

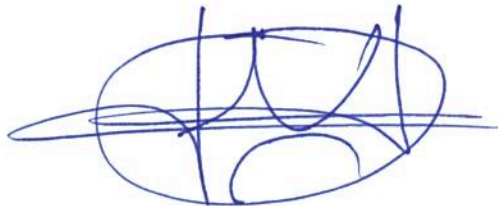
Área que clasifica. - Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental

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

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

Fundamento Legal. - La clasificación de la información confidencial se realiza con fundamento en el artículo 116 primer párrafo de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública y 113, fracción I, de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

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



Firma del titular

DIRECTOR DE ÁREA ARQ. SALVADOR HERNÁNDEZ SILVA

“Con fundamento en el artículo 84, primer párrafo del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en suplencia por ausencia del Director General de Impacto y Riesgo Ambiental, previa designación con oficio SGPA/DGIRA/DG/09382, de fecha 30 de Noviembre de 2018, se firma el presente para los efectos legales y administrativos a que haya lugar”

Fecha y número del acta de la sesión del Comité donde se aprobó la versión pública.—Resolución 159/2019/SIPOT, en la sesión celebrada el 11 de Octubre de 2019.

SEMARNAT

SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



AL PÚBLICO EN GENERAL

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.

DIRECCIÓN GENERAL DE
IMPACTO Y RIESGO
AMBIENTAL

CAPÍTULO I

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

Manifestación de Impacto Ambiental,

Modalidad Regional

Proyecto “Sol de Selva”

CONTENIDO

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	3
I.1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO	3
I.1.1. Nombre del proyecto	3
I.1.2. Ubicación del proyecto	3
I.1.3. Duración del proyecto	6
I.2. DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE	6
I.2.1. Nombre o razón social	6
I.2.2. Registro Federal de Contribuyentes del promovente	6
I.2.3. Nombre y cargo del representante legal	6
I.2.4. Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones	7
I.3. DATOS DEL CONSULTOR	8

FIGURAS

FIGURA I-1. UBICACIÓN ESTATAL DEL PROYECTO.	3
FIGURA I-2. UBICACIÓN MUNICIPAL DEL PROYECTO.	4
FIGURA I-3. POLÍGONO DEL PROYECTO.	5

TABLAS

TABLA I.1. COORDENADAS DEL POLÍGONO DEL PROYECTO.	6
TABLA I.2. DATOS DEL CONSULTOR.	8

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

I.1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

I.1.1. Nombre del proyecto

“Sol de selva”.

I.1.2. Ubicación del proyecto

El proyecto se ubicará en el Municipio de Solidaridad, estado de Quintana Roo, tal como se muestra en las siguientes figuras.

Figura I-1. Ubicación estatal del proyecto.

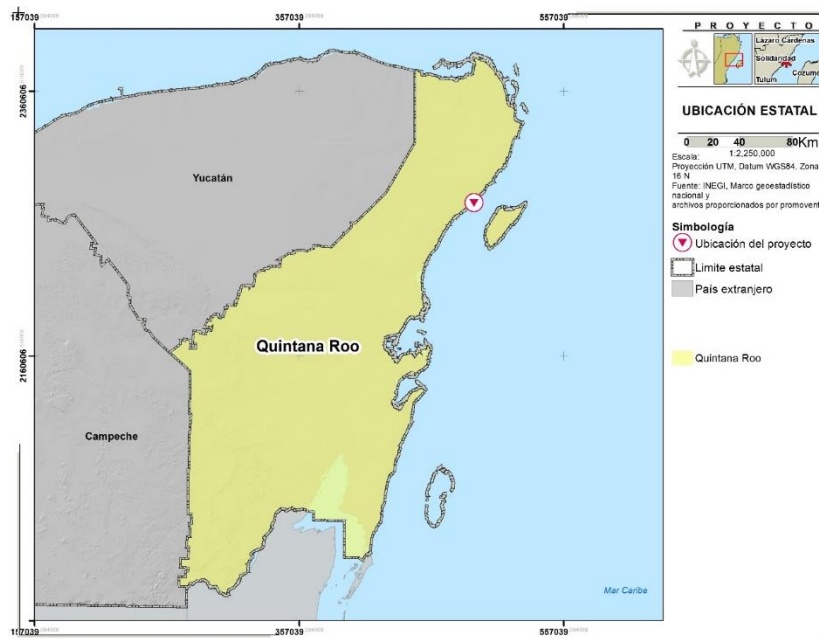
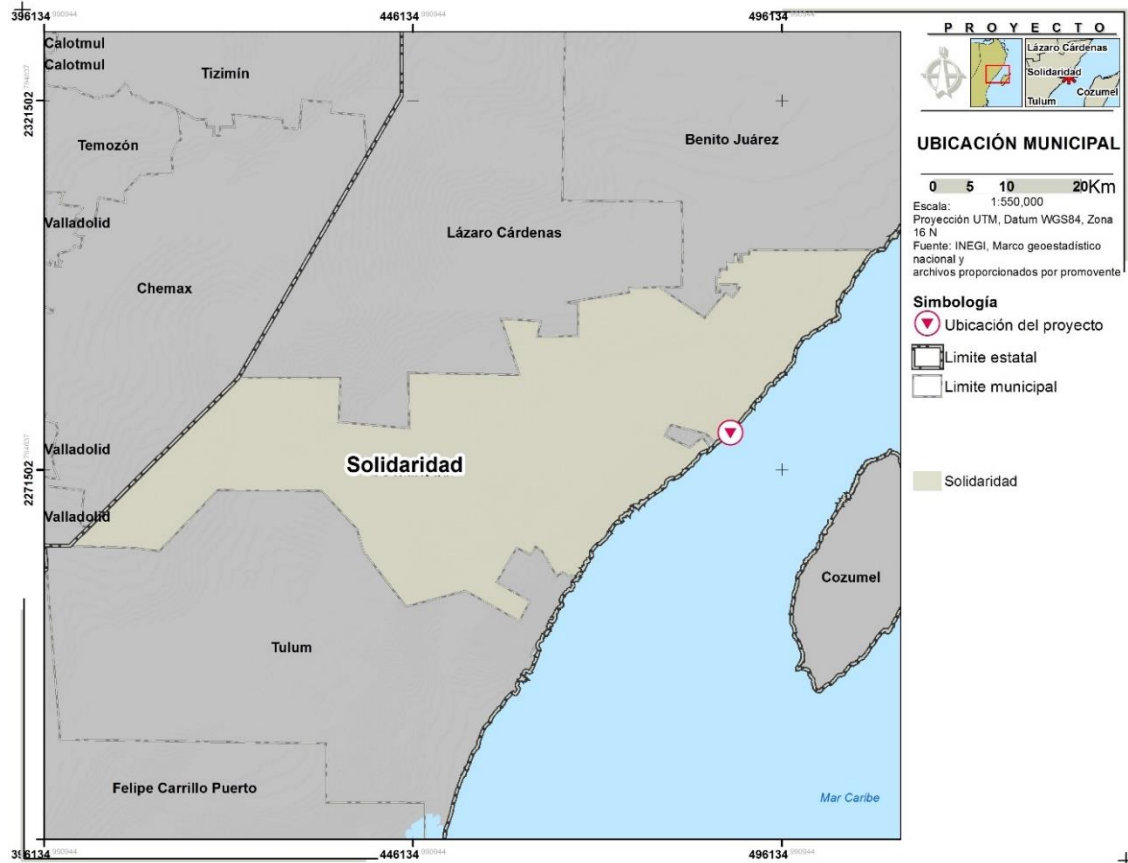


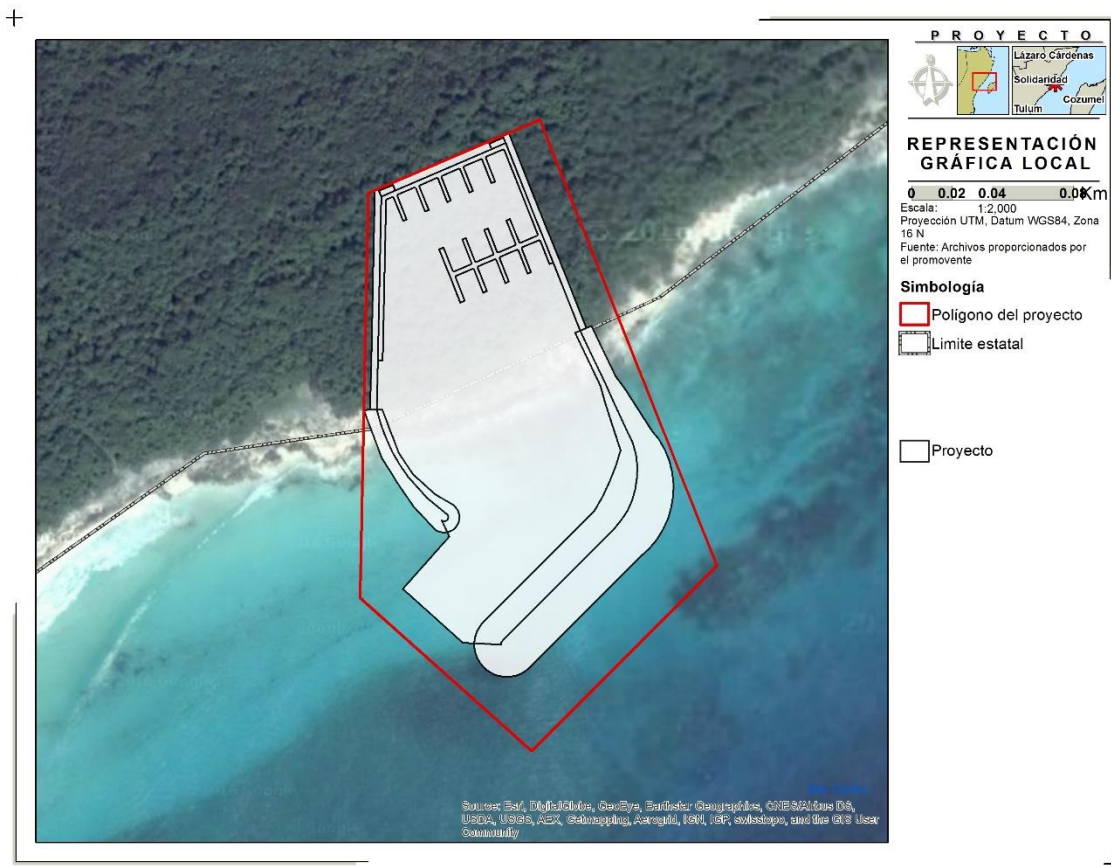
Figura I-2. Ubicación municipal del proyecto.



Más específicamente, dentro del municipio de Solidaridad, el proyecto se encontrará a la altura del km 282 de la carretera Chetumal-Puerto Juárez cercano al parque Xcaret; específicamente en el lote TR2a-02¹, área de ZOFEMAT y área marina frente a dicho lote. Es por lo anterior que el polígono del proyecto se extiende tanto en una zona terrestre como marina, tal como se muestra en la figura siguiente.

¹ Lote identificado de acuerdo a lo establecido en el Programa de Desarrollo Urbano Playa del Carmen, Quintana Roo, publicado el 20 de diciembre de 2010.

Figura I-3. Polígono del proyecto.



A lo largo de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad Regional, se referirá únicamente al polígono del proyecto debido a que incluye la totalidad de las obras.

I.1.2.1. Coordenadas

A continuación se presentan las coordenadas del polígono del proyecto. Las coordenadas de las obras se encuentran en anexos (ver capítulo VIII).

Tabla I.1. Coordenadas del polígono del proyecto.

FID	X	Y
1	489,166.29801	2,276,755.68174
2	489,186.05047	2,276,705.95426
3	489,254.10675	2,276,534.61854
4	489,162.34027	2,276,442.85206
5	489,077.14864	2,276,518.73211
6	489,081.34465	2,276,719.24888

I.1.3. Duración del proyecto

El proyecto tendrá una duración de 99 años.

I.2. DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE

I.2.1. Nombre o razón social

Miguel Pali Quintana Pali.

I.2.2. Registro Federal de Contribuyentes del promovente

QUPM460902TZ3.

I.2.3. Nombre y cargo del representante legal

Raúl Lugo Monjarrás.

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

Calle Zaruma Núm. 20, Col. Lindavista, C.P.07300, Delegación Gustavo A Madero,
Ciudad de México.

I.3. DATOS DEL CONSULTOR

En la siguiente tabla se muestran los datos del consultor.

Tabla I.2. Datos del consultor.

Concepto	Datos
Nombre del responsable técnico de la MIA-R	María del Mar Solórzano González. Cédula profesional 4212227
Dirección del responsable técnico del documento	Calle Zaruma Núm. 20, Col. Lindavista, C.P.07300, Delegación Gustavo A Madero, Ciudad de México.

CAPÍTULO II

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

Manifestación de Impacto Ambiental,

Modalidad Regional

Proyecto “Sol de Selva”

CONTENIDO

II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y, EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO	5
II.1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO	5
II.1.1. Naturaleza del proyecto	5
II.1.2. Justificación	6
II.1.3. Ubicación	6
II.1.3.1. Representación gráfica regional	6
II.1.3.2. Representación gráfica local	7
II.1.4. Inversión requerida	8
II.2. CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO	9
II.2.1. Componentes del proyecto	9
II.2.2. Dimensiones del proyecto	11
II.2.2.1. Superficie de afectación resumen	11
II.2.2.2. Remoción de vegetación	12
II.2.2.3. Dimensiones particulares	13
II.2.3. Insumos a utilizar por el proyecto	14
II.2.3.1. Insumos a utilizar durante la etapa de preparación del sitio y construcción	14
II.2.3.2. Maquinaria y equipo en cada una de las etapas del proyecto	15
II.2.4. Actividades y programa de trabajo para la ejecución del proyecto	17
II.3. PREPARACIÓN DEL SITIO	19
II.3.1. Delimitación de las áreas de trabajo	19
II.3.2. Implementación de áreas asociadas	20
II.3.3. Desmonte y despalde	21
II.3.4. Excavaciones	22
II.3.5. Compactación	23
II.3.6. Nivelación	23
II.4. CONSTRUCCIÓN	24
II.4.1. Escollera de dos brazos (rompeolas norte y sur)	24
II.4.1.1. Alineamiento y disposición en planta	25
II.4.1.2. Construcción de los diques en talud	25
II.4.1.3. Andador sobre la corona de rompeolas	34
II.4.1.4. Baliza	35
II.4.2. Dragado a la -3.00	37
II.4.3. Muelles flotantes	38
II.4.4. Escaleras	41
II.4.5. Muro de contención perimetral	43

MIA-R

CAPÍTULO II

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

II.5. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	47
II.5.1. Mantenimiento	48
II.5.1.1. Mantenimiento programado	49
II.5.1.2. Mantenimiento por eventos extraordinarios	50
II.6. DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO DE LAS INSTALACIONES	52
II.7. RESIDUOS	52
II.7.1. Generación, manejo y disposición final durante la preparación del sitio y construcción	52
II.7.2. Generación, manejo y disposición final durante la etapa de operación y mantenimiento	53

FIGURAS

FIGURA II-1. REPRESENTACIÓN GRÁFICA REGIONAL DEL PROYECTO.	7
FIGURA II-2. UBICACIÓN LOCAL DEL PROYECTO.	8
FIGURA II-3. DESPLANTE GENERAL DEL PROYECTO.	10
FIGURA II-4. EMPLAZAMIENTO DEL ÁREA DE DRAGADO/EXCAVACIÓN.	12
FIGURA II-5. USOS DE SUELO Y VEGETACIÓN EN EL POLÍGONO DEL PROYECTO.	13
FIGURA II-6. DISPOSICIÓN EN PLANTA DE LOS ROMPEOLAS.	25
FIGURA II-7. PERFIL LONGITUDINAL ESCOLLERA NORTE.	27
FIGURA II-8. PERFIL LONGITUDINAL ESCOLLERA SUR.	27
FIGURA II-9. SECCIÓN CUERPO -1.00	28
FIGURA II-10 SECCIÓN CUERPO -2.00	28
FIGURA II-11. SECCIÓN CUERPO -3.00.	29
FIGURA II-12. SECCIÓN MORRO -4.00	29
FIGURA II-13. DESCARGA DE CAMIÓN Y ACOMODO DE LA ROCA CON EXCAVADORA Y RETROEXCAVADORA.	30
FIGURA II-14. ACOMODO Y PERFILADO DE LOS TALUDES CON EXCAVADORA.	31
FIGURA II-15. NÚCLEO Y CAPA SECUNDARIA.	31
FIGURA II-16. COLOCACIÓN DE LA CAPA SECUNDARIA SOBRE LA CAPA NÚCLEO.	32
FIGURA II-17. ACOMODO Y PERFILADO CON EXCAVADORA.	32
FIGURA II-18. ACOMODO Y PERFILADO DE CORAZA CON BLOQUES RANURADOS CON EXCAVADORA.	33
FIGURA II-19. ANDADOR SOBRE CORONA DE ESCOLLERA.	34
FIGURA II-20. UBICACIÓN DE BALIZAS	36
FIGURA II-21. ALZADO TIPO DE BALIZA.	36
FIGURA II-22. ESPECIFICACIONES Y MODULO TIPO DEL SISTEMA A UTILIZAR EN ZONA FLOTANTE.	39
FIGURA II-23. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA FIJA.	39
FIGURA II-24. EJEMPLOS DE ELEMENTOS DE AMARRE: CORNAMUSA, BITA Y NORAY RESPECTIVAMENTE.	41
FIGURA II-25. UBICACIÓN DE LAS ESCALERAS.	41
FIGURA II-26. VISTA EN PLANTA DE LAS ESCALERAS TIPO.	42
FIGURA II-27. VISTA EN ALZADO DE LAS ESCALERAS TIPO.	42
FIGURA II-28. SECCIÓN DE MURO DE CONTENCIÓN.	44
FIGURA II-29. ELEVACIÓN GENERAL Y SECCIONES TIPO DEL MURO DE CONTENCIÓN.	46

TABLAS

TABLA II-1. COMPONENTES DEL PROYECTO.	9
TABLA II-2. SUPERFICIES DE OCUPACIÓN.	11
TABLA II-3. CONSUMO ESTIMADO DE AGUA.	14
TABLA II-4. MAQUINARIA Y EQUIPO A UTILIZAR.	15
TABLA II-5. LISTADO DE ACTIVIDADES EN CADA ETAPA DEL PROYECTO.	17
TABLA II-6. PROGRAMA DE TRABAJO.	18
TABLA II-7. CARACTERÍSTICAS DE LAS EMBARCACIONES.	38

MIA-R

CAPÍTULO II

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

TABLA II-8. DIMENSIONES DEL MURO DE CONTENCIÓN ACORDE A LAS SECCIONES TIPO.	43
TABLA II-9. RESIDUOS A GENERAR DURANTE LA PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO.	52
TABLA II-10. RESIDUOS A GENERAR DURANTE LA ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL PROYECTO.	53

MIA-R

CAPÍTULO II

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

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

II.1.1. Naturaleza del proyecto

El presente proyecto consiste en la construcción y operación de una marina, entendida como tal a un recinto portuario integrado por un conjunto de instalaciones, marítimas y terrestres destinadas a la recepción y abrigo a embarcaciones de recreo, turísticas y/o deportivas.

