


Figura 4. Hidrograma de la subcuenca río Jamapa para un Tr = 10 años.

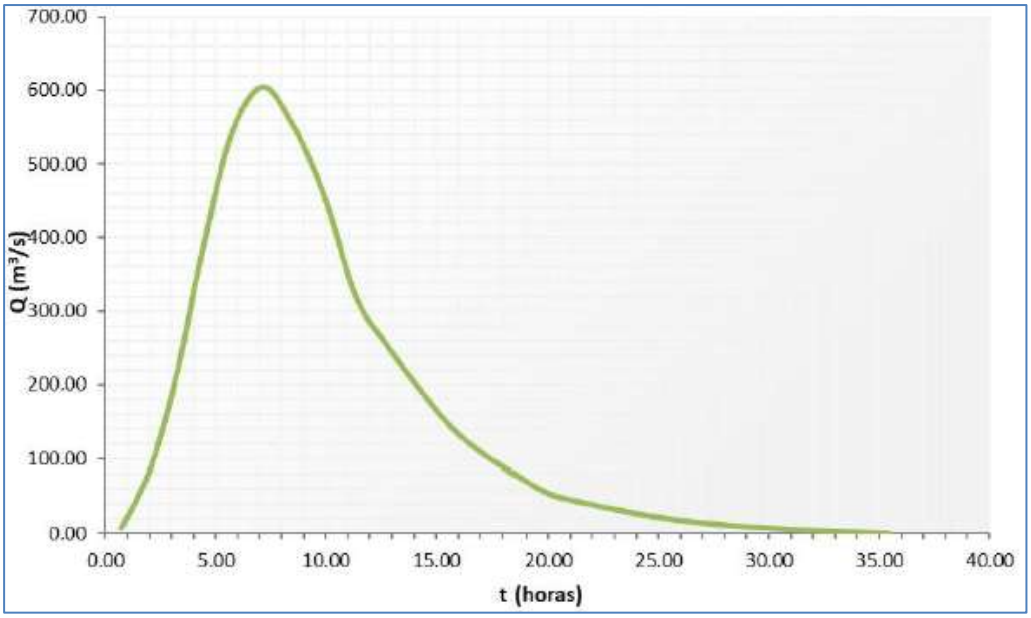


Figura 5. Hidrograma de la subcuenca río Jamapa para un Tr = 25 años.

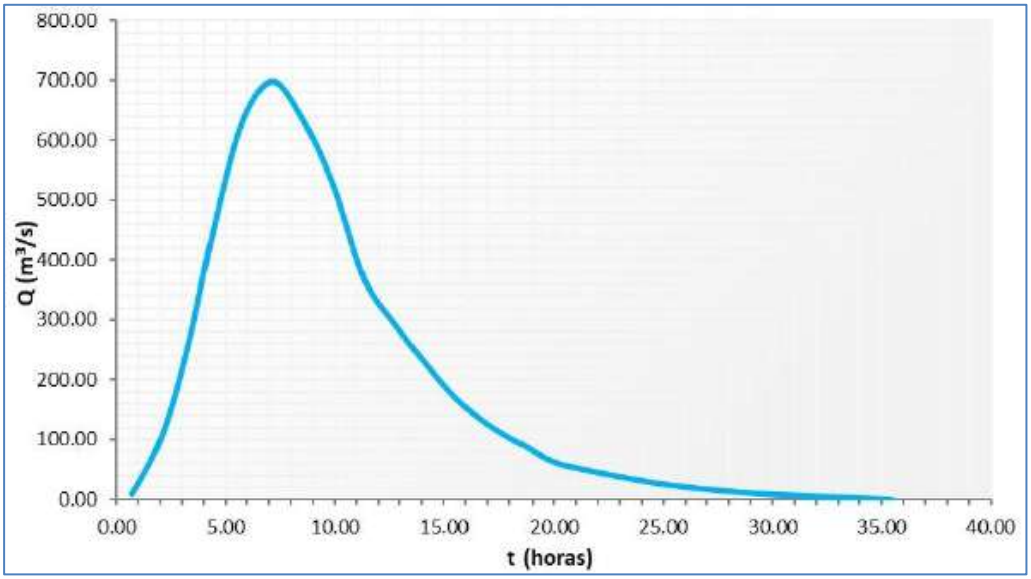


Figura 6. Hidrograma de la subcuenca río Jamapa para un Tr = 50 años.

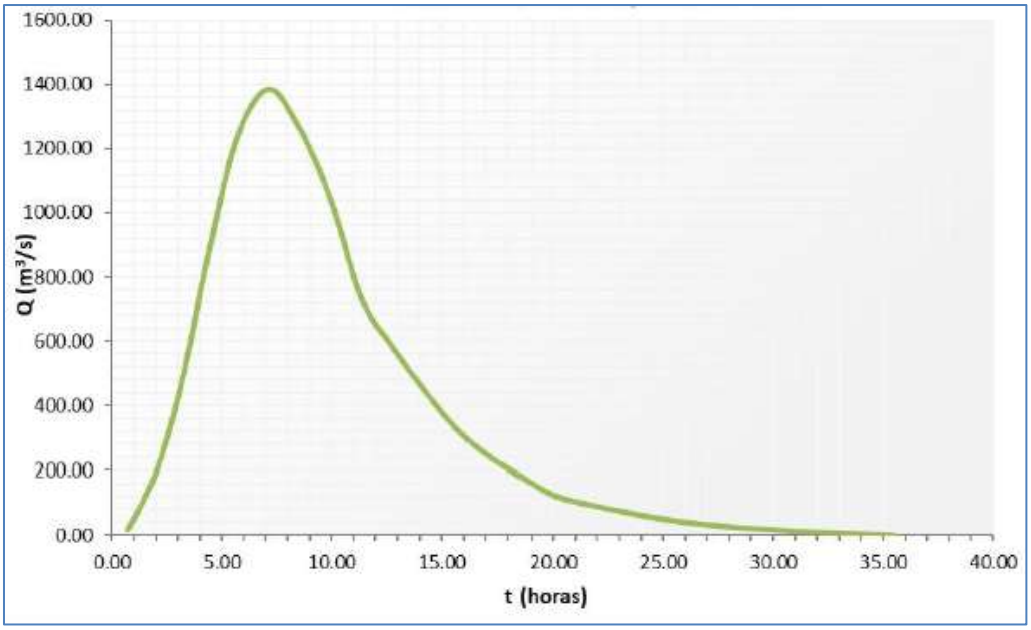


Figura 7. Hidrograma de la subcuenca río Jamapa para un Tr = 500 años.