Acorde con el enfoque turístico de un proyecto de estas características, estas suelen estar cercanas a desarrollos turísticos, en este caso ya existentes.

El proyecto desarrollará específicamente una marina artificial, en la que construirá rompeolas de escolleras de dos brazos como obras de protección; además de realizar dragados y excavaciones para generar un área navegable para las embarcaciones (área de dragado a los -3.00 m NBM).

El proyecto tendrá una capacidad de atraque de 15 embarcaciones de máximo 4 m de eslora (en muelles flotantes); además de muro de contención perimetral y escaleras para acceso a los muelles.

II.1.2. Justificación

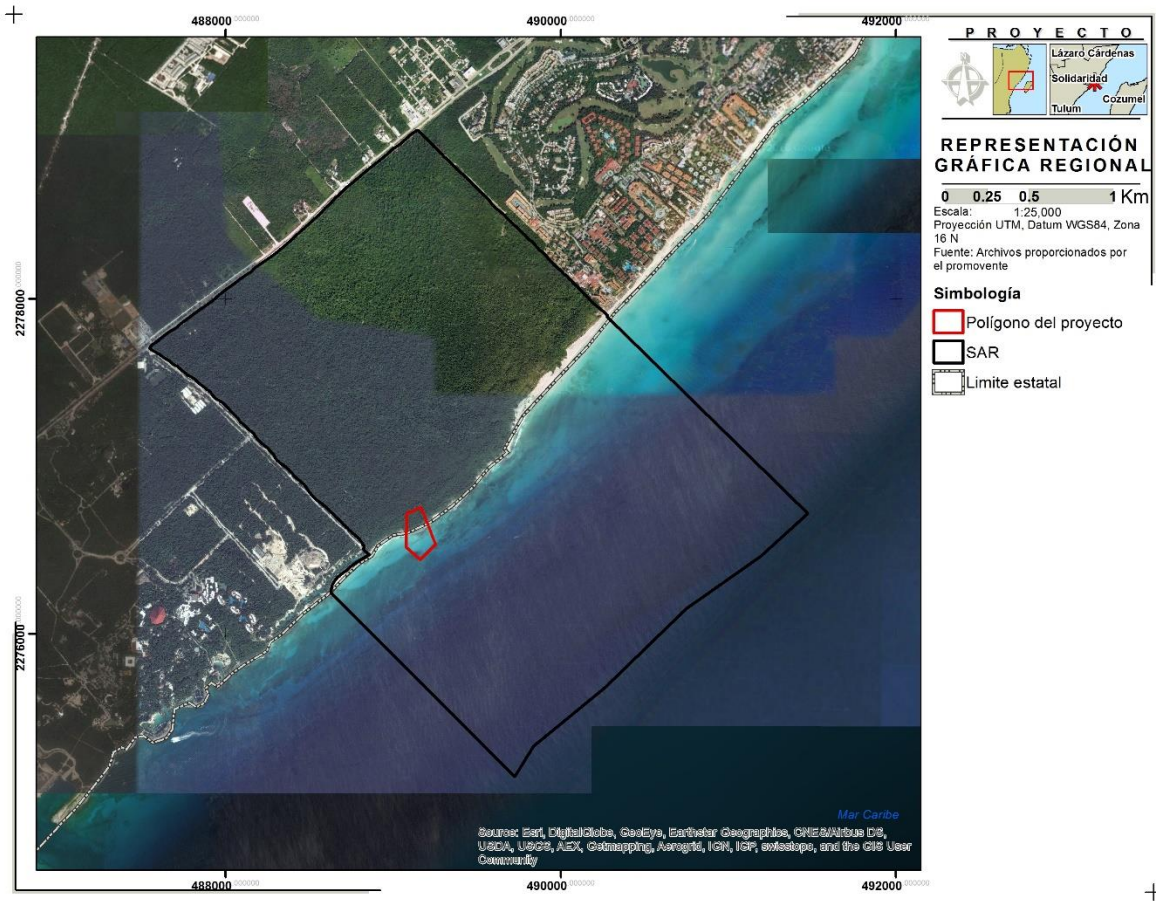
El desarrollo del proyecto aumentará la oferta de servicios turísticos náuticos en la zona, con la subsecuente derrama económica que a su vez conlleva beneficios directos a la población por la generación de empleos y coadyuvar en el impulso del desarrollo regional. Además, con la construcción de la marina se prestarán dichos servicios, de manera ordenada y regulada.

II.1.3. Ubicación

II.1.3.1. Representación gráfica regional

En la siguiente figura se muestra la representación gráfica regional del proyecto. En dicha figura se visualiza, atendiendo a lo establecido en la guía para la elaboración de la manifestación de impacto ambiental modalidad regional, tanto el polígono del proyecto como la extensión máxima que podrían alcanzar los impactos significativos, determinados estos a partir de la extensión del Sistema Ambiental Regional, mismo que será mostrado a mayor detalle en cuanto a su delimitación y descripción en el Capítulo IV.

Figura II-1. Representación gráfica regional del proyecto.

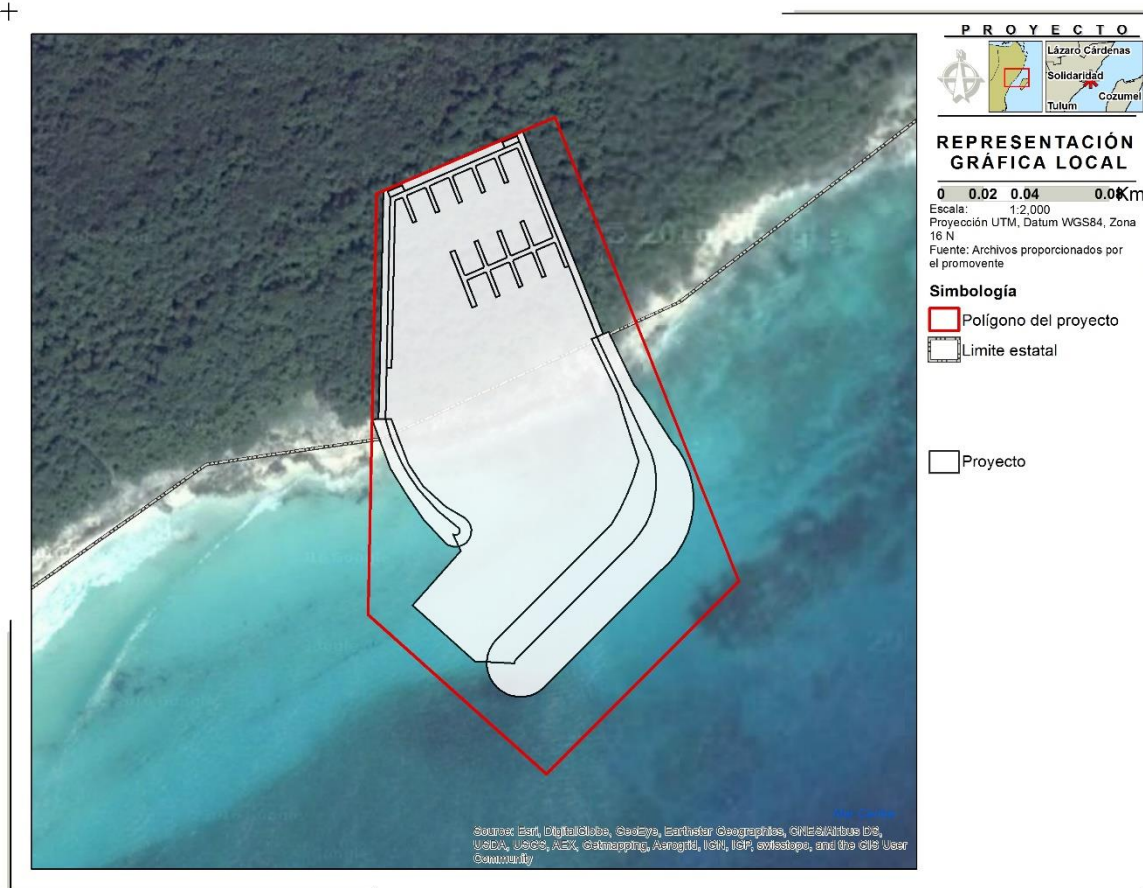


II.1.3.2. Representación gráfica local

En la siguiente figura se muestra la ubicación del polígono del proyecto y de las obras que lo componen.

Figura II-2. Ubicación local del proyecto.

Nota: En apartado componentes del proyecto se identifican cada una de las obras del proyecto.



Las coordenadas del polígono se encuentran en el Capítulo I, mientras que las coordenadas de las obras se encuentran en los anexos del Capítulo VIII.

II.1.4. Inversión requerida

La ejecución del proyecto implicará una inversión de \$ 86,038,621.62 pesos mexicanos más IVA.

MIA-R

CAPÍTULO II

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

II.2. CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO

II.2.1. Componentes del proyecto

En la siguiente tabla se desglosan los componentes del proyecto y más adelante se muestra un plano con la distribución.

Tabla II-1. Componentes del proyecto.

Componente
Rompeolas norte (incluye baliza)
Rompeolas sur (incluye baliza)
Área de dragado (a los -3.00 m NBM)/excavación
Muelles flotantes
Muro de contención perimetral
Escaleras (2)

El proyecto considera además la utilización de áreas asociadas¹ para realizar actividades relacionadas a la logística y servicios durante las etapas de preparación del sitio y construcción.

El concepto áreas asociadas hace referencia a áreas existentes y/o correspondientes a proyectos ya autorizados del mismo grupo corporativo al que pertenece la empresa promovente y cercanos al área, tales como el “Proyecto Turístico Destinos²” y el proyecto “Ya'ax Uj-Luna Verde³”.

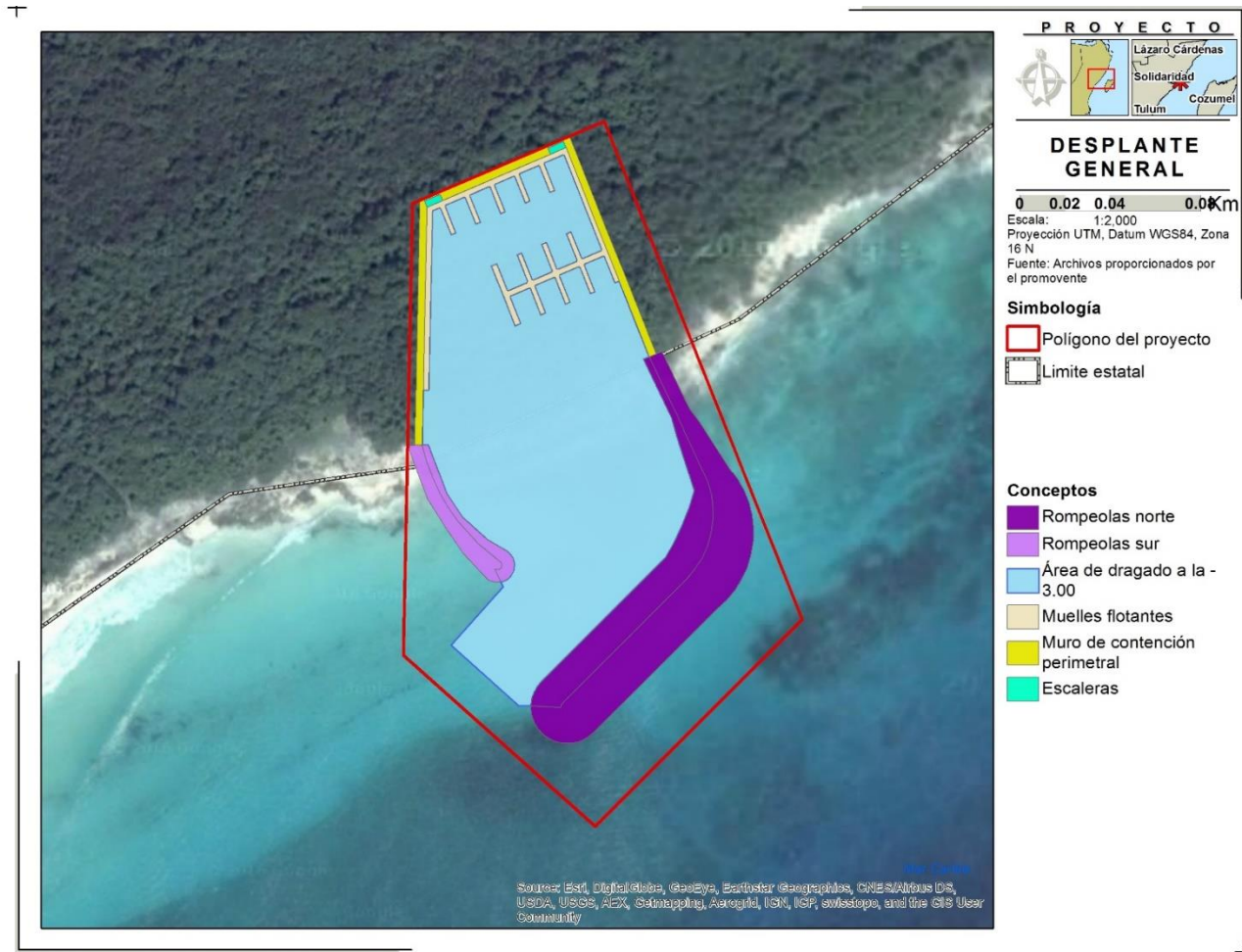
Además de lo anterior, en el área del proyecto se instalarán sanitarios portátiles.

¹ Se consideran áreas asociadas (más no obras asociadas), debido a que **no** se realizará actividad de construcción. Mayores detalles en apartado preparación del sitio.

² Autorizado mediante el oficio S.G.P.A./D.G.I.R.A./D.G./3653 del 15 de mayo de 2012.

³ Autorizado mediante el oficio S.G.P.A./DGIRA/DG/02461 del 31 de marzo de 2015.

Figura II-3. Desplante general del proyecto.



MIA-R

CAPÍTULO II

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

II.2.2. Dimensiones del proyecto

II.2.2.1. Superficie de afectación resumen

El proyecto se desplantará en un **polígono de 36,088.31 m² (3.61 ha)**, en la cual se ocupará para el desarrollo del proyecto una superficie total de 25,722.31 m², la tabla siguiente desglosa las superficies por cada una de las obras.

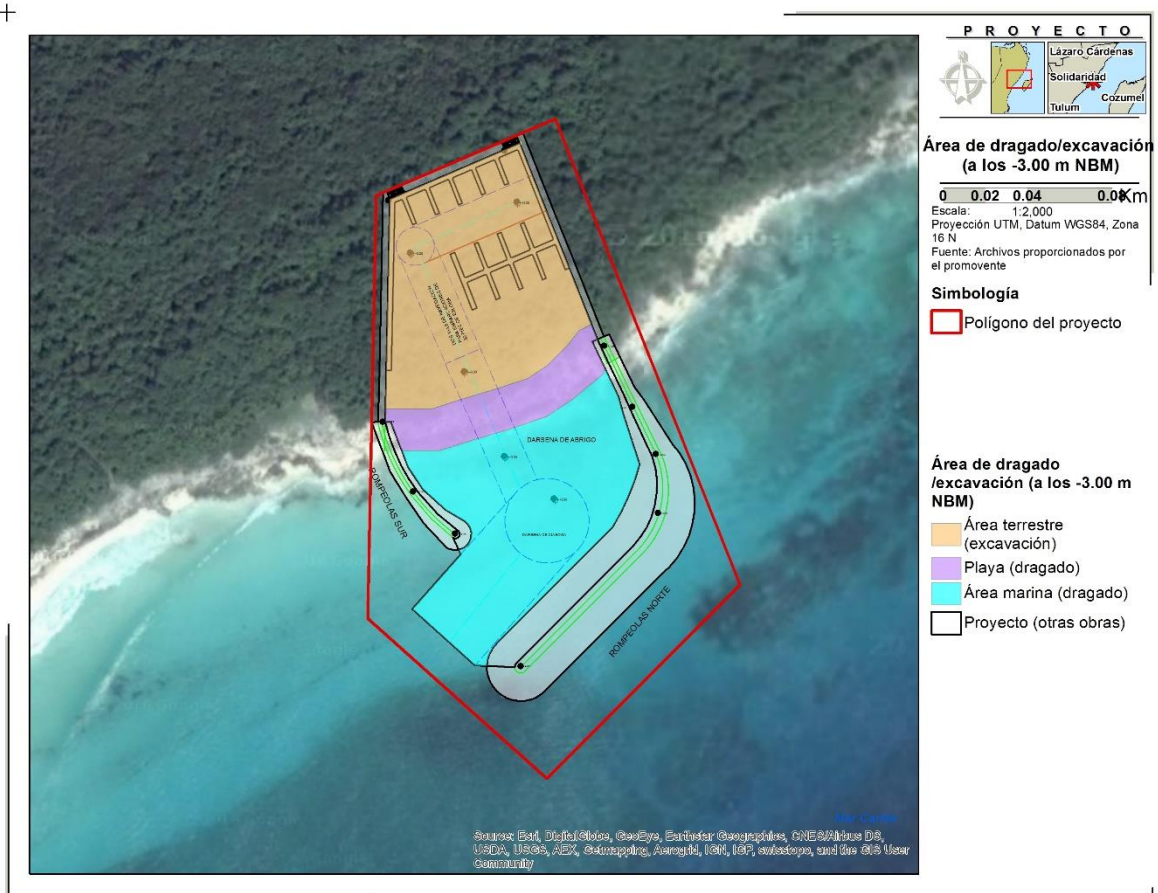
Tabla II-2. Superficies de ocupación.

Componente	Superficie m ²
Rompeolas norte (incluye baliza)	5,105.39
Rompeolas sur (incluye baliza)	737.70
Área de dragado /excavación (a los -3.00 m NBM)	18,910.59
Muelles flotantes (924.66 m ²)	
Muro de contención perimetral	923.63
Escaleras (2)	45.00
Total	25,722.31

Se aclara que las áreas asociadas no aumentan la superficie de afectación debido a que solo los sanitarios portátiles se ubicarán en el proyecto y únicamente dentro del área destinada para las obras del proyecto o áreas sin vegetación.

Por otra parte, en cuanto a los 18,910.59 m² como superficie de dragado/excavación, esta considera la superficie de dragado en la zona de playa de 2,191.09 m² (color amarillo en la siguiente figura), la superficie de excavación de la zona terrestre de 8,731.35 m² (color verde en la siguiente figura) y el área marina dragado en área marina como tal de 7,988.15 m² (que incluye al canal y dársena de ciaboga) que se resalta en color azul claro en la siguiente figura.

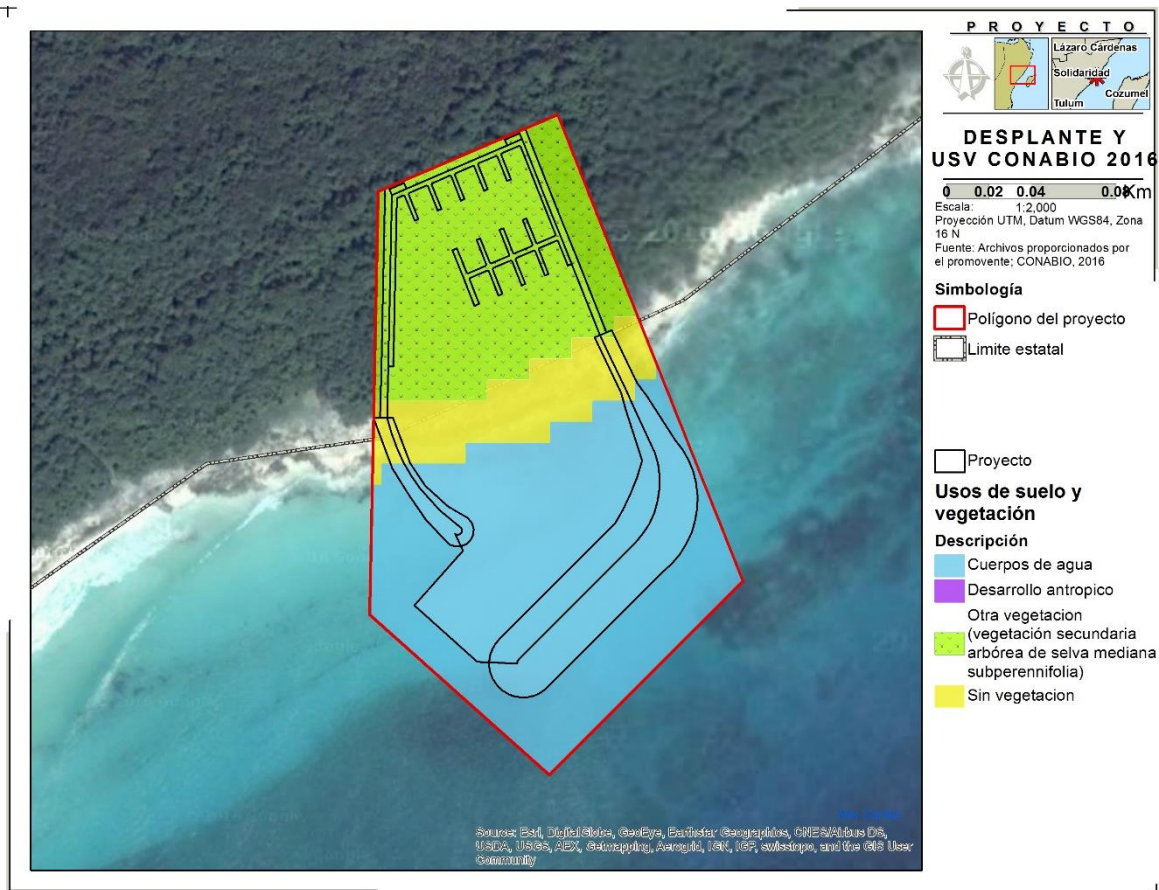
Figura II-4. Emplazamiento del área de dragado/excavación.



II.2.2.2. Remoción de vegetación

Se estima que por la realización del proyecto se remueva vegetación en una superficie de **0.98 ha**, correspondientes a **vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia**, tal como se muestra en la figura siguiente.

Figura II-5. Usos de suelo y vegetación en el polígono del proyecto.



II.2.2.3. Dimensiones particulares

En la siguiente tabla se muestran las dimensiones particulares de las estructuras.

Obra	Longitud aproximada	Nivel superior	Zapata
Rompeolas norte	190 m	Variable, máximo + 4.22 m	N/A
Rompeolas sur	65 m	Variable, máximo + 3.39 m	N/A
Muro de contención perimetral	640 m	Variable, máximo +6.5 m	Variable, máxima 7.78 m

MIA-R

CAPÍTULO II

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

II.2.3. Insumos a utilizar por el proyecto

II.2.3.1. Insumos a utilizar durante la etapa de preparación del sitio y construcción

Para las obras marítimas (escollera) se requerirán los siguientes insumos: materiales pétreos; así como arena, grava, cemento, sub-base, base, concreto hidráulico, adocreto y/o adoquín.

Los materiales pétreos para la escollera se obtendrán de las excavaciones a generar durante la ejecución del “Proyecto Turístico Destinos”, por lo que la extracción del material **no** generará impactos ambientales.

a) Agua

El agua potable se obtendrá a partir de plantas potabilizadoras cercanas (existentes y autorizadas) y/o se comprarán garrafones de 20 litros.

Para el uso en la construcción, se empleará el agua que se extraiga al amparo del título de concesión 12QNR151388/32ESDL17.

La tabla siguiente muestra el consumo estimado de agua por día.

Tabla II-3. Consumo estimado de agua.

Etapa	Volumen de consumo lt/día
Preparación del sitio	90
Construcción	114

b) Energía y combustibles

Para proveer de energía eléctrica, se realizará una conexión a la red municipal de CFE o en su caso, se tendrán plantas de luz portátiles de combustión en caso de que se requieran para las labores, para el funcionamiento de equipos o para el alumbrado. Se estima que para esta obra se requerirá de un sistema de 2,500 watts con voltaje de 220 voltios.

En cuanto a combustibles, se utilizarán gasolina y diésel para el funcionamiento de vehículos, maquinaria y equipo. Para estos insumos, en la etapa de construcción se abastecerá de combustible en recipientes de metal o plástico que eviten pérdidas por evaporación y sean seguros para el transporte y almacenamiento del mismo hasta donde la maquinaria o equipo lo necesite; para ello se contemplarán sitios de almacenamiento en condiciones de seguridad, en los patios de maniobras, almacenes o talleres de los proyectos autorizados cercanos al área del proyecto. El abastecimiento de combustible se hará en las estaciones de servicio (PEMEX) cercanas al sitio de la obra.

II.2.3.2. Maquinaria y equipo en cada una de las etapas del proyecto

En la siguiente tabla se presenta un listado de la maquinaria y equipo a utilizar en las actividades asociadas a la etapa de preparación del sitio y construcción del proyecto.

Tabla II-4. Maquinaria y equipo a utilizar.

Etapa/actividad	Maquinaria y equipo	Combustible
Preparación del sitio	Material topográfico, estacas	N/A
Delimitación del área	Vallado perimetral, boyas y señalización	N/A
Preparación del sitio	Zapapico	N/A

MIA-R

CAPÍTULO II

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

Etapas/actividad	Maquinaria y equipo	Combustible
Desmonte y despalme	Tractor de orugas, trascabo, excavadora y retroexcavadora	Diésel
Construcción Dragado	Retroexcavadoras o grúas con cuchara de prensil para áreas accesible desde tierra o terraplenes consolidados	Diésel
	Draga flotante: pontón flotante con pies regulables, capaz de soportar una retroexcavadora de cadenas terrestre	Diésel
	Gánguiles remolcados	Diésel
	Grúa de cuchara	Diésel
Construcción Excavaciones, movimiento de materiales, terraplenado y conformación de diques	Palas cargadoras, retroexcavadoras de cadenas, retrocargadoras	Diésel y gasolina
	Bulldozers, motoniveladoras	
	Compactadoras pata de cabra y rodillos mixtos	
	Camiones dumper, bañeras, dumper articulados, camiones volquete, camioneta tipo pickup y camión pipa	
	Lancha con motor fuera de borda	
Operación	Camioneta tipo pick up, camión pipa	Diésel y gasolina
	Lancha con motor fuera de borda	Gasolina

II.2.4. Actividades y programa de trabajo para la ejecución del proyecto

En la siguiente tabla se muestra el listado de actividades para la ejecución del proyecto, posteriormente se presenta el programa de trabajo.

Tabla II-5. Listado de actividades en cada etapa del proyecto.

Etapa	Actividades	
Preparación del sitio	Delimitación y limpieza del terreno	Delimitación de las áreas de trabajo
		Desmonte y despalme
	Implementación de áreas asociadas	Colocación de sanitarios portátiles
	Modelación del terreno	Excavaciones
		Dragado a los -3.00 m
		Compactación
Nivelación		
Construcción	Construcción de los diques de escollera (rompeolas)	Conformación de las capas de la estructura de diques
	Construcción e instalación de estructuras	Muro de contención y escaleras
		Muelles flotantes
	Implementación de complementos y limpieza final	Andador en escollera
		Señalamiento marítimo y baliza
Limpieza		
Operación y mantenimiento	Operación de las instalaciones	Puesta en operación de las instalaciones del proyecto
	Mantenimiento de las instalaciones	Mantenimiento a la obra civil
		Dragado de mantenimiento

Se presenta el programa de trabajo, incluyendo las actividades de rescate de individuos de flora y fauna que pudieran encontrarse en el área del proyecto.

Tabla II-6. Programa de trabajo.

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	4...	99
Trámites y permisos requeridos	x x				
Preparación del sitio					
Delimitación de las áreas	x x				
Rescate de especies de flora y fauna*	x x				
Desmonte y despalme	x x				
Excavaciones	x x	x x			
Nivelación		x x x			
Construcción					
Rompeolas		x x x x x x x			
Muro de contención perimetral y escaleras			x x		
Muelles flotantes				x x	
Dragado		x x x			
Señalamiento marítimo			x		
Limpieza			x x		
Operación y mantenimiento				x	x

* Procedimiento y método de acuerdo a lo establecido en los programas de manejo de flora y de fauna del capítulo VI.

II.3.PREPARACIÓN DEL SITIO

La preparación del sitio es la primera etapa del proyecto, consiste en realizar los preliminares a la etapa de construcción.

Es importante aclarar que las obras se realizarán, en la medida de lo posible, en etapa de mar en calma. La meteorología es un factor que afecta a buena parte de las actividades constructivas.

En el presente proyecto se hará uso de áreas de servicios cercanas al área, con infraestructura necesaria para la logística de obras como las que se llevarán a cabo; no obstante, de ser necesario que en el sitio del proyecto se realice acopio de materiales o una actividad similar, esta se realizará sobre la misma área de afectación del proyecto, por lo que no aumentará las superficies manifestadas.

Previo a la realización de cualquier maniobra, se realizará el rescate de flora y fauna siguiendo los lineamientos establecidos en el Capítulo VI.

La vegetación rescatada se mantendrá almacenada dentro del predio en un sitio que no obstaculice la circulación de camiones y trabajadores para su posterior reubicación en áreas verdes cercanas.

II.3.1. Delimitación de las áreas de trabajo

La ubicación geográfica del área de construcción se hará por medio de coordenadas UTM. Para delimitar el área del proyecto en la parte terrestre se colocarán estacas en los vértices.

Por otro lado, en zona marina se colocará un vallado perimetral, boyas de señalización de los trabajos e implementación de la señalización correspondiente. Se informará a capitania marítima para que emita los avisos correspondientes.

II.3.2. Implementación de áreas asociadas

Las áreas asociadas serán espacios auxiliares para el desarrollo de las actividades de las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto.

Tal como se refirió previamente, se aprovecharán sitios ya existentes y autorizados, cercanos al área y que cuenten con la infraestructura que cubra las necesidades de la obra, entre los que se incluyen oficinas de obra, almacenes de materiales y de combustibles, campamento, baños, regaderas, estacionamiento, patio de maniobra, bodegas y talleres. Además de lo anterior, se tiene a disposición los vehículos de renta para trasladar personal e insumos.

Por otro lado, el área de sanitarios portátiles requerirá únicamente la actividad de colocación de sanitarios en áreas destinadas para las obras del proyecto o en un sitio aledaño a la zona de trabajo y libre de vegetación. Los sanitarios estarán a servicio del personal que participará en obra, el cálculo del número de unidades se dará en relación de 1 cabina por cada 25 trabajadores.

En cuanto a las rocas de la escollera, se llevarán al sitio del proyecto ya clasificadas de acuerdo a los requerimientos de cada capa. Dicha clasificación se realizará en el área autorizada para el depósito de materiales del “Proyecto Turístico Destinos”.

En dado caso que una proporción de los materiales producto de las excavaciones no sea factible de reutilizarse en la conformación de la escollera, este material será depositado en la misma área autorizada para el depósito de materiales del “Proyecto Turístico Destinos”.

II.3.3. Desmante y despalme

El desmante consiste en la remoción de la vegetación en el área donde se llevarán a cabo las obras, con el fin de permitir el paso y maniobras de la maquinaria a utilizar y eliminar materiales que no son útiles en la construcción, con tal fin se realizará la tala y roza. La tala consiste en cortar árboles y arbustos, la roza consiste en cortar a ras del terreno la maleza y hierba. Al final se realizará la limpieza, retirando los materiales resultantes.

El despalme del terreno consiste en retirar la capa superficial (tierra vegetal) que por sus características mecánicas no es adecuada para el desplante de las obras del proyecto.

El espesor de la capa a despalmar será de 20 a 30 cm, desalojando la capa superficial del terreno natural que contenga material orgánico, de esta manera se elimina el material que se considere inadecuado, incluyendo herbáceas y piedras que se pudieran encontrar en las áreas de aprovechamiento. El despalme se ejecutará en terrenos que contengan material tipo I o II⁴.

⁴ Material tipo I. Son los materiales fácilmente excavables con pala de mano y sin necesidad de emplear zapapico.

Material tipo II. Son los materiales de dureza y contextura tal que no pueden ser económicamente atacados con solo el empleo de pala de mano, pero sí lo son con ayuda de zapapico o con equipo mecánico, pero sin el uso de explosivos.

El material resultante de las actividades de desmonte y despalme será rescatado y resguardado dentro de las áreas de aprovechamiento para su uso posterior.

II.3.4. Excavaciones

En cuanto el terreno quede limpio, se procederá a iniciar la excavación del terreno con maquinaria hasta llegar a la profundidad especificada en el proyecto arquitectónico. Tanto el movimiento de tierras como la formación de taludes serán de acuerdo a lo especificado en el proyecto.

Durante el proceso de excavación se deberá mantener la zona en óptimas condiciones de drenaje, por lo que se procurará mantener pendientes del orden del 4%. Durante toda la ejecución de las tareas se tendrá que controlar la estabilidad de los taludes y la aparición de posibles grietas o la aparición de materiales de calidad inferior.

Los taludes se dejarán con su perfil aproximado y si las características lo permiten ya terminado, en áreas de explanadas con superficie considerable se perfilarán con motoniveladora. La excavación no deberá llegar hasta la cota de rasante definitiva; los últimos 30 a 50 centímetros se volverán a perfilar con motoniveladora, evitando su deterioro por erosión y paso del tráfico pesado.