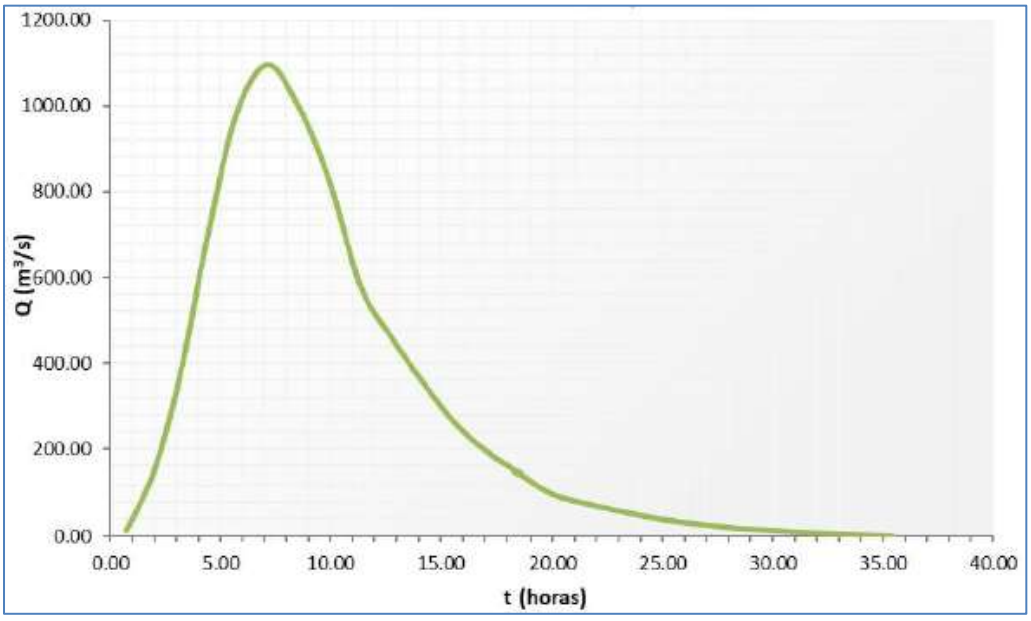


Figura 8. Hidrograma de la subcuenca río Jamapa para un Tr = 1000 años.

1.2.2 MODELACIÓN HIDRODINÁMICA DE INUNDACIONES

1.2.2.1 Descripción del modelo numérico

Para las simulaciones hidrodinámicas de inundación, se utilizó el modelo hidrodinámico Delft3D®.

Delft3D® es un programa de simulación hidrodinámica y transporte multi-dimensional (2D o 3D) que calcula fenómenos de flujo no estacionario y de transporte, que resultan de la marea y forzantes meteorológicas sobre una rectilínea o curvilínea cuadrícula límite ajustada.

El programa Delft3D®-FLOW 2D resuelve las ecuaciones no lineales para aguas de profundidad media o poco profundas. Estas ecuaciones se derivan de las tres ecuaciones de Navier-Stokes para superficie libre, flujo incompresible y las hipótesis de Boussinesq.

El sistema de ecuaciones consta de las ecuaciones horizontales del movimiento, la ecuación de continuidad y las ecuaciones de transporte.

El modelo Delft3D®-FLOW incluye formulaciones matemáticas que toman en consideración los siguientes fenómenos físicos:

- Gradientes de superficie libre.
- El efecto de la rotación de la tierra.
- Agua con densidad variable.
- Transporte de sal, calor y otros constituyentes.
- La variación en espacio y tiempo de la presión atmosférica sobre la superficie del agua.
- Evaporación y precipitación.
- Fuerzas generadoras de marea.
- Influencia del oleaje en el esfuerzo cortante en la base.
- Flujo a través de estructuras hidráulicas.

1.2.2.1.1 Ecuaciones hidrodinámicas

Ecuación de continuidad

La ecuación de continuidad de profundidad media se deriva de la integración de la ecuación de continuidad para flujos incompresibles sobre la profundidad total, tomando en consideración las condiciones de frontera cinemática en la superficie del agua y el nivel de la base, y está dada por:

$$\frac{\partial \varsigma}{\partial t}+\frac{1}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}}\frac{\partial\left((d+\varsigma)U\sqrt{G_{\eta\eta}}\right)}{\partial \xi}+\frac{1}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}}\frac{\partial\left((d+\varsigma)V\sqrt{G_{\xi\xi}}\right)}{\partial \eta}=(d+\varsigma)Q$$

Ecuación 1

Donde:

ς = Nivel del agua sobre un plano de referencia horizontal.
d = Profundidad bajo un plano de referencia horizontal.
t = Tiempo.
$\sqrt{G_{\eta\eta}}$ = Coeficiente usado para transformar coordenadas curvilíneas a coordenadas rectangulares.
$\sqrt{G_{\xi\xi}}$ = Coeficiente usado para transformar coordenadas curvilíneas a coordenadas rectangulares.
ξ, η = Coordenadas horizontales curvilíneas.
Q = Fuente global por unidad de área.

Con U y V como las velocidades de profundidad media.

$$U = \frac{1}{d+\varsigma}\int_d^{\varsigma} u\, dz = \int_{-1}^{0} u\, d\sigma$$ *Ecuación 2*

$$V = \frac{1}{d+\varsigma}\int_d^{\varsigma} v\, dz = \int_{-1}^{0} v\, d\sigma$$ *Ecuación 3*

Donde:

u = Velocidad del flujo en la dirección x o ξ.
v = Velocidad del flujo en la dirección y o η.

Ecuaciones de momento en dirección horizontal

Las ecuaciones de momento en direcciones ξ y η están dadas por:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u}{\sqrt{G_{\xi\xi}}}\frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{v}{\sqrt{G_{\eta\eta}}}\frac{\partial u}{\partial \eta} + \frac{\omega}{d+\varsigma}\frac{\partial u}{\partial \sigma} - \frac{v^2}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}}\frac{\partial \sqrt{G_{\eta\eta}}}{\partial \xi} + \frac{uv}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}}\frac{\partial \sqrt{G_{\xi\xi}}}{\partial \eta} - fv = -\frac{1}{\rho_0\sqrt{G_{\xi\xi}}}P_\xi + F_\xi + \frac{1}{(d+\zeta)^2}\frac{\partial}{\partial \sigma}\left(uv\frac{\partial u}{\partial \sigma}\right. + M_\xi$$ *Ecuación 4*

Y

$$\frac{\partial v}{\partial t}+\frac{u}{\sqrt{G_{\xi\xi}}}\frac{\partial v}{\partial \xi}+\frac{v}{\sqrt{G_{\eta\eta}}}\frac{\partial v}{\partial \eta}+\frac{\omega}{d+\varsigma}\frac{\partial v}{\partial \sigma}+\frac{uv}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}}\frac{\partial \sqrt{G_{\eta\eta}}}{\partial \xi}$$
$$-\frac{u^2}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}}\frac{\partial \sqrt{G_{\xi\xi}}}{\partial \eta}+fu$$
$$=-\frac{1}{\rho_0\sqrt{G_{\eta\eta}}}P_\eta+F_\eta+\frac{1}{(d+\zeta)^2}\frac{\partial}{\partial \sigma}\left(uv\frac{\partial v}{\partial \sigma}\right)+M_\eta$$

Ecuación 5

Donde:

M_ξ = Fuente de momento en la dirección ξ.
M_η = Fuente de momento en la dirección η.
f = Parámetro de Coriolis (frecuencia inercial).
ω = Velocidad del flujo en dirección z.
P_ξ = Presión de gradiente hidrostático en dirección ξ.
P_η = Presión de gradiente hidrostático en dirección η.
F_ξ = Momento turbulento en reflujo en dirección ξ.
F_η = Momento turbulento en reflujo en dirección η.
νv = Viscosidad de remolino vertical.