La excavación se realizará de modo selectivo, de modo que el material pueda clasificarse acorde a la granulometría y pesos específicos, esto para facilitar la reutilización de este material en la configuración de las diferentes capas que conforman los diques de abrigo, mismas que se detallan en apartado construcción. Se irán determinando las características del material extraído para establecer su uso en otras partes de la obra si fuese conveniente.

La excavación para la zona donde se prevé construir la marina se realizará al mismo tiempo que se ejecuten los dragados.

II.3.5. Compactación

Una vez terminada la excavación se procederá a la compactación del terreno con el objetivo de eliminar los espacios huecos en el suelo, aumentando así su densidad y en consecuencia su capacidad de soporte y estabilidad entre otras propiedades.

El método de compactación dependerá del tipo de suelo del terreno, para lo cual se empleará la prueba proctor standard al 95% bajo control de pruebas de laboratorio para una estabilidad suficiente.

Particularmente para el núcleo del dique se emplearán bulldozers, compactadoras pata de cabra y rodillos mixtos.

II.3.6. Nivelación

Una vez finalizada la compactación se iniciarán los trabajos de nivelación del terreno, misma que incluye los niveles terminados del suelo y pendientes de taludes que deberán ser los que se especifican en el proyecto.

El trabajo se realizará a través de una motoniveladora para garantizar los niveles que se requieren y el espacio de maniobra lo permita, de no ser así se llevará a cabo de forma manual respetando los niveles especificados por la brigada de topografía.

II.4.CONSTRUCCIÓN

Posterior a la conclusión de las actividades para la preparación del sitio, se procederán a la construcción de cada una de las obras que a continuación se describirán

II.4.1. Escollera de dos brazos (rompeolas norte y sur)

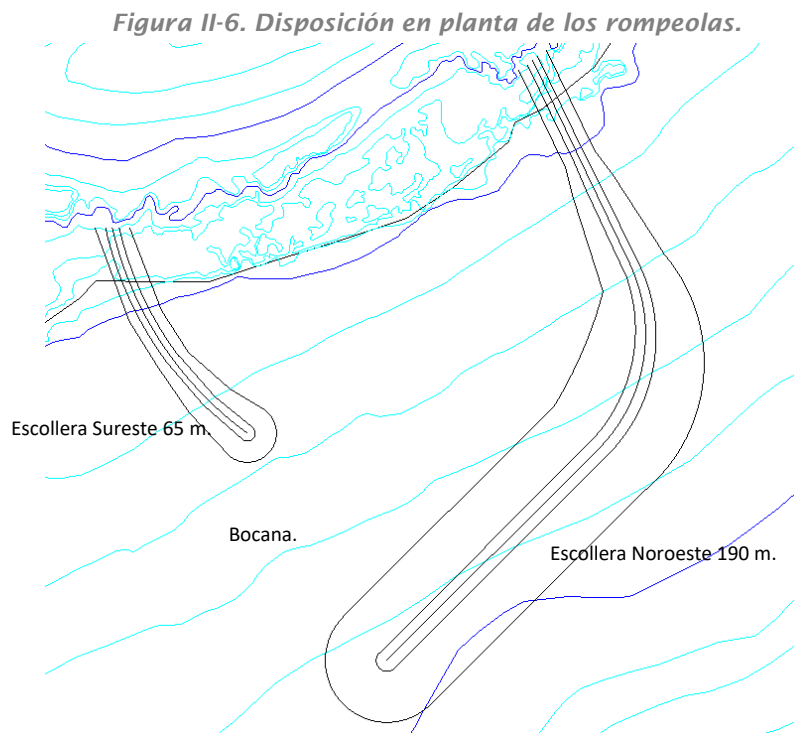
Los rompeolas son obras de protección, conformados por dos diques en talud para proteger las embarcaciones del oleaje marino y así evitar azolves al canal de navegación, ya sea en condiciones normales de oleaje como en casos extraordinarios. Con la construcción del rompeolas se establecerá una zona de mar en calma en la que las embarcaciones se puedan amarrar con seguridad durante períodos meteorológicos adversos. El rompeolas soportará el impacto de las olas normalmente propias de la zona.

La función principal de un rompeolas es disipar la energía del oleaje, y en este caso crear un área protegida para el resguardo de embarcaciones.

El criterio comúnmente empleado en el diseño de la coraza de un rompeolas se denomina criterio de estabilidad. En la actualidad la expresión más empleada para el cálculo de los elementos de la coraza es la fórmula de Iribarren modificada por Hudson, la cual se ha aplicado en nuestro país con buenos resultados.

II.4.1.1. Alineamiento y disposición en planta

Con base en los resultados de los estudios oceanográficos y sobre todo con base en los resultados del modelo hidrodinámico y de transporte de sedimentos, se determinó el alineamiento en planta de los rompeolas, de tal manera que la bocana quede orientada hacia el Sur – Suroeste que son las direcciones donde menos incidencia tenemos de oleaje, tanto de aguas profundas como del refractado, tal como se observa en la figura siguiente.



II.4.1.2. Construcción de los diques en talud

Esta barrera protectora se conformará a base de roca sólida (natural y/o prefabricada) y relleno consolidado y con una sección en talud.

La estructura del dique estará conformada por 3 capas principales, que en orden interior a exterior serán capa núcleo, seguido por una capa secundaria y finalmente una capa coraza (o principal de protección), con andador turístico en la corona de ambos rompeolas.

A continuación se muestran perfiles de las escolleras, seguido de secciones transversales a distintas profundidades, así mismo, se integran en anexos para su mejor visualización.

Figura II-7. Perfil longitudinal escollera norte.

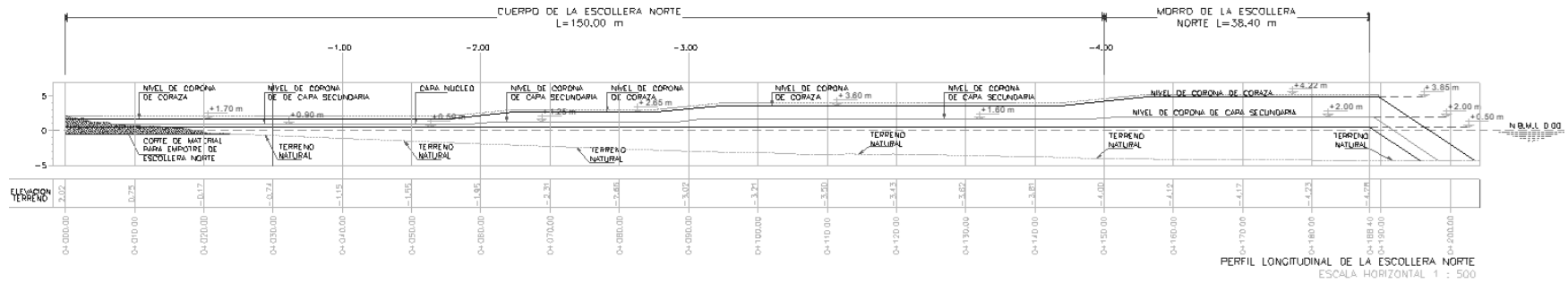
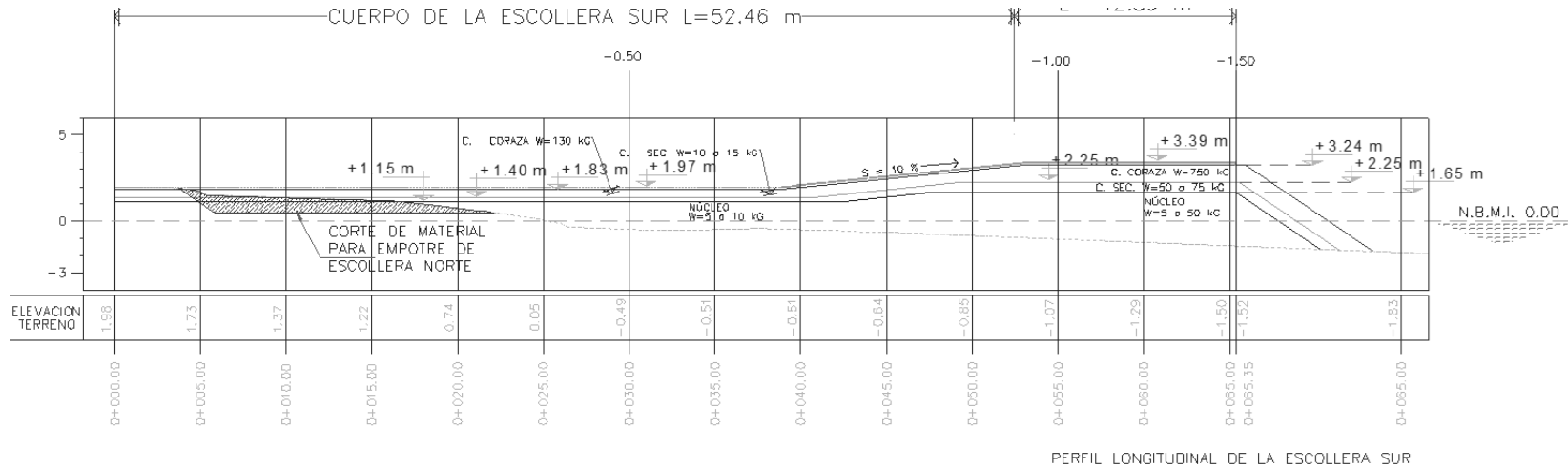


Figura II-8. Perfil longitudinal escollera sur.



MIA-R

CAPÍTULO II

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

Figura II-9. Sección Cuerpo -1.00

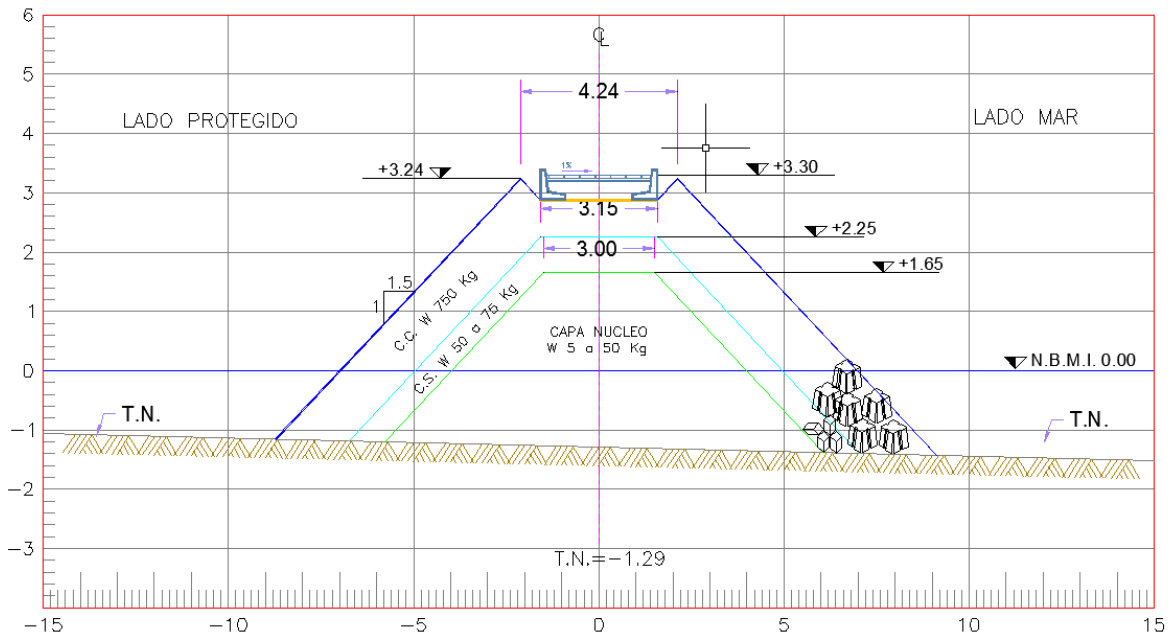
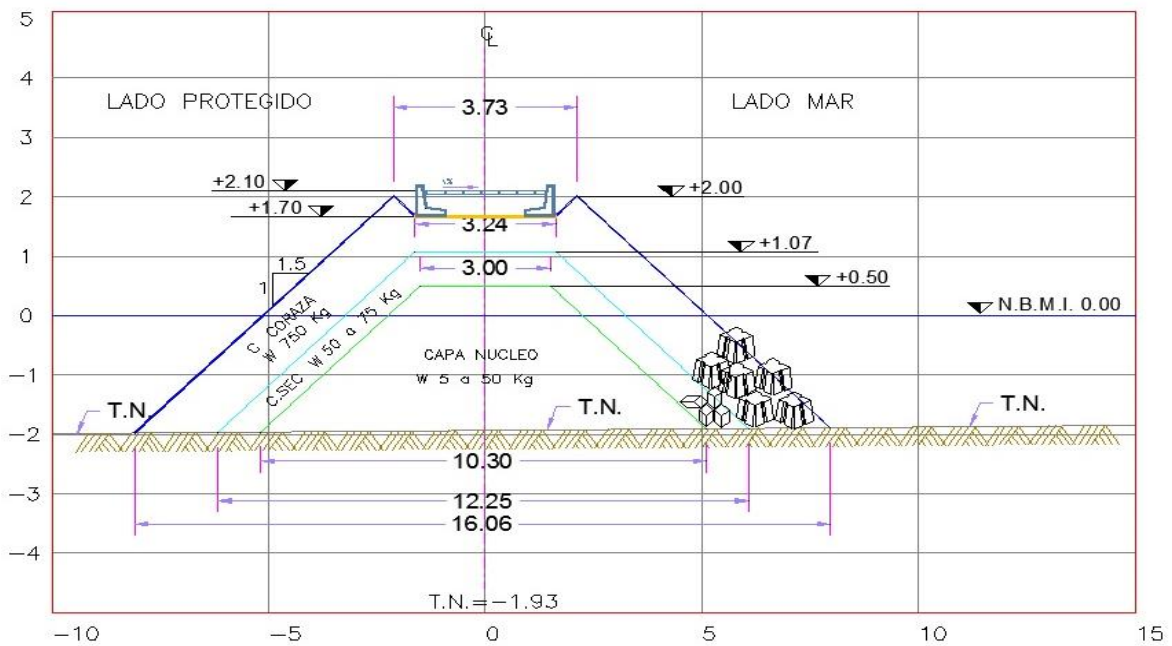


Figura II-10 Sección Cuerpo -2.00



MIA-R

CAPÍTULO II

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

Figura II-11. Sección Cuerpo -3.00.

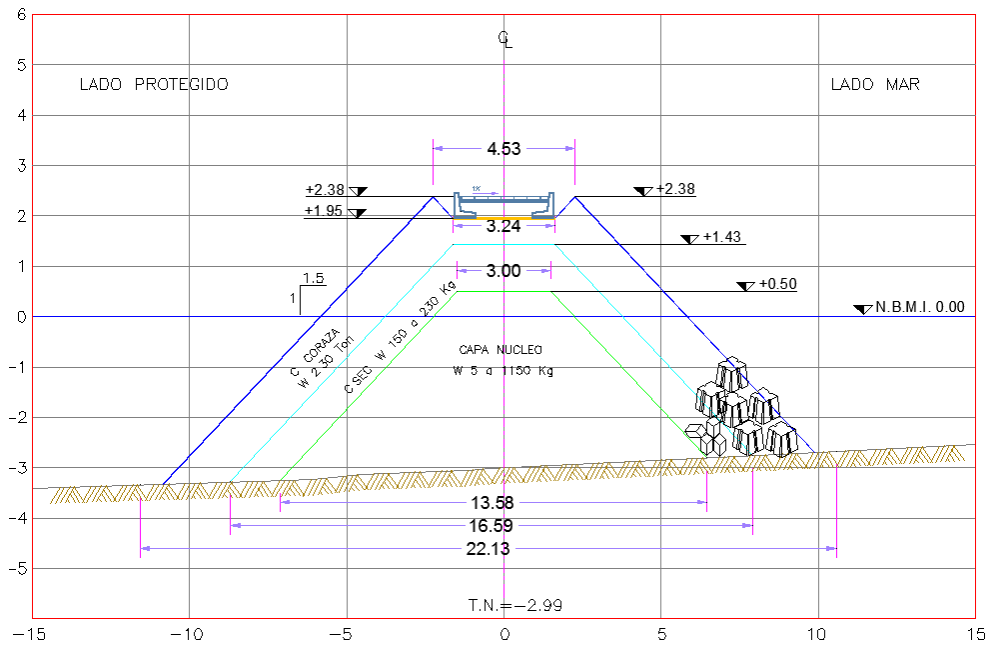
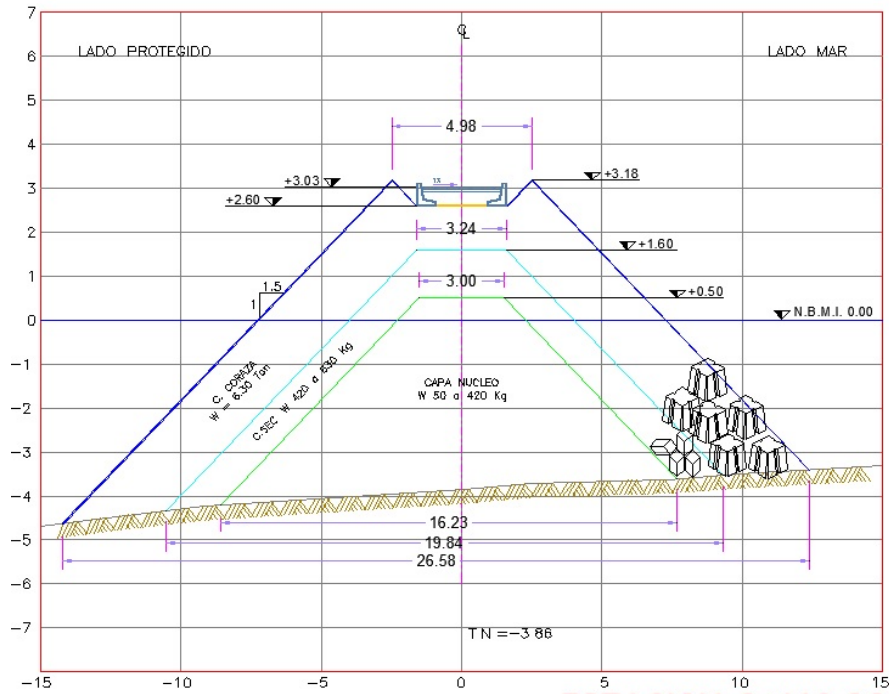


Figura II-12. Sección Morro -4.00

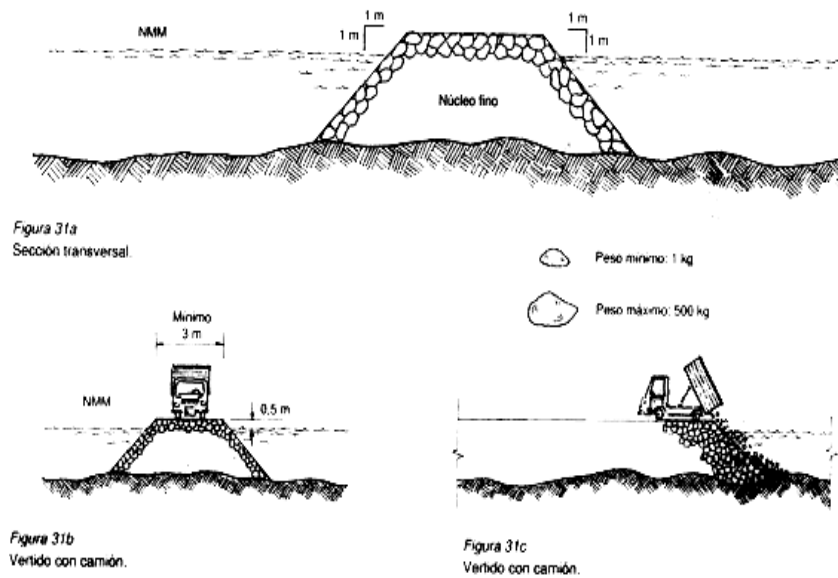


c) *Capa núcleo (colocación de roca)*

La capa núcleo es la primera capa del dique en construirse. Los rellenos utilizados se caracterizan por tener condiciones granulométricas intermedias entre las del terraplén y las del pedraplén.

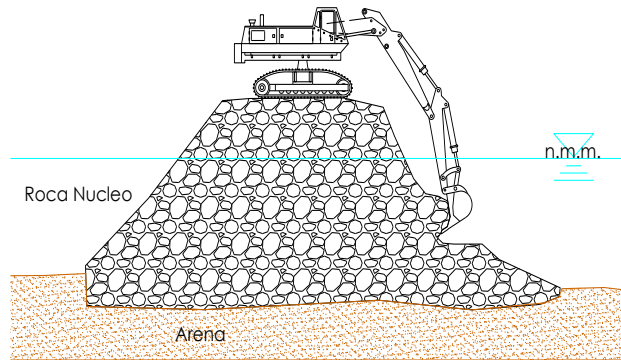
Para la colocación de roca, el camión de volteo entrará de frente al área y en el retorno más cercano al extremo dará la vuelta y en reversa se aproximará hasta el extremo más cercano al sitio de construcción de los rompeolas, donde verterá la roca sobre una línea al centro del núcleo; acomodando la roca en el centro y conformando los taludes con excavadora y retroexcavadora, respetando las tolerancias establecidas (ver Figura siguiente).

Figura II-13. Descarga de camión y acomodo de la roca con excavadora y retroexcavadora.



Con la excavadora y la retroexcavadora se realizará el acomodo y perfilado de los taludes, tal como lo indica la sección de proyecto y según las condiciones de oleaje o profundidad (ver Figura siguiente).

Figura II-14. Acomodo y perfilado de los taludes con excavadora.

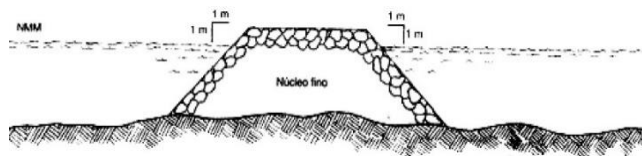


Dado el poco peso de la escollera en el núcleo, todo el trabajo de construcción relacionado con rompeolas deberá efectuarse durante las estaciones de más calma.

d) Capa secundaria (cubos lisos prefabricados)

Esta es la segunda capa que formará parte de la estructura del dique en talud y tiene la función de proteger el núcleo para impedir que sea arrastrado (ver figura siguiente).

Figura II-15. Núcleo y capa secundaria.

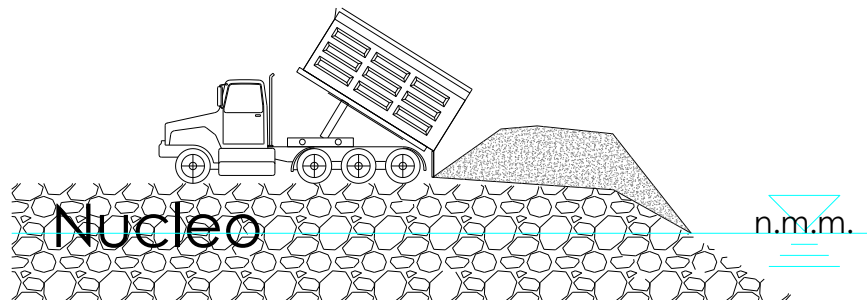


Terminada la capa de núcleo de los rompeolas se continuará con la colocación de la capa secundaria, partiendo del pie del talud hacia la corona. Para delimitar la

construcción de la capa se usarán estacas de referencia en tierra y boyarines en el mar. Los trabajos serán iniciados desde tierra, acomodando los cubos siguiendo las líneas y niveles de proyecto, respetando las tolerancias establecidas.

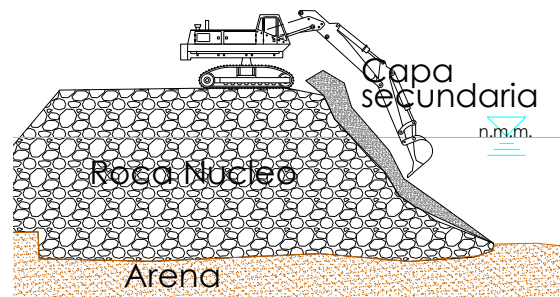
Para la capa secundaria se repetirá el procedimiento. El camión de volteo cargado, en este caso de cubos, entrará de frente al rompeolas y en el retorno cercano al extremo dará la vuelta y en reversa llegará hasta el borde, donde verterá los cubos sobre la corona (ver figura siguiente).

Figura II-16. Colocación de la capa secundaria sobre la capa núcleo.



Posteriormente la excavadora y retroexcavadora acomodarán y perfilará los taludes del rompeolas, según condiciones físicas, respetando las tolerancias establecidas (ver figura siguiente).

Figura II-17. Acomodo y perfilado con excavadora.

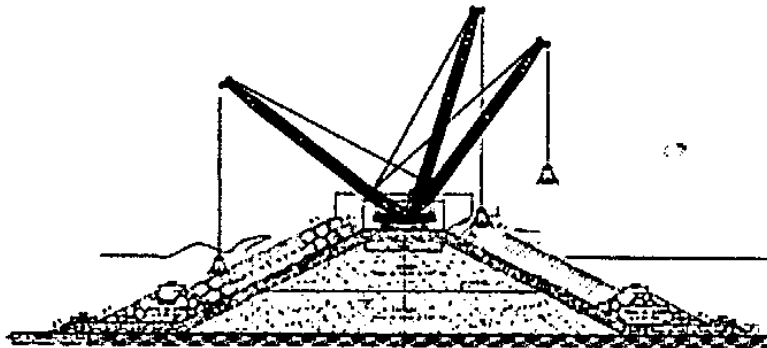


e) Capa coraza (colocación de cubos ranurados)

Es la última capa que formará parte del dique y que estará en contacto directo con las olas.

Terminada de conformar la capa de secundaria de los cuerpos de los rompeolas se continuará con la colocación de la coraza, pero con bloques ranurados, partiendo del talud hacia la corona. Para delimitar la construcción de la capa se usarán estacas de referencia en tierra. Los trabajos serán iniciados desde tierra, acomodando los bloques ranurados siguiendo las líneas y niveles de proyecto, respetando las tolerancias establecidas. Para la capa de coraza también se repetirá el procedimiento; el camión de volteo, cargado de bloques, entrará de frente a la protección marginal y en el retorno cercano al extremo dará la vuelta y en reversa llegará hasta el borde para ser colocados aleatoriamente (ver Figura siguiente).

Figura II-18. Acomodo y perfilado de coraza con bloques ranurados con excavadora.

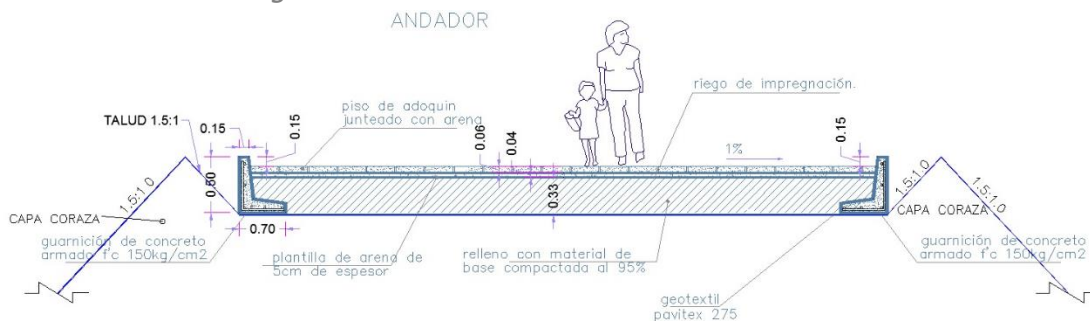


Una vez alcanzando los niveles de proyecto, se realizará un camino sobre el mismo rompeolas para lo cual se colocará una maya de Geotextil Pavitex 350 gr/cm² o similar, según las líneas y niveles de proyecto (procedimiento del andador en apartado siguiente).

II.4.1.3. Andador sobre la corona de rompeolas

Dado que este proyecto es de carácter turístico, se ha propuesto un andador sobre la corona de los rompeolas, de tal manera que sea un paseo escénico para los turistas, la estructura del andador se observa en la figura siguiente.

Figura II-19. Andador sobre corona de escollera.



Después de la colocación del Geotextil se protegerá el camino para la contención de los materiales de la Base. Será necesario realizar la construcción de una guarnición perimetral la cual será de concreto y se desplantará sobre una plantilla de 10 cm de concreto pobre, a las líneas y niveles de proyecto.

Después de la guarnición perimetral se colocará un material de Banco tipo base. Este material será en capas de 30 cm y se colocarán las capas necesarias antes de la colocación del material Base hasta alcanzar los niveles de proyecto, las capas se compactarán al 100 % de su P.V.S.M, y de la prueba A.A.S.H.T.O. modificada según las normas de la SCT.

Después de colocadas las capas que conformarán el camino, se procederá a la colocación de una capa de arena para el asentamiento del adocreto y/o adoquín, según líneas, niveles y diseño del proyecto.

II.4.1.4. Baliza

Se construirán 2 balizas (una en el extremo hacia el mar de cada rompeolas, o morro), pintada con esmalte de color según proyecto, incluirá: lámparas, celdas fotovoltaicas, baterías y alambrado.

La baliza será de concreto armado (columna y dado), con una altura máxima de 7 m, la linterna marina destellante será a base de diodos tipo leds, con un alcance luminoso efectivo de 9 millas náuticas y alimentado por celdas fotovoltaicas.

El procedimiento será el siguiente

- Base: en la zona de la baliza se colocará roca, la de mayor tamaño en la parte inferior y la de menor tamaño en la parte superior, posteriormente se colocará una capa de material de rezaga de 1" a 3" de 23 cm de espesor y finalmente la lámina de polietileno para recibir la base del dado de la baliza.
- Colado: antes del colado del concreto de la columna sobre la cimentación de la baliza, la superficie por unir deberá estar rugosa, saturada de agua sin charcos y limpia de grasa o partículas sueltas, producto del picado.

Las figuras siguientes muestran la ubicación y alzado de la baliza tipo.

Figura II-20. Ubicación de balizas

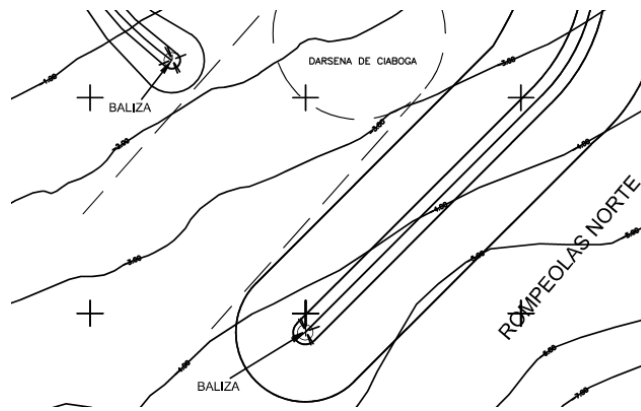
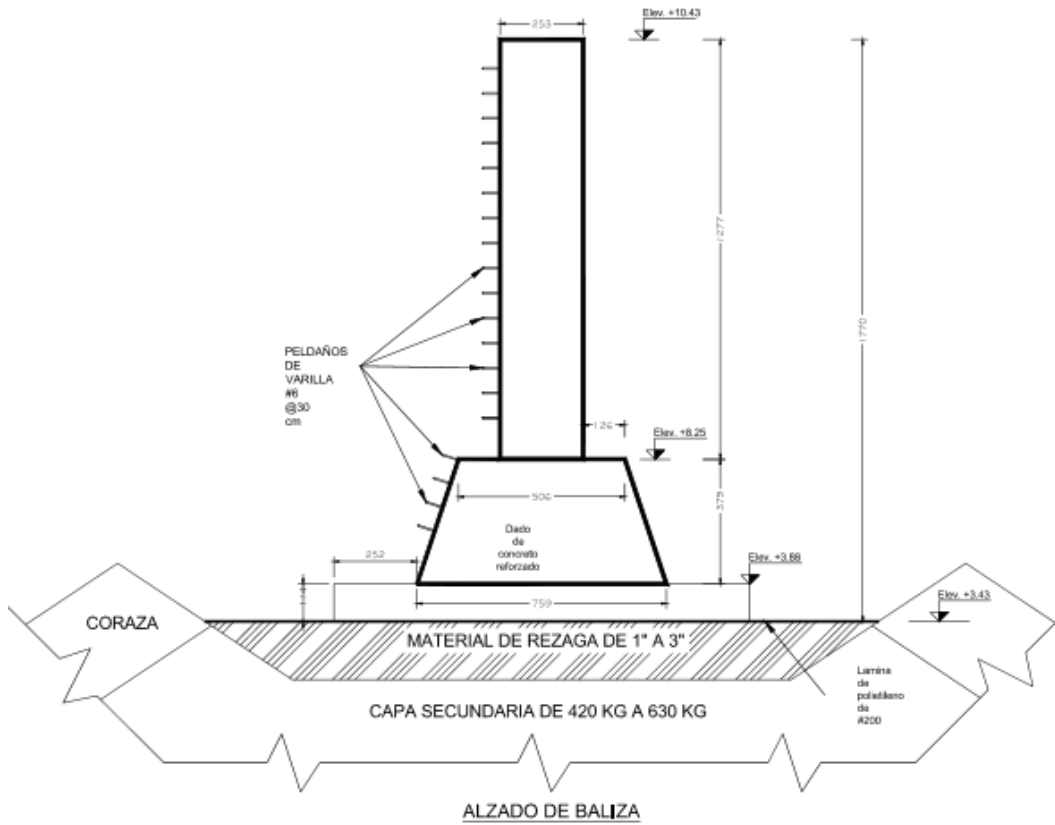


Figura II-21. Alzado tipo de baliza.



II.4.2. Dragado a los -3.00 m NBM

El dragado se define como la disgregación y extracción de suelo o sedimento del medio marino por su elevación, transporte y depósito en otro lugar.

La obra consiste en la construcción de una dársena la cual se dragará a la cota - 3.00 m NBM para conectarla con las aguas exteriores del mar. Consistirá en el área navegable y de resguardo para las embarcaciones.

De acuerdo a los trabajos realizados del levantamiento batimétrico y al perfil del fondo marino donde se pretende realizar la obra antes mencionada, el volumen de dragado estimado es del orden de 67,652.23 m³ (se anexa el cálculo del volumen de dragado).

De la mecánica de suelos y los perfiles estratigráficos se puede observar los tipos de suelos a dragar y se puede definir el tipo de draga que se utilizará.

Para realizar los dragados se podrán utilizar maquinarias desplantadas desde tierra o en la superficie marina dependiendo del alcance de la maquinaria.