Velocidades verticales

La velocidad vertical ω en el sistema coordinado σ es calculada con la ecuación de continuidad:

$$\frac{\partial \varsigma}{\partial t}+\frac{1}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}}\frac{\partial\left((d+\varsigma)u\sqrt{G_{\eta\eta}}\right)}{\partial \xi}+\frac{1}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}}\frac{\partial\left((d+\varsigma)v\sqrt{G_{\xi\xi}}\right)}{\partial \eta}+\frac{\partial \omega}{\partial \sigma}$$
$$=(d+\varsigma)(q_{in}-q_{out})$$

Ecuación 6

En la superficie el efecto de la precipitación y la evaporación es tomado en cuenta. La velocidad vertical es relativa al movimiento en el plano σ. Esto debe ser interpretado como la velocidad asociada con movimientos ascendentes o descendentes.

Suposiciones de la presión hidrostática

Bajo las suposiciones del agua superficial, las ecuaciones de momento son reducidas a la ecuación de presión hidrostática.

$$\frac{\partial P}{\partial \sigma}=-g\rho H$$

Ecuación 7

Donde:

P = Presión hidrostática.
g = Aceleración debida a la gravedad.
ρ = Densidad del agua.
H = Profundidad total del agua.

Después de la integración, la presión hidrostática está dada por:

$$P = P_{atm} + gH \int_{\sigma}^{0} \rho(\xi, \eta, \sigma', t)\, d\sigma' \qquad \textit{Ecuación 8}$$

Fuerza de Coriolis

El parámetro de Coriolis depende de la latitud geográfica y la velocidad angular de rotación de la tierra, Ω: $f = 2\Omega\, sen\, \phi$. Para una malla curvilínea se debe especificar la variación del parámetro de Coriolis, usando una proyección adecuada.

Condiciones de frontera

Las ecuaciones de profundidad media del agua o longitud de onda aplicadas en Delft3D®-FLOW representan un conjunto de ecuaciones diferenciales hiperbólicas o parabólicas. Para obtener un problema matemático con una única solución bien definido, se deben especificar un conjunto de condiciones iniciales y de frontera para los niveles del agua y las velocidades horizontales.

El contorno del dominio del modelo consiste en partes a lo largo de líneas de tierra y agua (bancos de ríos, líneas costeras) las cuales son llamadas fronteras cerradas, y partes a través del campo del flujo llamadas fronteras abiertas. Las fronteras cerradas son fronteras naturales, las velocidades normales para una frontera cerrada son supuestas como cero.

Delft3D®-FLOW asume que el flujo en fronteras abiertas es subcrítico, lo cual significa que la magnitud del flujo es menor que la velocidad de propagación de ola y que el número de Froude es menor a 1. Para flujo subcrítico se tienen dos situaciones, afluencia y confluencia. En afluencia se tienen que especificar dos condiciones de frontera y en confluencia sólo se tiene que especificar una condición.

1.2.2.2 Descripción del dominio de estudio

El dominio se compone de la extensión de terreno, que abarca el sitio de estudio. Además, se consideran los aportes hidrológicos al sistema, en particular aquellos que descargan directamente en la zona de proyecto.

En base a la superficie del dominio de estudio y a las necesidades de precisión en algunas zonas locales, se definió la malla numérica. La malla utilizada es bidimensional y se compone de celdas en el sentido

horizontal (Este-Oeste) y en el sentido vertical (Norte-Sur). Las celdas de la malla de cálculo son elementos rectangulares. En la Figura 9, se muestra la malla utilizada para las simulaciones numéricas.

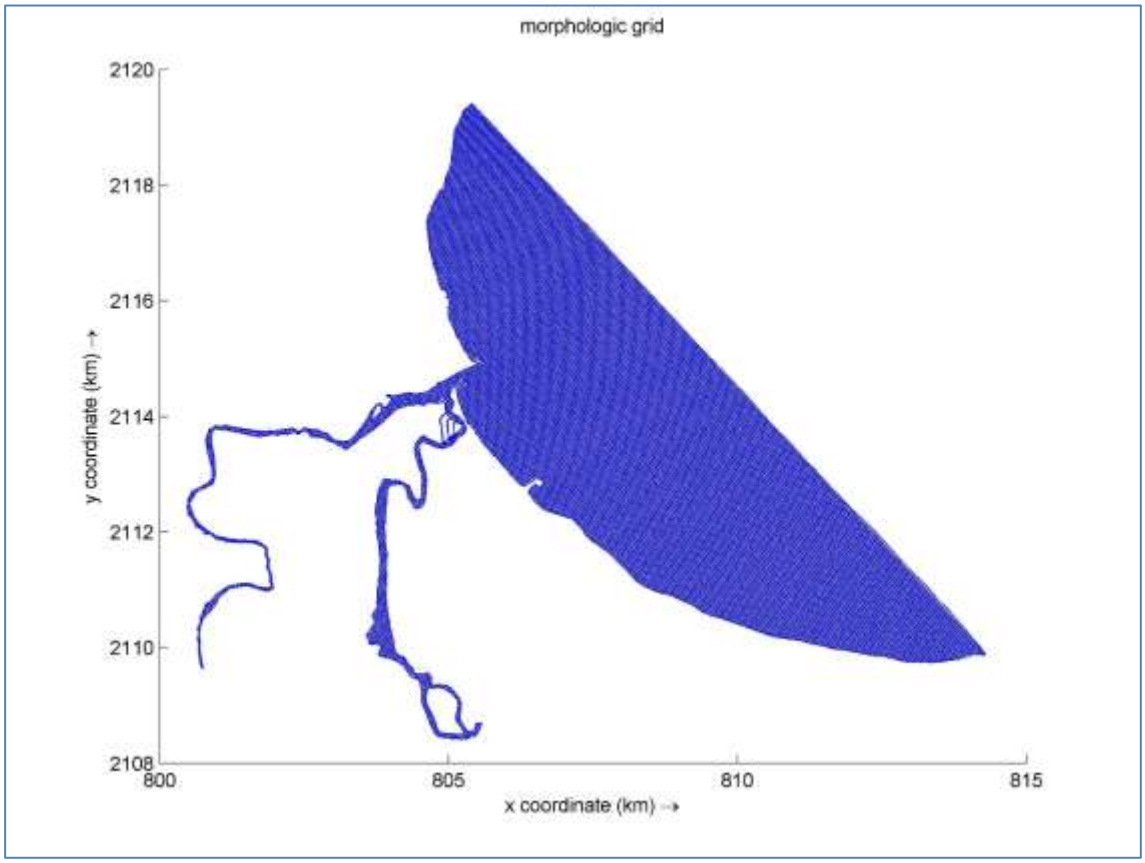


Figura 9. Malla implementada para las simulaciones numéricas.

1.2.3 ESCENARIOS DE SIMULACIÓN

Se realizaron las simulaciones numéricas para dos escenarios de inundación críticos. El primero, no toma en cuenta los efectos del cambio climático, es decir, solamente toma en cuenta las aportaciones hidrológicas y la cota de inundación por tormenta, para un periodo de retorno máximo. El segundo escenario, si toma en cuenta los efectos del cambio climático, es decir, considera las aportaciones del primer escenario, más la sobreelevación máxima del nivel medio del mar (NMM) indicada por el IPCC, el cual corresponde al periodo de 300 años.