Primeramente, se iniciarán los trabajos con la movilización de los equipos, como son draga, excavadora hidráulica de brazo largo, excavadora 320 con martillo, retroexcavadora y camiones de volteo. Con estos equipos se procederá al condicionamiento del área a dragar.

Una vez que se encuentren los equipos en el sitio de la obra, se procederá con el dragado de la dársena a una profundidad de -3.00 m referido al N.B.M.

Una vez extraído el material de dragado, se transportará a la zona de tiro, para lo cual se aprovecharán áreas existentes y/o correspondientes a proyectos ya autorizados del mismo grupo corporativo al que pertenece la empresa promotora

y cercanos al área, tales como el “Proyecto Turístico Destinos⁵” y el proyecto “Ya'ax Uj-Luna Verde⁶”. Así mismo, se buscará que el material resultante del dragado sea reutilizado para conformar sección estructural de los diques proyectados, a excepción de la arena fina debido a que este material no resulta de utilidad para los diques

II.4.3. Muelles flotantes

El sistema de amarre seleccionado es el de atraque por proa o popa a unos muelles flotantes. El atraque a muelles flotantes, además de ofrecer la máxima economía de línea de muelle y superficie abrigada, presenta la ventaja de tener un francobordo constante, por el hecho de ser flotante, lo que facilita el acceso al turismo (personas).

Los muelles flotantes tendrán 15 posiciones de atraque, dos escaleras de concreto para su ingreso(ver más adelante), bitas y defensas.

Se consideran embarcaciones con las siguientes características.

Tabla II-7. Características de las embarcaciones.

Embarcación Tipo	Desplazamiento (kg)	Eslora (m)	Manga (m)	Puntal (m)	Calado (m)	peso (kg)
Bote Cabinado	200	4.0 – 3.9	1.7- 1.6	1.0	0.45	-

⁵ Autorizado mediante el oficio S.G.P.A./D.G.I.R.A./D.G./3653 del 15 de mayo de 2012.

⁶ Autorizado mediante el oficio S.G.P.A./DGIRA/DG/02461 del 31 de marzo de 2015.

Los muelles se ubicarán perimetrales y en forma de peine, tal como se observa en el desplante general del proyecto, además que consistirán de una zona flotante y una fija

La zona flotante será a base de pantalanes tipo Candock, mediante cubos G2, de las siguientes especificaciones (ver figura).

Figura II-22. Especificaciones y modulo tipo del sistema a utilizar en zona flotante.

Material/Composición:	Resina de polietileno de alta densidad
Superficie:	Antideslizante
Dimensiones:	Ancho x Longitud: 48 cm (19") x 48 cm (19") Altura: 36 cm (14")
Dimensiones (medio-cubo):	Ancho x Longitud: 48 cm (19") x 48 cm (19") Altura: 23 cm (9")
Peso:	Cubo: 5.5 kg (12 libras) Medio cubo: 5 kg (11 libras)
Capacidad de flotación:	Cubo: 68 kg (150 libras) por cubo o 272 kg por m ² (60 libras por pie ²) Medio cubo: variable



La zona fija se conformará por tramos de 3 metros, lo cuales tendrán las siguientes características (ver tabla).

Figura II-23. Características de la zona fija.

Característica	Tabla	Cabezal	Larguero	
Densidad	800 kg/m ³	800 kg/m ³	800 kg/m ³	
Longitud	2.00 m	2.10 m	3.30 m	
Ancho	0.203 m	0.203 m	0.102 m	
Espesor	0.025 m	0.305 m	0.203 m	=335.10 kg
No. Pzas	15	1	2	
Peso Total	121.8 kg	104.0 kg	109.3	

*No se incluye el peso propio de los pilotes

Para el ensamblaje se deberá de considerar el siguiente procedimiento: se prepararán todos los elementos tales como Cubos G2, tornillo de montaje y tuerca deslizable, se ajustará una placa de anclaje para cadena mediante la colocación de pernos conectores en las orejas del cubo donde sea que las placas de anclaje sean necesarias, asegurando el atornillamiento de las tuercas Candock con las herramientas apropiadas (llave de boca o llave tubo) mediante tornillos de montaje, se inserta la “placa de anclaje” de acero inoxidable en el perno conector y se asegura firmemente con el equipo provisto, deberá de ajustarse la cadena donde sea necesario. Se colocará un anillo de anclaje exterior para la cadena y tornillo de montaje G2 para anclaje. La cadena será galvanizada de acero inoxidable de 5/8”, se colocará un sistema de gestión de mareas “TMS” de acero inoxidable 304, el cual simplemente se coloca en la sección media de sus líneas de anclaje. Usando el equipo y las cadenas / anillos adecuados, sujetando firmemente cada extremo contra las secciones del “punto de anclaje fijo” y de la “línea de muelle” de sus líneas de anclaje.

Como complemento a las estructuras antes citadas, se colocarán elementos de amarre entre los que se encuentran cornamusas, bitas y norays; cabos de amarre, torretas de servicio, así como diversos elementos de seguridad (extintores, escalerillas de salida del mar, aros, boyas, señalizaciones), tal como se muestra en la figura siguiente.

Figura II-24. Ejemplos de elementos de amarre: cornamusa, bita y noray respectivamente.



II.4.4. Escaleras

Las escaleras servirán para el acceso al área de muelles flotantes, se construirán a base de concreto armado, la figura siguiente muestra la ubicación de los dos módulos propuestos así como su vista en planta y elevación.

Figura II-25. Ubicación de las escaleras.

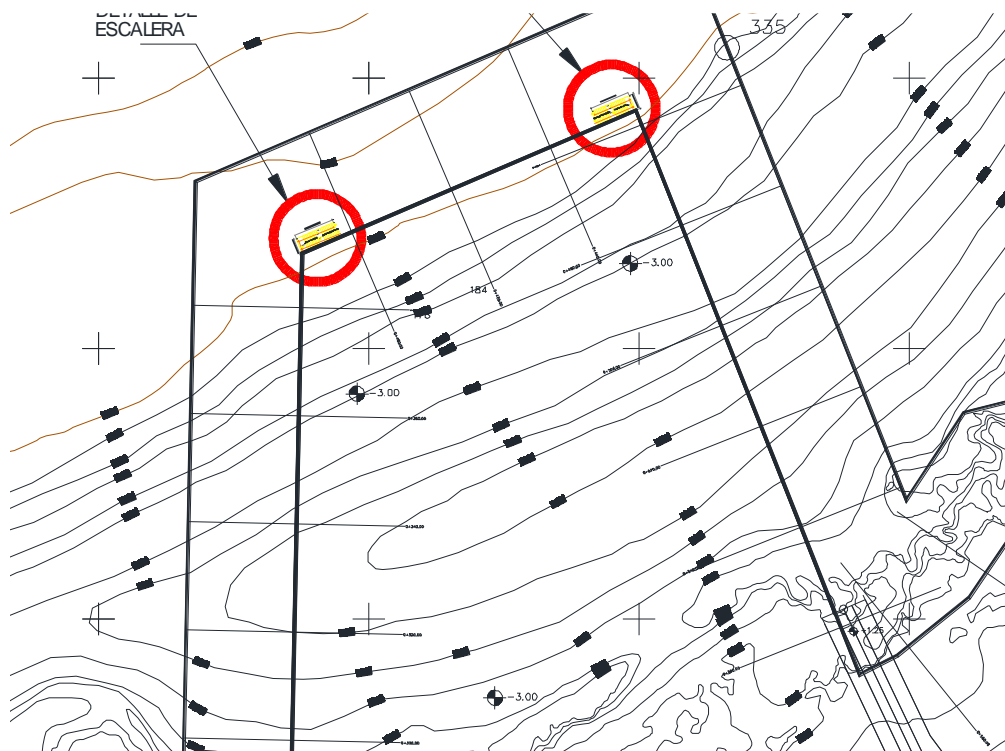


Figura II-26. Vista en planta de las escaleras tipo.

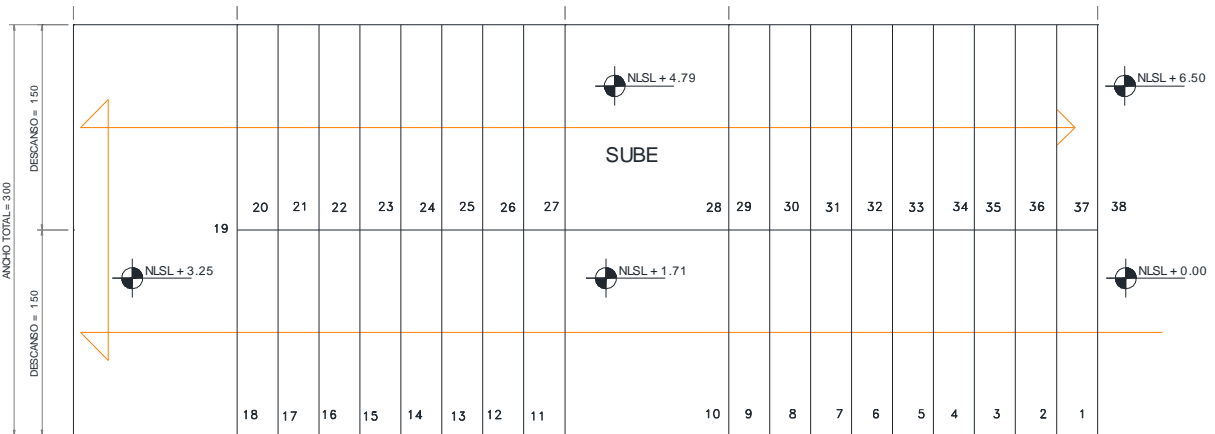
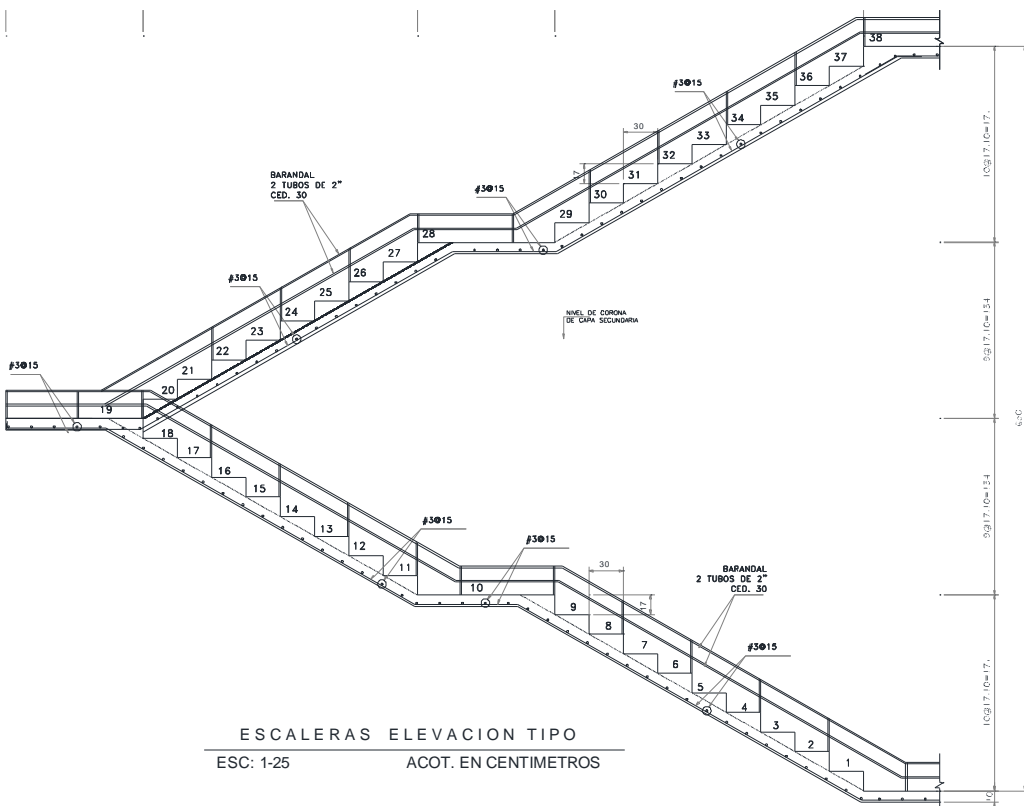


Figura II-27. Vista en alzado de las escaleras tipo.



II.4.5. Muro de contención perimetral

Para proteger el talud y evitar desgajamientos hacia el área de dragado a los -3.00 m del NBM, se construirá un muro de concreto armado, cimentado con zapatas corridas de concreto armado, formando un solo cuerpo.

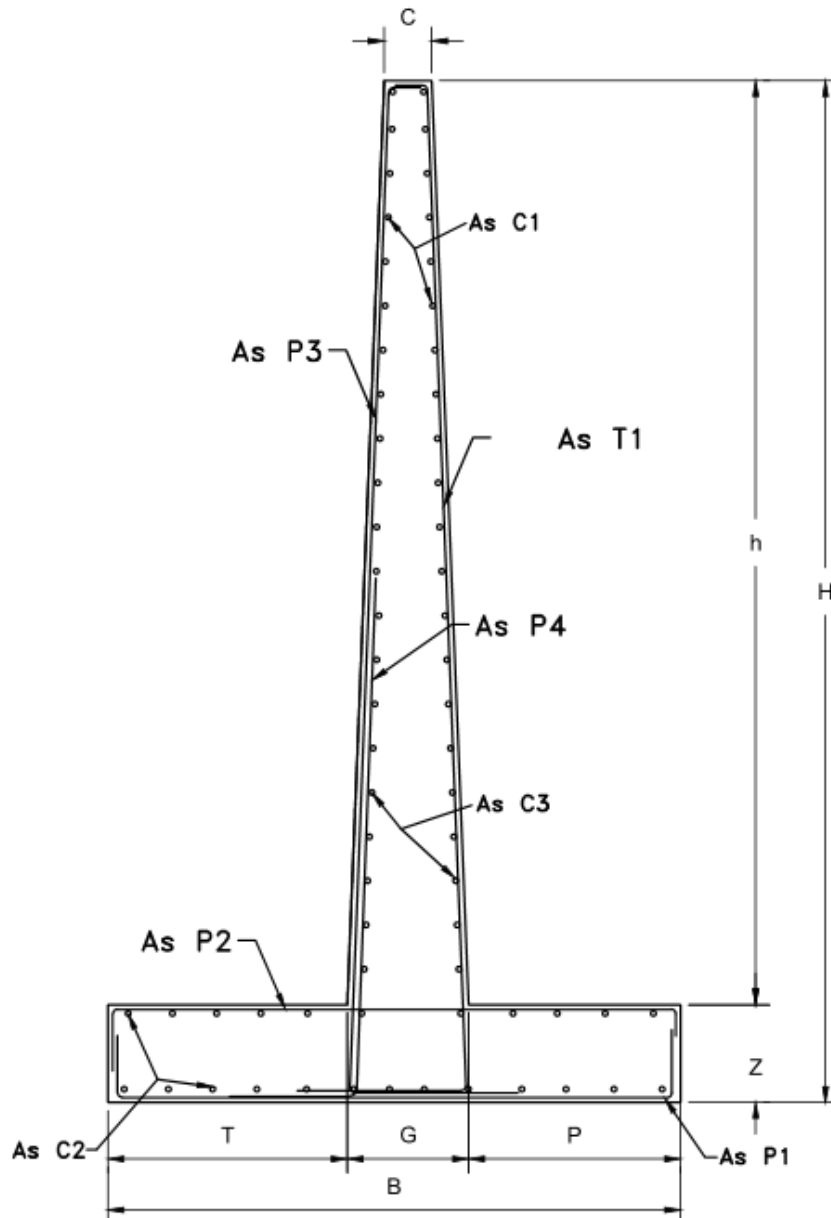
El muro tendrá aproximadamente 640 m de longitud, el nivel superior será de +5.00 y +6.50 m; sin embargo, debido a la topografía del sitio, la altura total del muro será variable, razón por la cual se consideran 11 secciones tipo, la mínima de 4.09 m y la máxima de 10.50 m. El ancho de la corona será de 0.30 m, pero al igual que para la altura, el ancho máximo de la zapata o base, varía según las secciones tipo, siendo la mínima de 2.20 m y la máxima de 7.78 m. La tabla siguiente muestra las dimensiones específicas para cada una de las secciones tipo, la figura subsecuente muestra gráficamente la simbología utilizada en la tabla.

Tabla II-8. Dimensiones del muro de contención acorde a las secciones tipo.
Dimensiones en centímetros.

MURO	C	P	G	T	B	Z	h	H
A	30	320	102	320	778	100	950	1050
B	30	300	VAR.	300	778	100	VAR.	VAR.
C	30	270	91	270	661.5	90	810	900
D	30	220	84	220	551	80	720	800
E	30	180	78	180	462	70	630	700
F	30	150	70	150	390	70	530	600
g	30	116	49	80	245	45	471	516
h	30	118	47	80	245	45	433	478
i	30	104	46	70	220	40	403	443
j	30	105	45	70	220	40	369	409
x	30	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	40	VAR.	VAR.