Por lo tanto, para la simulación hidrodinámica, se establecieron los siguientes escenarios:

a) Escenario con aportes hidrológicos para un Tr = 1000 años y cota de inundación por tormenta.
b) Escenario con aportes hidrológicos para un Tr = 1000 años y cota de inundación por tormenta + sobreelevación del NMM para 300 años.

Las simulaciones numéricas tuvieron una duración de 48 h. Este periodo se definió en base al tiempo base de los hidrogramas de las microcuencas de análisis.

La muestra el patrón de las alturas de la cota de inundación por tormenta; los periodos y las alturas del oleaje de tormenta definen, junto con otros elementos la cota de inundación y la longitud de seguridad.

1.2.3.1 Condiciones iniciales, de frontera y numéricas

Las condiciones iniciales y de frontera consideradas en las simulaciones numéricas se muestran de forma esquemática en la Figura 10. Como condiciones iniciales, se establecieron valores nulos del nivel del agua, en todo el dominio.

Tal como se puede apreciar, las simulaciones se forzaron con los aportes hidrológicos calculados para cada escurrimiento, con la cota de inundación por tormenta y con la sobreelevación del NMM por efecto del cambio climático, correspondientes a los diferentes periodos de retorno considerados.

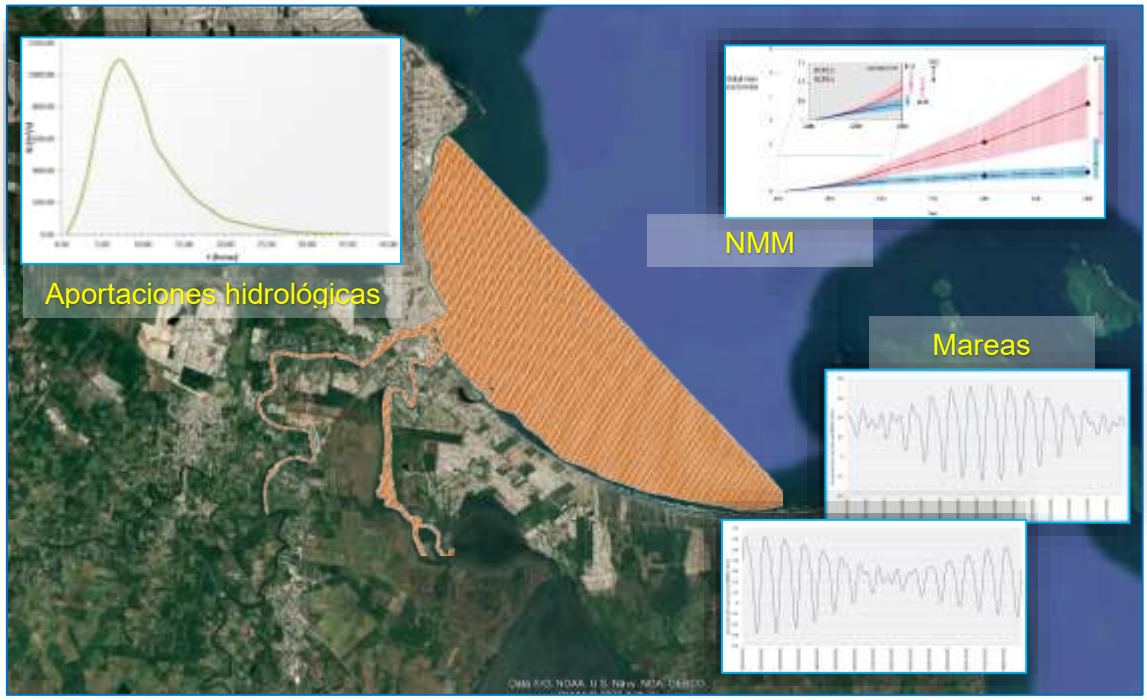


Figura 10. Esquematización de las condiciones iniciales y de frontera que se establecieron en las simulaciones numéricas.

El resumen de los valores y la variabilidad en el tiempo de las condiciones de frontera que se consideraron en las simulaciones numéricas para cada uno de los escenarios, se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Valores de frontera establecidos en las simulaciones numéricas.

Variable	Magnitud	Variación
Hidrogramas para el Tr = 1,000 años	Cálculo del estudio hidrológico	Intervalos de tiempo variables

Cota de inundación por tormenta	Cálculo de la cota de inundación por tormenta	2 días con intervalos de tiempo variables
Sobreelevación del NMM para 300 años	Informe del IPCC (2014)	+3.69 m

1.2.4 RESULTADOS DE LA MODELACIÓN HIDRODINÁMICA

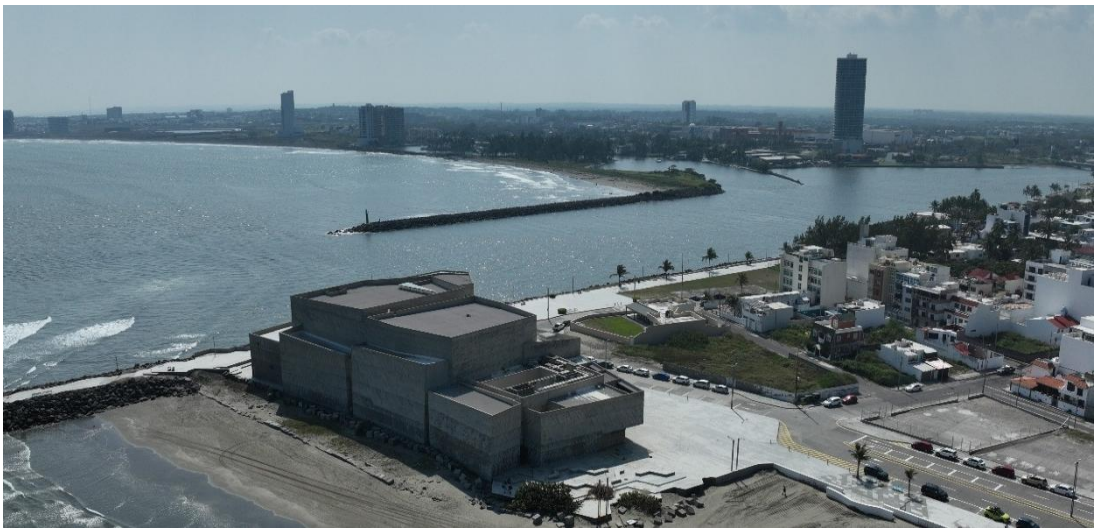
1.2.4.1 Resultados para el Escenario 1: Sin cambio climático

1.2.4.2 Resultados para el Escenario 2: Con cambio climático

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL,

MODALIDAD REGIONAL

Construcción y Operación del Puente en Boca del Río-Alvarado, Veracruz



Secretaría de Infraestructura y Obras Públicas del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave (SIOP).

PROGRAMA DE PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE FAUNA Y FLORA SILVESTRE

GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ 2024 - 2030

SIOP SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA Y OBRA PÚBLICA

Mayo, 2026.

Contenido

1. Propósito 3
2. Alcance 3
3. Objetivo 3
3.1. General 3
3.2. Específicos 3
4. Monitoreo y manejo por grupo de interés 3
4.1. Monitoreo de aves marinas y costeras 3
4.1.1. Metodología 4
4.1.2. Alcances del monitoreo 6
4.2. Monitoreo de cangrejo azul (*Cardisoma guanhumi*) 6
4.2.1. Metodología 7
4.2.2. Alcances del monitoreo 8
4.3. Monitoreo de mangle 9
4.3.1. Metodología 9
4.3.2. Alcances del monitoreo 11
5. Referencias 12
5.1. Aves marinas y costeras 12
5.2. Cangrejo Azul 12
5.3. Mangle 13

1. Propósito

Organizar las acciones para la conservación y protección de especies de fauna y flora silvestre que pudieran verse afectadas, atraídas o persuadidas por las actividades relacionadas con las actividades constructivas del proyecto…

2. Alcance

Mantener la protección y conservación de la fauna y flora silvestre; que incluye a las aves marinas y costeras, reptiles y mangle, durante el desarrollo del proyecto hasta su abandono y posterior ejecución.

3. Objetivo

3.1. General

El objetivo principal del programa ambiental es mantener la vigilancia permanente y obtener información relevante para evaluar y mejorar la protección y conservación de las aves marinas y costeras, el cangrejo azul y especies de mangle de importancia para el sitio del proyecto.

3.2. Específicos

1. Colectar información relevante para crear y alimentar la base de datos que servirá en el análisis para identificar eventuales cambios que se pudieran presentar en las poblaciones de aves marinas y costeras, el cangrejo azul y especies de mangle (con énfasis en las especies protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010).
2. Llevar a cabo el análisis de los datos para determinar los procesos de cambio que pudieran sufrir estos grupos de organismos por las actividades del proyecto.

4. Monitoreo y manejo por grupo de interés

4.1. Monitoreo de aves marinas y costeras

Los ecosistemas costeros no solo albergan aves estrictamente marinas o playeras, sino que también funcionan como corredores biológicos, zonas de alimentación y sitios de descanso para un conjunto diverso de aves terrestres, rapaces y especies de humedal que utilizan el borde costero de manera regular o estacional (Whelan et al., 2015; Askins et al., 2007). Estas aves, aunque no dependen exclusivamente del medio marino, se ven influenciadas por la dinámica costera y pueden ser indicadoras de la integridad ecológica del paisaje litoral (Askins et al., 2007; Whelan et al., 2015).

Si bien, las aves marinas y costeras son un componente clave del ecosistema, este grupo es el que menor posibilidades presenta de ser afectado directamente por las actividades del desarrollo del proyecto, puesto que presentan una alta capacidad de movilidad para evitar situaciones de riesgo y/o peligro. Además, por los registros obtenidos del sitio de especies residentes y migratorias y principalmente por las especies de importancia nacional y prioritarias para su protección y conservación. Durante las actividades del proyecto y posterior a las mismas, se llevará a cabo el monitoreo de las aves marinas y costeras, además se tomará a las aves rapaces como especies indicadoras de la calidad ecosistémica (Velarde et al. 2004; Burgas et al. 2014). El objetivo principal será evaluar el estado de conservación, el comportamiento, y la tendencia de las especies en su hábitat durante y posterior al desarrollo del proyecto.

4.1.1. Metodología

Las observaciones y el registro de la avifauna se realizarán a lo largo de todas las etapas del proyecto, desde su ejecución hasta el abandono del sitio y posterior al mismo. Durante el desarrollo del proyecto, el monitoreo se llevará a cabo con una frecuencia semanal durante los meses de actividad, y una vez concluido el proyecto, el monitoreo continuará de manera mensual, abarcando las diferentes temporadas estacionales hasta completar un ciclo anual (Bibby et al., 2000). El monitoreo se realizará durante la mañana, en un horario aproximado de 7:00 a 11:00 horas, considerando el período de mayor actividad de las aves costeras (Ralph et al., 1995).

Para el registro de la avifauna se utilizará la metodología de puntos de conteo (*point counts*), ampliamente recomendada para ambientes abiertos y costeros (Bibby et al., 2000; Sutherland et al., 2004). Se establecerán seis puntos de conteo fijos, distribuidos a lo largo del gradiente costero, con un radio de observación de 250 metros por punto, abarcando la totalidad de los hábitats presentes en el área de estudio. Este radio de observación responderá a las condiciones ecosistémicas particulares del sitio, donde la heterogeneidad del paisaje (playa expuesta, dunas, manglar, rompeolas y desembocadura de río) determina que los hábitats de interés no sean continuos ni uniformes, sino que se presenten en parches con claras transiciones ecológicas, lo que permitirá cubrir eficientemente las diferentes zonas sin generar solapamiento excesivo entre puntos (Ralph et al., 1995; Bibby et al., 2000).

Cada punto de conteo tendrá una duración de 10 minutos, registrándose todas las aves observadas dentro del radio de 250 metros, alcance óptimo para el telescopio y la cámara Nikon Coolpix P950. En el caso de aves marinas o rapaces en vuelo, se registrarán sin restricción de distancia, anotando su trayectoria (Thomas et al., 2010).

El equipo utilizado incluye telescopio para observación a distancia y registro detallado de especies en zonas abiertas, binoculares 8x42 para observación complementaria y aves cercanas, una cámara Nikon Coolpix P950 con zoom óptico de 83x ideal para captura de imágenes de aves a larga distancia y confirmación de identificaciones, y un geoposicionador global (GPS) para el registro de coordenadas UTM (Bibby et al., 2000).

Los seis puntos de conteo (P) se describen de la siguiente manera (adaptado de Ralph et al., 1995): el P1 corresponde a un área de vegetación arbustiva y herbácea en proceso de regeneración, ubicada en la transición hacia el sistema de dunas costeras, donde predominan especies como uva de mar, bejucos, gramíneas costeras y pequeños arbustos que ofrecen cobertura y refugio. El P2 es una zona de transición (ecotono) entre la playa arenosa expuesta y el inicio de la vegetación de dunas, que presenta acumulación de restos orgánicos (arribazones) que concentran invertebrados marinos, fuente de alimento para aves playeras. El P3 es similar al P2, pero con posible variación en la pendiente de la playa, ancho de la zona intermareal, densidad de vegetación dunar y diferentes condiciones de oleaje y acumulación de sedimento. El P4 es un punto de confluencia de múltiples ecosistemas: playa frontal, dunas costeras y estero con una franja de manglar (mangle rojo, blanco y negro), siendo un punto con alta heterogeneidad estructural y productividad. El P5, además de los hábitats similares al P4, incluye una estructura rocosa artificial (rompeolas) que modifica la dinámica costera y ofrece sustrato duro para descanso, secado de alas y alimentación de aves asociadas a rocas. Finalmente, el P6 se ubica en la zona de desembocadura del río, donde se mezclan aguas dulces y saladas creando un ambiente de alta productividad y concentración de nutrientes, e incluye rompeolas en la desembocadura y la playa del lado opuesto, con dinámica de sedimentos y canales.

Los registros se obtendrán a través de tres métodos complementarios: observaciones visuales directas (con telescopio, binoculares y cámara Nikon Coolpix P950), registros auditivos directos (identificación por cantos o llamadas realizadas por el observador en campo, particularmente útil para aves ocultas en la vegetación de dunas o manglar) y registros fotográficos, los cuales permitirán obtener imágenes de alta resolución para confirmar la identificación de especies crípticas o aquellas observadas a larga distancia (Bibby et al., 2000; Sutherland et al., 2004).