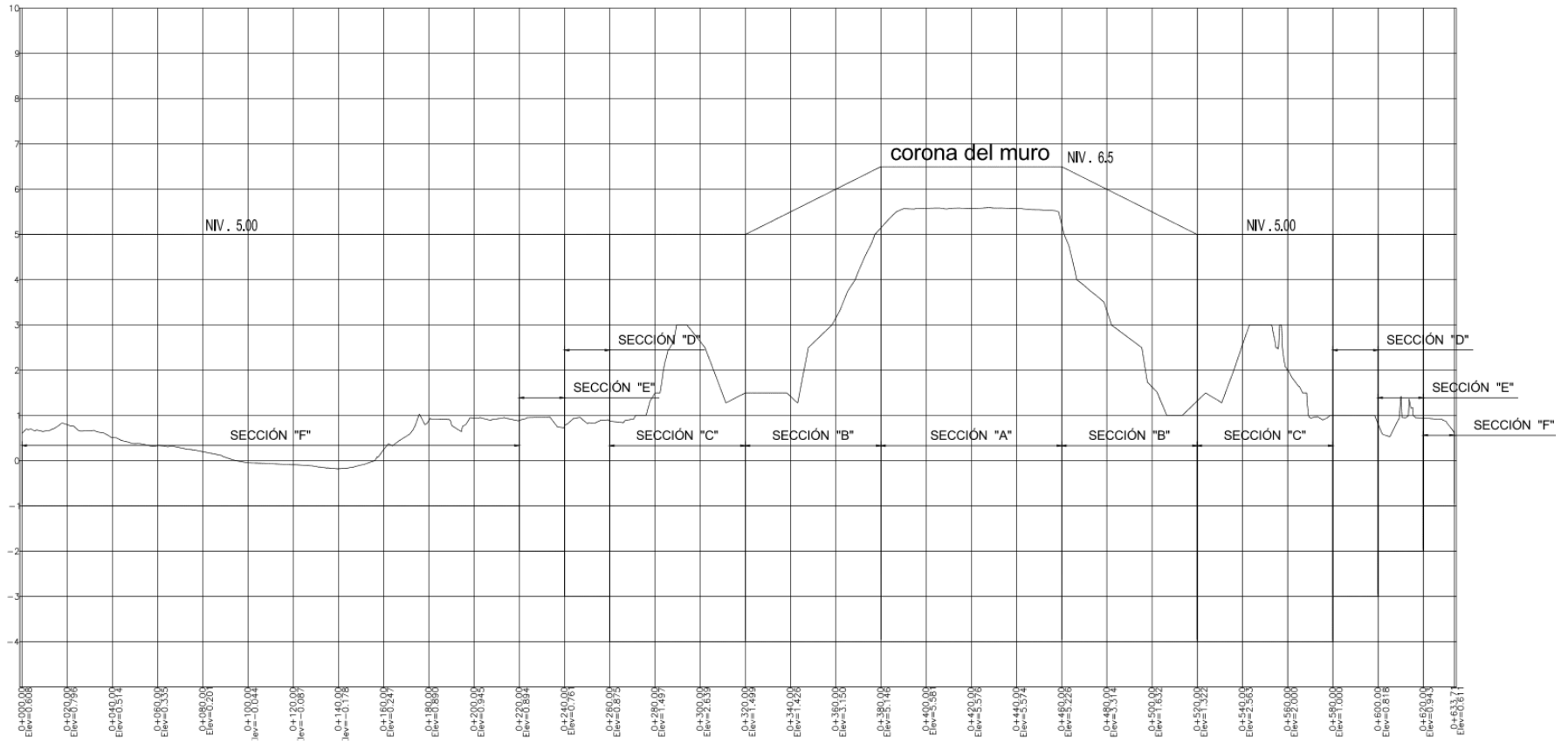
Figura II-28. Sección de muro de contención.

Y simbología utilizada en la tabla de dimensiones.



A continuación se muestra la elevación general del muro de contención perimetral, indicando además la ubicación pretendida para cada sección tipo. Así mismo, se integra plano en anexos para su mejor visualización.

Figura II-29. Elevación general y secciones tipo del muro de contención.



MIA-R

CAPÍTULO II

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

II.5. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se pondrán en operación las instalaciones del proyecto que ofrecerán los servicios de recepción, abrigo y atraque.

Para regular las actividades a realizar en esta etapa del proyecto se establecerán puestos y recursos humanos para organizar y administrar las instalaciones del proyecto.

El Jefe de Marinería, bajo la dependencia y directrices de la Dirección, organizará los usos de las instalaciones del proyecto, con las siguientes competencias:

- Regulará las operaciones de movimiento general de embarcaciones: la entrada, la salida, atracada, varada y circulación de embarcaciones, como también, ordenar la entrada y circulación de vehículos y peatones por el interior del área del proyecto.
- Vigilará los barcos amarrado en el área del proyecto, observando que se mantengan en buen estado de conservación presentación, flotabilidad y seguridad, dando cuenta a la Dirección.
- Facilitará a los servicios administrativos los datos pertinentes para que éste controle la estancia de vehículos, embarcaciones y personas dentro del área del proyecto.
- Organizará, dirigirá y controlará las actividades del proyecto.
- Vigilará y tomará las medidas pertinentes para el correcto funcionamiento del balizamiento del proyecto, así como del funcionamiento y estado de su infraestructura.

- Cumplirá y hará cumplir, en todo momento, las normas de protocolo de seguridad del proyecto, y el plan de emergencia y evacuación. aprobado por la Dirección General de Puertos y Transportes, coordinando las tareas de salvamento y / o extinción de incendios, hasta la llegada de los servicios públicos debidamente autorizados para llevar a cabo estas tareas.
- Recogerá, ordenará y pondrá a disposición de los usuarios del proyecto información meteorológica.

II.5.1. Mantenimiento

El mantenimiento es el conjunto de acciones para mantener un correcto estado de conservación de las instalaciones y procurar que estas funcionen de la forma esperada, tanto para dar un servicio de calidad a los usuarios como para alargar la vida útil del proyecto.

Con una buena planeación del mantenimiento se puede mantener las instalaciones en buen estado de conservación con las mínimas maniobras necesarias; sin embargo, considerando el medio en el que se desarrollará el proyecto existe una alta posibilidad de presentarse eventos extraordinarios que hagan necesario realizar maniobras aunque no formen parte de la planificación original. Es por esto que se establece tanto un mantenimiento programado, como un mantenimiento por eventos extraordinarios, complementariamente, además se consideran medidas contra la contaminación.

Las medidas contra la contaminación contemplan la recolección y el correcto manejo y disposición de desechos generados por las embarcaciones.

II.5.1.1. Mantenimiento programado

Un mantenimiento programado o periódico es el que se planea por el desgaste natural de las instalaciones, en este caso particular también se deben de tener en cuenta el ambiente costero-marino en que se desarrolla el proyecto, además de los esfuerzos que se generan sobre la estructura por la presencia de las embarcaciones.

Entre las actividades que se contemplan como parte del mantenimiento programado, específicamente el mantenimiento a la obra civil, son las siguientes:

- Reparación o sustitución de elementos de amarre.
- Sustitución de cabos de amarre.
- Mantenimiento general de torretas de servicio.
- Sustitución de elementos dañados de pavimentación.
- Sustitución de elementos dañados de muelles, sean del material que fuere.
- Cambio de elementos de seguridad, extintores, escalerillas de salida del mar, aros, boyas, señalizaciones.
- Mantenimiento común de las señales o faros de acceso, incluyendo la sustitución de elementos dañados o fundidos, así como el suministro eléctrico de los mismos.

- Mantenimiento común del fondo marino, revisión de cadenas y muertos de anclaje, y sustitución de los mismos cuando sea necesario.
- Revisión de los elementos de sustento de pantalanes y reparación de anclajes articulados o fijos.
- Acabados en general y pintura.

En el mantenimiento programado también se considera el dragado de mantenimiento, a realizarse con una frecuencia estimada de 6 meses, o siempre que se considere necesario.

II.5.1.2. Mantenimiento por eventos extraordinarios

Es importante tener en cuenta la posibilidad de que se presenten eventos que pueden ocasionar daños inesperados en las instalaciones del proyecto, tales como fenómenos naturales o algún accidente de las embarcaciones.

Tras un fuerte temporal o huracán, pueden producirse daños en las instalaciones del proyecto, o producirse sedimentaciones inesperadas.

Por otro lado, también se pueden producir accidentes en las maniobras de atraque o incendios.

De acuerdo a los daños posibles ante los factores descritos será necesario prever principalmente reconstrucciones, restituciones o dragados de emergencia dependiendo del elemento dañado que se trate y/o el nivel de daño. A

continuación se listan las actividades que pudiesen formar parte del mantenimiento por eventos extraordinarios:

- Labores de dragado por una sedimentación inesperada de arena que obstruyera la operación del proyecto en temporales, algas flotantes y derrelicto.
- Reconstrucción de los diques de abrigo dañados o escollera descalzada.
- Reconstrucción de elementos de señalización, incluyendo las luces o faros de acceso.
- Sustitución de pilotes de soporte de pantalanés o estabilización de soportes.
- Reconstrucción parcial o sustitución de elementos del muelle, pantalanés fijos o flotantes.
- Revisión y en su caso reconstrucción de cadenas y muertos de anclaje.
- Reconstrucción y/o restitución de cualquiera de los servicios como torretas de servicio de agua/luz, canalizaciones de alimentación de servicios, puntos de recogida de residuos.

II.6. DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO DE LAS INSTALACIONES

No se consideran actividades para esta etapa debido a que se prevé que con el correcto mantenimiento de las instalaciones se pueda alargar la vida útil del proyecto. En el momento que el plazo de ejecución del proyecto esté por concluir, se procederá o a realizar los trámites correspondientes para una ampliación de plazo o a presentar, para su aprobación, un programa de abandono de las instalaciones, en ambos casos se hará de acuerdo a la legislación vigente en ese momento.

II.7. RESIDUOS

II.7.1. Generación, manejo y disposición final durante la preparación del sitio y construcción

La tabla siguiente muestra los residuos a generar, así como el manejo y disposición final durante la preparación del sitio y construcción.

Tabla II-9. Residuos a generar durante la preparación del sitio y construcción del proyecto.

Tipo Residuos	Manejo	Disposición final
Residuos de desmonte y despalme y residuos del dragado	Acopio temporal en áreas asociadas a otros proyectos autorizados al mismo grupo corporativo al que pertenece el promovente. Acopio y clasificación de las rocas para aprovecharlas en la configuración de la escollera.	El suelo y restos vegetales se reincorporarán en las áreas verdes cercanas. Configuración de la escollera.
Suelo, rocas de diversos tamaños. Restos de partes vegetales.		
Residuos sólidos no	Almacenamiento temporal en contenedores de 200	Servicios

MIA-R

CAPÍTULO II

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

Tipo Residuos	Manejo	Disposición final
peligrosos	litros rotulados y con tapa en un sitio bajo sombra.	municipales
Papel, empaques de cartón, bolsas y envases de plástico, latas de fierro y aluminio, vidrio, residuos orgánicos	Se considera un factor de generación de basura de 0.45 kg/persona/día.	
Residuos sólidos peligrosos		
Latas o recipientes de plástico (con residuos de pintura, solventes, aceites o lubricantes, anticongelantes, etc.); papel, cartón, estopas y plásticos impregnados con grasas y aceites; filtros para aire, aceite o combustible de las máquinas; baterías para linternas, vehículos o aparatos eléctricos, etc.	Estos residuos se almacenarán temporalmente en contenedores con tapa, a ubicarse en sitios específicos, siguiendo los lineamientos establecidos en la legislación correspondiente, en un sitio bajo sombra, techado y lejos de cualquier fuente de ignición, en donde se acumularán durante un periodo de 3 - 5 meses. Se estima una generación de entre 60 y 70 kg/mes.	Recolección y disposición a cargo de empresa autorizada por la SEMARNAT.
Residuos líquidos	Se instalarán sanitarios portátiles, y la empresa que rente el servicio, al dar el mantenimiento a dichos sanitarios retirará y dispondrá los residuos correspondientes.	A cargo de la misma empresa arrendadora.
Servicios sanitarios		

II.7.2. Generación, manejo y disposición final durante la etapa de operación y mantenimiento

En la siguiente tabla se detallan los residuos a generar durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto.

Tabla II-10. Residuos a generar durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto.

Tipo Residuos	Manejo	Disposición final
---------------	--------	-------------------

Tipo Residuos	Manejo	Disposición final
Residuos no peligrosos Envases, plástico, latas, papel/cartón Vidrio	Sistema de acopio interno: -Red de contenedores distribuidos en el proyecto, donde se puedan depositar de manera separa los residuos papel/cartón, vidrio, envases, residuos orgánicos. Para el caso de las pilas y otros residuos considerados de manejo especial que pudiesen generar durante la operación y mantenimiento del proyecto, se tendrán contenedores asignados.	
Residuos orgánicos		
Pilas	-Uno o varios contenedores de mayor tamaño, denominados puntos de recogida, con el fin de concentrar los residuos, previo a la transferencia. Los puntos de recogida se encontrarán en sitios visibles y de fácil acceso tanto para los usuarios de las instalaciones, como para trabajadores y visitantes, además que estarán alejados de los muelles para evitar que la basura pueda caer al agua, ya sea por descuido o por la acción del agua y del viento. Los contenedores se identificarán mediante leyendas y colores diferentes para los distintos tipos de residuos.	Se transferirán los residuos al sistema de recolección de residuos sólidos urbanos del municipio; para el caso de los residuos de manejo especial, estos se transferirán a una empresa especializada y autorizada en la materia.
Residuos peligrosos		
Filtros de aceite		
Restos de disolventes	El almacenamiento temporal de residuos peligrosos deberá cumplir con las siguientes características:	
Restos de pinturas		
Productos químicos y aditivos para limpieza	-Debe ser cerrado, ya sea en un cuarto cerrado, un sitio techado o almacenarse en contenedores cerrados herméticamente.	
Tubos fluorescentes	-El piso debe ser impermeable, por ejemplo cemento o concreto.	
Baterías		
Absorbentes y trapos contaminados	-Debe contar con algún sistema de recuperación frente a posibles derrames, ya sea por cubeto de retención, zanja perimetral con drenajes conectados a un registro estanco, etc.	Empresa especializada.
Envases de plástico contaminados	Se utilizarán contenedores herméticos y específicos para cada uno de los diferentes tipos de residuos peligrosos que se prevea generar; además, los contenedores deben estar etiquetados.	
Envases metálicos contaminados		
Elementos pirotécnicos de navegación		
Aceites usados, grasas		

Tipo Residuos	Manejo	Disposición final
Marpol MARPOL I (aguas oleosas) MARPOL IV (aguas sucias)	<p>En el caso de los residuos MARPOL tipo I, el acopio se realizará en depósitos donde se almacenarán temporalmente las aguas oleosas.</p> <p>Los residuos MARPOL IV se acopiarán en tanques de almacenamiento, siempre que sea posible conectarlos al drenaje. De no ser posible la conexión, los tanques deberán ser estancos y vaciados periódicamente por una empresa especializada y autorizada.</p>	<p>Empresa especializada y autorizada para su tratamiento y destino final o reutilización.</p>

CAPÍTULO III

VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES

Manifestación de Impacto Ambiental,

Modalidad Regional

Proyecto “Sol de Selva”

CONTENIDO

III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES	4
III.1. INTRODUCCIÓN	4
III.2. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	5
III.3. Leyes y Reglamentos Federales	8
III.3.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	9
III.3.2. Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional	11
III.3.3. Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental	15
III.3.4. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	19
III.3.5. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	22
III.3.6. Ley General de Cambio Climático	23
III.3.7. Ley de Aguas Nacionales	24
III.3.8. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales	25
III.3.9. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental	25
III.3.10. Ley General de Vida Silvestre	26
III.3.11. Ley General de Bienes Nacionales	28
III.3.12. Reglamento para el uso y aprovechamiento del mar territorial, vías navegables, playas, zona federal marítima terrestre y terrenos ganados al mar	30
III.3.13. Ley de Puertos	34
III.3.14. Reglamento de la Ley de Puertos	34
III.4. Normas Oficiales Mexicanas	35
III.5. Programas de Ordenamiento Ecológico	37
III.5.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio	38
III.5.2. Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe	46
III.5.3. Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad (POELMS)	93
III.5.4. Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Playa del Carmen, Quintana Roo, 2010-2050	116
III.5.5. Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Solidaridad 2010-2050 (PMDUS)	123
III.6. Vinculación con las políticas e instrumentos de planeación del desarrollo en la región.	126
III.6.1. Plan Nacional de Desarrollo 2013 - 2018	126
III.6.2. Plan Estatal de Desarrollo de Quintana Roo 2016-2022	127
III.7. Áreas Naturales Protegidas	130
III.7.1. Áreas Naturales protegidas de jurisdicción Federal cercanas al proyecto	131
III.7.2. Áreas Naturales Protegidas de jurisdicción Estatal cercanas al proyecto.	133