En cada punto de conteo o durante cada avistamiento, se identificarán y registrarán todas las especies pertenecientes al sistema ambiental costero y al área de influencia del proyecto, incluyendo aves marinas y playeras, aves rapaces asociadas al borde costero, aves terrestres y de humedal que utilizan el entorno costero, así como especies prioritarias, indicadoras, exóticas, nocivas o bajo riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Portilla-Ochoa et al., 2007; Fuentes-Moreno et al., 2016).

Así también, se registrarán las siguientes variables: identificación taxonómica (orden, familia, género y especie); número de individuos observados dentro del área de influencia del punto; caracteres de conservación, incluyendo su estatus en la CITES (Apéndices I, II o III), en la Lista Roja de la UICN (categorías como LC, NT, VU, EN, CR, etc.), en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Pr, A, P, etc.), así como su valor de vulnerabilidad de acuerdo con el Manual de Compañeros en Vuelo para la Evaluación de Especies (Rich et al., 2004). Asimismo, se registrará su importancia geográfica, especificando su endemismo (endémica, cuasiendémica, no endémica) y su categoría de residencia (residente permanente, migratoria de invierno, migratoria de paso, visitante de verano, accidental o introducida/exótica) (Ralph et al., 1995; Rich et al., 2004). Adicionalmente, se anotará la

distancia de observación (estimada visualmente o con retícula del telescopio), el punto de conteo asociado (P1 a P6) y sus coordenadas UTM, el hábitat utilizado (playa, dunas, manglar, rompeolas, desembocadura o vegetación arbustiva), el sexo y estado de madurez (cuando sea posible), el registro fotográfico (número de foto para respaldo y revisión posterior) y el estado del tiempo (despejado, nublado, lluvioso, neblina, etc.) (Ralph et al., 1995).

4.1.2. Alcances del monitoreo

El monitoreo de aves marinas, costeras y asociadas al entorno costero, basado en la metodología de puntos de conteo permitirá analizar, en las diferentes etapas del proyecto, sus posibles repercusiones sobre la avifauna residente y migratoria, con especial atención en aquellas especies prioritarias de importancia nacional, así como en aquellas incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, la Lista Roja de la UICN y los Apéndices de la CITES.

Los registros obtenidos mediante observaciones visuales directas, auditivas directas y fotográficas contribuirán a comprender las directrices que deberán orientar los esfuerzos de protección y conservación de las especies. Asimismo, establecerán la ruta de seguimiento ambiental para identificar posibles impactos directos e indirectos sobre este grupo de organismos, considerando su estatus de conservación, endemismo, categoría de residencia y vulnerabilidad conforme al Manual de Compañeros en Vuelo (Panjabi et al., 2012; Rich et al., 2004).

El monitoreo permitirá ampliar el conocimiento de las especies presentes en los diferentes hábitats costeros (playa expuesta, dunas, manglar, rompeolas y desembocadura de río), contribuyendo así a la protección y conservación de la biodiversidad local. También mantendrá actualizada la lista de especies que permanecen, transitan o visitan el lugar diferenciando entre residentes permanentes, migratorias invernales, migratorias de paso y visitantes estacionales, otorgando las herramientas necesarias para definir esfuerzos de protección y conservación basados en evidencia.

Finalmente, el análisis de los resultados permitirá emitir recomendaciones precisas y eficaces para mejorar la protección y conservación de la avifauna presente en el sitio, aportando información relevante sobre su ecología, uso de hábitat y su respuesta a las actividades del proyecto, desde su ejecución hasta el abandono del sitio y etapas posteriores.

4.2. Monitoreo de cangrejo azul (*Cardisoma guanhumi*)

El cangrejo azul (*Cardisoma guanhumi* Latreille, 1825) es un crustáceo decápodo perteneciente a la familia Gecarcinidae, ampliamente distribuido en ambientes costeros del Atlántico occidental, desde el sur de Florida (EUA) y el Golfo de México hasta Brasil, incluyendo las Antillas y las Bahamas (Bright & Hogue, 1972). Es una de las especies de cangrejos terrestres de mayor tamaño y significado ecológico en los ecosistemas de manglar, marismas y vegetación costera (Burggren & McMahon, 1988).

Esta especie presenta hábitos semiterrestres y excavadores, pasando gran parte de su vida adulta en madrigueras construidas en suelos húmedos, arenosos o fangosos, cercanas al nivel freático, generalmente por debajo de la zona de marea alta (Gifford, 1962). Su ciclo de vida está estrechamente vinculado al ambiente marino, ya que las hembras ovígeras migran hacia aguas salobres o marinas para la liberación de larvas (zoeas), las cuales completan su desarrollo planctónico en el mar antes de reclutar como juveniles a los hábitats costeros (Henning, 1975).

El cangrejo azul es una especie de importancia ecológica, económica y cultural en muchas regiones del trópico americano. Es considerado un ingeniero del ecosistema, ya que sus madrigueras contribuyen a la aireación del suelo, al ciclado de nutrientes y a la modificación del microhábitat para otras especies. Además, es un recurso pesquero tradicional en comunidades costeras, utilizado como alimento y cebo.

A pesar de no estar listado en la NOM-059-SEMARNAT-2010, el cangrejo azul enfrenta presiones significativas debido a la pérdida y degradación de su hábitat costero (manglares, dunas, humedales), la sobreexplotación pesquera y la contaminación. En diversos países y estados, es considerada una especie prioritaria para la conservación o cuenta con regulaciones pesqueras específicas.

El monitoreo de esta especie resulta fundamental para evaluar el estado de sus poblaciones, identificar impactos derivados de proyectos costeros y establecer medidas de manejo y conservación que aseguren su permanencia en el mediano y largo plazo.

4.2.1. Metodología

El monitoreo del cangrejo azul (*Cardisoma guanhumi* Latreille, 1825) se realizará a lo largo de las diferentes etapas del proyecto, durante su ejecución, con una frecuencia mensual que permitirá cubrir la totalidad del área en un ciclo trimestral, abarcando así las diferentes estaciones del año. Los recorridos se llevarán a cabo únicamente durante la mañana, horario que facilita una mejor confirmación de las madrigueras activas (Gifford, 1962).

Previamente se identificará y delimitará el área donde se ha confirmado la presencia de madrigueras activas de la especie. Dicha área se dividirá en tres sectores, los cuales serán muestreados de manera secuencial, un sector por mes, completando un ciclo trimestral. En cada sector se establecerá un transecto lineal de 100 metros, dentro del cual se realizará el registro de madrigueras activas e individuos observados directamente (Burggren & McMahon, 1988).

El equipo utilizado incluirá cámara fotográfica (Nikon Coolpix P950 o similar) para el registro de evidencias, geoposicionador global (GPS) para la obtención de coordenadas UTM, cinta métrica para mediciones, guantes para manejo cuando sea necesario, y un endoscopio para confirmar la actividad dentro de las madrigueras sin necesidad de excavar (Bright & Hogue, 1972).

En cada transecto se registrarán las siguientes variables: especie (*Cardisoma guanhumi*), número de madrigueras activas (confirmadas visualmente o mediante endoscopio), número de individuos observados directamente fuera de sus madrigueras, sexo (macho, hembra o hembra ovígera, determinado con base en la morfología del abdomen), talla aproximada (ancho de caparazón en centímetros, estimado visualmente o medido con vernier cuando sea posible capturar al individuo), coordenadas UTM del transecto y registro fotográfico (número de foto para respaldo y revisión posterior) (Gifford, 1962; Henning, 1975).

Durante la ejecución del proyecto, se brindará especial cuidado y seguimiento a las áreas donde se concentran las madrigueras activas del cangrejo azul, con el fin de minimizar cualquier afectación derivada de las actividades constructivas u operativas. Se establecerán medidas de protección temporal, como delimitación de zonas sensibles y monitoreo constante durante la temporada reproductiva, garantizando que los individuos, especialmente las hembras ovígeras, puedan completar su ciclo migratorio hacia cuerpos de agua salobres o marinos (Henning, 1975; Burggren & McMahon, 1988). Este seguimiento continuo permitirá detectar oportunamente posibles impactos y ajustar las medidas de mitigación para asegurar la permanencia de la especie en el área.

4.2.2. Alcances del monitoreo

El monitoreo del cangrejo azul (*Cardisoma guanhumi*) permitirá, a lo largo de las diferentes etapas del proyecto, analizar las posibles repercusiones de las actividades constructivas y operativas sobre las poblaciones de esta especie, así como sobre la integridad de su hábitat en las áreas de manglar, dunas costeras y vegetación arbustiva adyacente.

El monitoreo permitirá ampliar el conocimiento sobre la distribución y abundancia del cangrejo azul en la zona, contribuyendo así a la protección y conservación de una especie con importancia ecológica como ingeniera del ecosistema. También mantendrá actualizada la información sobre el estado de sus poblaciones, la actividad reproductiva y el uso de madrigueras, otorgando las herramientas necesarias para definir esfuerzos de protección y conservación basados en evidencia.

Durante la temporada reproductiva, el monitoreo reforzado permitirá evaluar la conectividad funcional entre los hábitats terrestres y marinos, identificando posibles barreras que impidan la migración de las hembras ovígeras hacia cuerpos de agua salobres o marinos para la liberación de larvas.

Finalmente, el análisis de los resultados permitirá emitir recomendaciones precisas y eficaces para mejorar la protección y conservación del cangrejo azul en el sitio, aportando información relevante sobre su ecología, uso de hábitat y su respuesta a las actividades del proyecto, desde su ejecución hasta el abandono del sitio. Este seguimiento continuo permitirá detectar oportunamente posibles impactos y ajustar las medidas de mitigación para asegurar la permanencia de la especie en el área.

4.3. Monitoreo de mangle

Los manglares mexicanos son ecosistemas estructuralmente heterogéneos debido a la amplia gama de características ambientales de los lugares donde se desarrollan, resultado de la combinación de factores climáticos, biofísicos, geomorfológicos, hidrológicos y biológicos.

Los manglares son bosques inundables que se distribuyen en los climas tropicales, en zonas litorales donde confluye agua salada del mar con agua dulce de los ríos; abarca orillas de lagunas, esteros, ríos, deltas, marismas y barras. Estos ecosistemas se distinguen por sus adaptaciones a la salinidad.

Un bosque de manglar es un sistema de transición entre ambientes terrestres y marinos, constituyéndose en soporte de la gran diversidad biológica y los procesos ecológicos propios de tales entornos. Por lo que, se consideran como los bosques más productivos en el mundo, además sustentan a las poblaciones de diferentes grupos taxonómicos, familias, géneros y especies como mamíferos, peces, reptiles, anfibios, insectos, aves, crustáceos y más.

En Mexico, las cuatro especies de mangle se encuentran bajo la categoría de amenazadas (A) en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

- *Rhizophora mangle* (Mangle rojo), se encuentran en las condiciones de mayor inmersión del suelo y menor salinidad (Cintron *et al*. 1978; Teas 1979); se consideran especies pioneras en los limites terrestres y marinos.
- *Avicennia germinans* (Mangle negro), se encuentra en las condiciones de menor inmersión del suelo, solo en las mareas más altas y de mayor salinidad (McKee 1995).
- *Laguncularia racemosa* (Mangle blanco), se encuentra en las condiciones de mayor inmersión del suelo, tiempo de residencia del agua y de menor salinidad (Jiménez 1994).
- *Conocarpus erectus* (Mangle botoncillo), se localiza en las comunidades del interior con bajas concentraciones de salinidad altas (Tomlinson 1986).

4.3.1. Metodología

Para la identificación de las especies de mangle presentes en el área de monitoreo se realizarán recorridos enfocados en la identificación de árboles o arbustos leñosos que presentan adaptación a vivir en zonas costeras inundables. La identificación de las especies de mangle se basará principalmente a través de la observación de:

- Raíces: Que pueden o no sobresalir del suelo o en forma de arco o "zancos" para respirar.

- Neumatóforos: Raíces aéreas especializadas que crecen hacia arriba (geotropismo negativo) desde el suelo anegado o pantanoso para permitir la respiración y el intercambio gaseoso.
- Hojas: modificadas con glándulas excretoras de sal, alargadas, ovaladas o carnosas, pudiendo ser puberulentas o glabras.
- Flores: Verdosas, crema o blanquecinas.
- Inflorescencias: Espigadas o arregladas en panículas o terminales.
- tallos,
- Cortez: Puede ser fragmentada en placas, presentar fisuras, rugosidad, profusa o irregular.

Para el registro de las variables como el Diámetro Normal (DN), Altura total y Área de copa para individuos adultos y arbustivos, así como, para el registro de plántulas. Se puede tomar como referencia lo establecido en los "Métodos para la caracterización de los manglares mexicanos: un enfoque espacial multiescala" de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2018) Ciudad de México. 272 pp.

El diámetro normal (DN), también conocido como diámetro a la altura del pecho (DAP), se tomará a diferentes alturas, esto debido a la variabilidad de la edad entre los individuos y su forma de crecimiento. En comunidades menores a 2 m (manglares de tipo arbustivo) se medirá a 30 cm (D30) y en comunidades mayores a 2 m (manglares de tipo arbóreo) se medirá a 130 cm (D130), considerando también un diámetro mínimo de 2.5 cm.

La altura total es la longitud de la línea recta que va desde el nivel del suelo hasta la terminación de la copa, para el caso de *Rhizophora mangle* se registrará desde las raíces aéreas hasta la copa. Para el registro de la altura total en ejemplares arbustivos o en individuos juveniles se utilizará un flexómetro, mientras que, para los manglares tipo arbóreo (mayores a 2 m) se registraron mediante un clinómetro digital.

Aunque existen diversas técnicas para calcular el área de la copa, la estimación ocular de los dos diámetros mayores es el método de campo más implementado por su relación costo-eficiencia (Bechtold *et al*. 2002), en el cual, se midieran los dos ejes más largos de la copa de manera perpendicular (eje mayor y eje menor) a partir del centro del fuste de cada individuo.

Así mismo, se recomienda registrar los individuos con un identificador único o código serial. Se pueden utilizar etiquetas de lámina por su durabilidad, aunque el costo es elevado si se colocarán en una gran cantidad de individuos. Así también, se recomienda hacer etiquetas propias de papel aluminio de un buen grosor y remarcarlas en cada visita.

Para la dinámica de crecimiento de las plántulas se implementarán unidades de muestreo (cuadros) de 1 m^2 dentro de los cuales se tomaron datos como la coordenada central, abundancia, especie, altura y condición de la plántula. Para ello se necesitará una regla de 30 cm y vernier, cinta métrica (flexómetro), etiquetas y cinchos de plástico. Las cantidades estarán en función de las unidades de muestreo que se pretendan estudiar y del número de individuos. Cuando el número por unidad de muestreo sea mayor a 50 individuos, se

puede seleccionar una submuestra de 20%. Se marcarán las plántulas con una etiqueta y se numeran sucesivamente; la etiqueta se sujeta con un pequeño cincho de plástico en el extremo distal del ápice de crecimiento (sin ajustarlo para evitar dañar al individuo) o por arriba del primer nudo (correspondiente a los cotiledones).

El diámetro del tallo principal de la plántula o brinzal (individuo juvenil) se medirá con un vernier por arriba del primer nudo de la plántula (correspondiente al par de cotiledones); sin embargo, en brinzales o arboles jóvenes la medida se hará a la mitad de la distancia de su altura. Solo se medirán plántulas mayores a 10 o 15 cm de altura porque los juveniles de menor tamaño suelen confundirse con otras especies de plantas pertenecientes al sotobosque y además porque resultan sensiblemente afectados al medirse y etiquetarse.

4.3.2. Alcances del monitoreo

Se sugiere un monitoreo permanente, puesto que se realizarán remuestreos posteriores. Además, es más recomendable cuando el objetivo de estudio es entender el comportamiento o correlación de algunas variables con otras a lo largo del tiempo (Ravindranath y Ostwald 2008), además los remuestreos disminuyen el error asociado a las variaciones entre UM temporales que representan diferentes estadios y que no pueden ser percibidas por el investigador (Hoover 2008).

El registro en la medición de los individuos puede ser trimestral o cuatrimestral (Duarte *et al*. 1999). Además de contabilizar el número total de plántulas por cuadro o subunidad, se registrará si existen plántulas muertas, rotas por efectos mecánicos, degradadas por herbívora, tocones, etc. Con el objetivo de documentar el repoblamiento, en cada periodo de observación también se registrarán las plántulas nuevas del cuadro.

Debido a la dinámica de crecimiento y mortalidad de las plántulas, se realizará el marcado de las nuevas plantas que se identifiquen en cada visita, para mantener un tamaño de muestra representativo y obtener variables demográficas como natalidad, mortalidad y reclutamiento dentro de la misma UM (Unidad de Muestreo) secundaria, además, se revisarán y sustituirán las marcas perdidas o degradadas.

5. Referencias

5.1. Aves marinas y costeras

Askins, R.A., et al. (2007). Conservation of grassland birds in coastal habitats. *Studies in Avian Biology*, 34, 1-14.

Bibby, C.J., Burgess, N.D., Hill, D.A., & Mustoe, S.H. (2000). *Bird Census Techniques* (2nd ed.). Academic Press, Londres.

Burgas, D., et al. (2014). Raptors as surrogates of biodiversity. *Journal of Raptor Research*, 48(3), 228-239.

Fuentes-Moreno, D., et al. (2016). Migración de rapaces en el corredor costero del Golfo de México. *Acta Zoológica Mexicana*, 32(2), 145-158.

Panjabi, A. O., P. J. Blancher, R. Dettmers, and K. V. Rosenberg, Version 2012. Partners in Flight Technical Series No. 3. Rocky Mountain Bird Observatory website: http://www.rmbo.org/pubs/downloads/Handbook2012.pdf

Portilla-Ochoa, E., et al. (2007). Aves asociadas a humedales costeros del sureste de México. *Hidrobiológica*, 17(3), 217-230.

Ralph, C.J., Sauer, J.R., & Droege, S. (1995). *Monitoring bird populations by point counts*. USDA Forest Service General Technical Report PSW-GTR-149. Albany, California.

Rich, T.D., Beardmore, C.J., Berlanga, H., Blancher, P.J., Bradstreet, M.S.W., Butcher, G.S., Demarest, D.W., Dunn, E.H., Hunter, W.C., Iñigo-Elias, E.E., Martell, A.M., Panjabi, A.O., Pashley, D.N., Rosenberg, K.V., Rustay, C.M., Wendt, J.S., & Will, T.C. (2004). *Compañeros en vuelo: plan de conservación de las aves terrestres de Norteamérica*. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, Nueva York.

Sutherland, W.J., Newton, I., & Green, R.E. (2004). *Bird Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques*. Oxford University Press, Oxford.

Thomas, L., Buckland, S.T., Rexstad, E.A., Laake, J.L., Strindberg, S., Hedley, S.L., ... & Burnham, K.P. (2010). Distance software: design and analysis of distance sampling surveys. *Journal of Applied Ecology*, 47(1), 5-14.

Whelan, C.J., et al. (2015). Ecosystem services provided by birds. En: *Why Birds Matter* (pp. 1-27). Univ. of Chicago Press.

5.2. Cangrejo Azul

Bright, D.B., & Hogue, C.L. (1972). A synopsis of the burrowing land crabs of the world and list of their arthropod symbionts. *Contributions in Science*, 220, 1-58.

Burggren, W.W., & McMahon, B.R. (1988). *Biology of the land crabs*. Cambridge University Press.

Gifford, C.A. (1962). Some observations on the general biology of the land crab, *Cardisoma guanhumi* (Latreille), in south Florida. *Biological Bulletin*, 123(1), 207-223.

Henning, H.G. (1975). Comparative ecology of the land crab *Cardisoma guanhumi* in the Caribbean. *Oecologia*, 20(3), 237-252

5.3. Mangle

Bechtold, William A.; Mielke, Manfred E.; Zarnoch, Stanley J. 2002. Comparación de métodos de campo y modelos para estimar el diámetro medio de la copa. Northern Journal of Applied Forestry, vol. 19, N. 4, págs. 177-182, diciembre de 2002.

Cintron, G.M., A.E. Lugo, D.J. Pool y D. Morris. 1978. Mangroves of arid environments in Puerto Rico and adjacent islands. Biotropica 10: 110 – 212.

Jimenez, J.A. 1994. Los mangles del Pacifico Centroamericano. Universidad Nacional, Instituto Nacional de Biodiversidad una, Heredia.

McKee, K.L. 1995. Interspecific variation in growth, biomass partitioning, and defensive characteristics of Neotropical mangrove seedlings: response to light and nutrient availability. *American Journal of Botany* 82: 299 – 307.

Rodríguez Zúñiga M. T., E. Villeda Chávez, A. D. Vázquez-Lule, M. Bejarano, M. I. Cruz López, M. Olguín, S. A. Villela Gaytán, R. Flores (Coordinadores). 2018. *Métodos para la caracterización de los manglares mexicanos: un enfoque espacial multiescala*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México. 272 pp.

SEMARNAT. (2010). *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, 30 de diciembre de 2010.

Teas, H.J. 1979. Ecology and restoration of mangrove shoreline in Florida. Invironmental Conservation 4: 51 – 58.

Tomlinson, P.B. 1986. The botany of mangroves. Cambridge University Press, Melbourne.