MIA-R

CAPÍTULO III

Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

FIGURAS

FIGURA III-1. PROYECTOS EXISTENTES Y AUTORIZADOS EN EL SAR DEL PROYECTO.	14
FIGURA III-2. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO.	40
FIGURA III-3. MODELO DE ORDENAMIENTO EN UNIDADES DE GESTIÓN AMBIENTAL POEMYRGMVMC.	49
FIGURA III-4. UBICACIÓN DEL PROYECTO EN RELACIÓN CON LAS UGA'S DEL POEMYRGMVMC.	49
FIGURA III-5. ROSAS DE CORRIENTE EN SUPERFICIE, MEDIO Y FONDO, REGISTRADAS EN LA ESTACIÓN ADCP AQUADOP ENTRE EL 2 Y EL 6 DE AGOSTO DEL 2016.	71
FIGURA III-6. SERIES DE TIEMPO DE VARIACIÓN DE LA SUPERFICIE LIBRE, COMPONENTES U (E-W) Y V (N-S) REGISTRADAS EN LA ESTACIÓN ADCP AQUADOP ENTRE EL 2 Y EL 6 DE AGOSTO DEL 2016.	72
FIGURA III-7. ESTACIONES DE MUESTREO PARA LA VALIDACIÓN DE ZONAS DE ARRECIFE DE CORAL.	76
FIGURA III-8. TRANSECTO DE MUESTREO 4.	76
FIGURA III-9. ESTACIONES DE MUESTREO PARA LA VALIDACIÓN DE PASTOS MARINOS.	77
FIGURA III-10. ESTACIONES TRANSECTO DE MUESTREO 4.	77
FIGURA III-11. TRANSECTO 10 PRESENCIA DE HIDROIDES Y OCTOCORALES.	79
FIGURA III-12. UBICACIÓN DEL PROYECTO CON RELACIÓN AL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD.	95
FIGURA III-13. UBICACIÓN DEL PROYECTO EN LA ZONIFICACIÓN DEL PDU DEL CENTRO DE POBLACIÓN PLAYA DEL CARMEN, QUINTANA ROO 2010-2050.	117
FIGURA III-14. PLANO DEL POLÍGONO PUERTO XCARET.	118
FIGURA III-15. UBICACIÓN DEL PROYECTO EN LA ZONIFICACIÓN DEL PMDU DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD.	124
FIGURA III-16. UBICACIÓN DEL PROYECTO CON RESPECTO AL ANP RESERVA DE LA BIOSFERA DENOMINADA "CARIBE MEXICANO".	132
FIGURA III-17. UBICACIÓN DEL PROYECTO CON RESPECTO AL ANP ESTATAL EL PARQUE NATURAL "LAGUNA CHANKANAAB".	133
FIGURA III-18. UBICACIÓN DEL PROYECTO CON RELACIÓN A LOS SITIOS RAMSAR.	135

TABLAS

TABLA III-1. ARTÍCULOS DE LA LGEEPA EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL APLICABLES AL PROYECTO.	9
TABLA III-2. ARTÍCULOS EN MATERIA REGLAMENTO DE LA LGEEPA EN MATERIA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL APLICABLES.	15
TABLA III-3. ARTÍCULOS APLICABLES AL PROYECTO EN MATERIA LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS APLICABLES AL PROYECTO.	19
TABLA III-4. ARTÍCULOS APLICABLES AL PROYECTO EN MATERIA DEL REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS APLICABLES AL PROYECTO.	22
TABLA III-5. ARTÍCULOS EN MATERIA DE LA LEY GENERAL DE CAMBIO CLIMÁTICO APLICABLES AL PROYECTO.	24
TABLA III-6. ARTÍCULOS EN MATERIA DE LEY DE AGUAS NACIONALES APLICABLES AL PROYECTO.	24
TABLA III-7. VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON EL REGLAMENTO DE LA LEY DE AGUAS NACIONALES.	25

MIA-R

CAPÍTULO III

Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

TABLA III-8. ARTÍCULOS DE LA LEY FEDERAL DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL APLICABLES AL PROYECTO.	26
TABLA III-9. ARTÍCULOS DE LA LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE APLICABLES AL PROYECTO.	27
TABLA III-10. ARTÍCULOS DE LA LEY GENERAL DE BIENES NACIONALES APLICABLES AL PROYECTO.	29
TABLA III-11. ARTÍCULOS DEL REGLAMENTO PARA EL USO Y APROVECHAMIENTO DEL MAR TERRITORIAL, VÍAS NAVEGABLES, PLAYAS, ZONA FEDERAL MARÍTIMA TERRESTRE Y TERRENOS GANADOS AL MAR APLICABLES AL PROYECTO.	30
TABLA III-12. ARTÍCULOS DE LA LEY DE PUERTOS APLICABLES AL PROYECTO.	34
TABLA III-13. ARTÍCULOS DEL REGLAMENTO DE LA LEY DE PUERTOS APLICABLES AL PROYECTO.	35
TABLA III-15. VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON RESPECTO A LA NORMATIVIDAD AMBIENTAL APLICABLE.	35
TABLA III-16. UNIDAD AMBIENTAL BIOFÍSICA APLICABLE AL PROYECTO.	39
TABLA III-17. VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LAS ESTRATEGIAS DEL POEGT.	41
TABLA III-18. UNIDADES DE GESTIÓN AMBIENTAL DE INTERÉS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO.	50
TABLA III-19. VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON RESPECTO A LAS ACCIONES GENERALES.	51
TABLA III-20. VINCULACIÓN DE LAS OBRAS CON RESPECTO A LAS ACCIONES ESPECÍFICAS.	60
TABLA III-21. CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA “ZONA COSTERA INMEDIATA DEL MAR CARIBE”.	75
TABLA III-22. CRITERIOS DE LA “ZONA COSTERA INMEDIATA AL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD”.	81
TABLA III-23. TABLA DE COMPATIBILIDAD DE USOS DE SUELO DEL POELMS.	95
TABLA III-24. CRITERIOS DE REGULACIÓN APLICABLES A LA UGA 10 DE ACUERDO CON EL POELMS.	96
TABLA III-25. CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA DE APLICACIÓN GENERAL DEL POELMS.	97
TABLA III-26. CRITERIOS APLICABLES A LA UGA 10 DEL POELMS.	107
TABLA III-27. CRITERIOS ECOLÓGICOS DE REGULACIÓN URBANA APLICABLES A LA UGA 10 DEL POELMS.	109
TABLA III-28. USOS Y DESTINOS PERMITIDOS EN LAS UNIDADES TR2*A-01 Y TR2*A-08 CONTENIDOS EN EL PDU DEL CENTRO DE POBLACIÓN PLAYA DEL CARMEN, QUINTANA ROO 2010-2050.	119
TABLA III-29. TABLA DE COMPATIBILIDADES E INCOMPATIBILIDADES DEL PMDUS.	125
TABLA III-30. ESTRATEGIAS Y LÍNEAS DE ACCIÓN DEL PND VINCULANTES AL PROYECTO.	127

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

III.1. INTRODUCCIÓN

El proceso de Evaluación del Impacto Ambiental se lleva a través de la presentación de una Manifestación de Impacto Ambiental (MIA), la cual se define conforme a la fracción XXI del artículo 3° de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente como: *“El documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo”*.

Por lo antes mencionado, en la vinculación que se expone en el presente Capítulo tiene como propósito principal demostrar el cumplimiento del proyecto a la legislación ambiental y evidenciar su compatibilidad con los diversos ordenamientos de carácter Federal, Estatal e inclusive Municipal que en función de la ubicación del sitio del proyecto, resultan aplicables, en cuanto a la procedencia para obtener la autorización en materia de impacto ambiental, así como a los usos y aprovechamientos de suelo.

En este tenor y de conformidad con lo establecido en el artículo 35 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y el artículo 13 de su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, el proyecto debe ser vinculado con las diferentes disposiciones jurídicas ambientales aplicables, como son programas de desarrollo urbano y de ordenamiento ecológico del territorio, las declaratorias de

áreas naturales protegidas y las demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables.

Lo anterior, considerando que el presente proyecto consiste en la construcción y operación de un recinto portuario integrado por un conjunto de instalaciones, marítimas y terrestres destinadas a la recepción y abrigo a embarcaciones de recreo, turísticas y/o deportivas; en la que se construirá rompeolas de escolleras de dos brazos como obras de protección; además de realizar dragados y excavaciones para generar un área navegable para las embarcaciones.

Por lo antes mencionado, en las subsecuentes páginas, se expondrá la vinculación del proyecto con los diversos instrumentos jurídicos en observancia en primer lugar de Nuestra Carta Suprema.

III.2. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) es la ley fundamental del Estado Mexicano. En ella se establecen los derechos y obligaciones esenciales de los ciudadanos y los gobernantes, se trata de la norma jurídica suprema y ninguna otra ley, precepto legal o disposición pueden contravenir lo que en ella se expresa.

Los artículos que inciden de manera general en y durante la ejecución del proyecto son:

“Artículo 25.- Corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que este sea integral y sustentable, que fortalezca la soberanía de la nación y su régimen democrático y que, mediante el fomento del crecimiento económico y el empleo y una más justa distribución del ingreso y la riqueza, permita el pleno ejercicio de la libertad y la dignidad de los individuos, grupos y clases sociales, cuya seguridad protege. (...)

El Estado planeará, conducirá, coordinará y orientará la actividad económica nacional, y llevará a cabo la regulación y fomento de las actividades que demande el interés general en el marco de libertades que otorga la Constitución. (...)

Bajo criterios de equidad social y productividad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente. (...)

Artículo 26.-

A. El Estado organizará un sistema de planeación democrática del desarrollo nacional que imprima solidez, dinamismo, permanencia y equidad al crecimiento de la economía para la independencia y la democratización política, social y cultural de la nación.

Los fines del proyecto nacional contenidos en la Constitución determinarán los objetivos de la planeación. Habrá un Plan Nacional de Desarrollo al que se sujetarán obligatoriamente los programas de la administración pública federal.

La ley facultará al ejecutivo para que establezca los procedimientos de participación y consulta popular en el sistema nacional de planeación democrática, y los criterios para la formulación, instrumentación, control y evaluación del Plan y los Programas de Desarrollo. (...)

En materia ambiental, el artículo 27 de la CPEUM, establece que la Nación tendrá en todo tiempo el derecho de dictar las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la

fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico.

“Artículo 27.- (...)

*La nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana. En consecuencia, se dictaran las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico; (...) y de las demás actividades económicas en el medio rural, y para evitar la destrucción de los elementos naturales y los daños que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la sociedad.
(...)”*

El proyecto se ajusta a las disposiciones emanadas de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en tanto que a través de la elaboración de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, se coadyuva con la metas buscadas por el Gobierno Federal en materia de planeación y regulación de actividades, estableciendo con la ejecución del presente proyecto, la propuesta de implementación de una estrategia de medidas tendientes a la preservación y mantenimiento del equilibrio ecológico.

III.3. Leyes y Reglamentos Federales

El sistema jurídico mexicano está conformado por una serie de Leyes de corte Federal y Estatal y sus reglamentos, diversos códigos de los que se desprenden permisos, licencias y autorizaciones, además de normas oficiales mexicanas que establecen parámetros, límites máximos permisibles y procedimientos.

Particularmente en materia ambiental, el artículo 27 Constitucional referido con antelación, establece que la Nación tendrá en todo tiempo el derecho de dictar las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico.

En este orden de ideas, el artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, establece que la regulación ambiental deberá comprender el conjunto de normas, disposiciones y medidas de carácter ambiental que las autoridades deberán determinar (Federación, Estados y Municipios), con objeto de mantener, mejorar y restaurar el equilibrio del medio natural, a fin de propiciar una mejor calidad de vida de la población.

De esta manera, la citada Ley prevé un procedimiento de evaluación en materia de impacto ambiental a través del cual se establecen las condiciones a que se sujetarán la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el ambiente.

Para ello, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las obras o actividades listadas en dicho ordenamiento, como se trata del presente caso, requerirán previamente la

autorización en materia de impacto ambiental, por lo que en cumplimiento a las disposiciones jurídicas en materia de impacto ambiental, se realiza la siguiente vinculación.

III.3.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

En el marco de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) es un instrumento de Política Ambiental, cuyo objeto es evaluar previamente a su realización aquellas obras o actividades que puedan provocar un desequilibrio ecológico en las áreas pretendidas para su realización, es decir, tiene un carácter preventivo cuyo marco jurídico se encuentra regulado en la presente Ley con la cual se vinculará el proyecto, por tratarse de una obra o actividad competencia de Federación y que requiere de manera previa a su realización de someterse al procedimiento de evaluación del impacto ambiental para obtener su autorización correspondiente, por lo que a continuación se presenta la vinculación del proyecto con las disposiciones jurídicas que de esta Ley se han considerado aplicables al proyecto.

Tabla III-1. Artículos de la LGEEPA en materia de impacto ambiental aplicables al proyecto.

Artículo	Vinculación con el proyecto
Artículo 15. <i>Fracción IV. Quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar el ambiente, está obligado a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, así como a asumir los costos que dicha afectación implique.</i>	El presente proyecto sujeto a evaluación en materia de impacto ambiental, se ajusta al cumplimiento del artículo en cita, ya que dentro del cuerpo de la MIA-R se han considerado las acciones y/o medidas para la prevención y mitigación de los posibles impactos ambientales que pudiera ocasionar el desarrollo del proyecto (Ver capítulo V y VI de la presente MIA-R).
Artículo 28. <i>(...) quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:</i>	El proyecto se vincula con la presente Ley y su Reglamento en materia de Evaluación de Impacto Ambiental, de acuerdo con la naturaleza de las obras y actividades, así como la ubicación de las mismas, las cuales se encuentran asociadas al sector turístico dentro de un ecosistema costero. Asimismo, aunado a

MIA-R

CAPÍTULO III

Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p>I. Obras hidráulicas, vías generales de comunicación, oleoductos, gasoductos, carboductos y poliductos;</p> <p>(...)</p> <p>VII. Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas;</p> <p>(...)</p> <p>IX.- Desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros;</p> <p>X. Obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales;</p> <p>(...)</p>	<p>que el proyecto pretende acciones específicas en la zona marina y terrestre, se actualizan los supuestos jurídicos del artículo 28, fracciones I, VII, IX y X, las cuales requieren previamente de la autorización en materia de impacto ambiental, razón por la que a través de la presentación de la MIA-R, se somete al procedimiento de evaluación del impacto ambiental.</p>

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

(...)

El proyecto se ajusta al precepto establecido en el artículo en cita, ya que, para obtener la autorización en materia de impacto ambiental, se presenta para su respectiva evaluación en materia de impacto ambiental la presente Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Regional.

La manifestación de impacto ambiental presentada para su evaluación incluye una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por el desarrollo del proyecto, así como las estrategias ambientales definidas como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.

Artículo 121.- *No podrán descargarse o infiltrarse en cualquier cuerpo o corriente de agua o en el suelo o subsuelo, aguas residuales que contengan contaminantes, sin previo tratamiento y el permiso o autorización de la autoridad federal, o de la autoridad local en los casos de descargas en aguas de jurisdicción local o a los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población.*

En las etapas de preparación de sitio y construcción las aguas de desecho que se contempla generar serán las producidas por la estancia de trabajadores en la zona de obras; para su disposición se contratarán sanitarios portátiles. Los residuos de estas etapas serán manejados por una empresa prestadora del servicio, por lo que se da cumplimiento a la presente disposición jurídica.

Artículo 151.- *La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contrate los servicios de manejo y disposición final de los residuos peligrosos con empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la*

El proyecto considera la implementación de un Programa de Manejo Integral de Residuos, en el que se incluye entre otros manejos el de residuos peligrosos, para ello se contratarán los servicios de una empresa acreditada prestadora de servicios de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos generados durante el desarrollo del

MIA-R

CAPÍTULO III

Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

Artículo	Vinculación con el proyecto
<i>responsabilidad por las operaciones será de éstas independientemente de la responsabilidad que, en su caso, tenga quien los generó.</i>	proyecto, verificándose previamente que cuente con los permisos correspondientes por parte de la SEMARNAT u otras autoridades, según sea el caso.
<p>Artículo 151 BIS. - <i>Requiere autorización previa de la Secretaría:</i></p> <p><i>I.- La prestación de servicios a terceros que tenga por objeto la operación de sistemas para la recolección, almacenamiento, transporte, reúso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de residuos peligrosos;</i></p> <p><i>II.- La instalación y operación de sistemas para el tratamiento o disposición final de residuos peligrosos, o para su reciclaje cuando éste tenga por objeto la recuperación de energía, mediante su incineración, y</i></p> <p><i>III.- La instalación y operación, por parte del generador de residuos peligrosos, de sistemas para su reúso, reciclaje y disposición final, fuera de la instalación en donde se generaron dichos residuos.</i></p>	La empresa especializada prestadora de servicio de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos generados deberá estar debidamente acreditada y contar con las autorizaciones correspondientes, situación que será verificada por la promovente, por lo que, durante la fase de preparación y construcción, así como de operación se verificará periódicamente que dichos permisos se encuentren vigentes y en cumplimiento ante las autoridades competentes.

De acuerdo con lo anterior, el proyecto se ajusta a los preceptos establecidos en los artículos citados de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), por lo que la modalidad de presentación de la manifestación de impacto ambiental, es la correcta (Regional), lo cual también podrá corroborarse con el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental; así como también por competencia y en términos del Reglamento Interior de la SEMARNAT, es ésta a través de la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental la autoridad competente y con facultades de para conocer del procedimiento de evaluación del impacto ambiental y en su caso, emitir la autorización correspondiente.

III.3.2. Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional

De acuerdo con lo anterior, el proyecto se ajusta a los preceptos establecidos en los artículos citados de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), por lo que la modalidad de presentación de la manifestación de impacto ambiental, es la correcta (Regional), lo cual también podrá corroborarse con el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA), pues con el desarrollo del proyecto y dado que se tiene conocimiento de la existencia de otros proyectos en la zona, los impactos ambientales que pudieran generarse por el desarrollo de éste en la zona de Tulum son de tipo acumulativos, el cual se ha definido por el REIA, en su artículo 3, fracción VII, como sigue:

“Artículo 3o.- Para los efectos del presente reglamento se considerarán las definiciones contenidas en la ley y las siguientes:

(...)

VII. Impacto ambiental acumulativo: El efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente;(...)”

Vista la transcripción anterior y dado que el desarrollo del presente proyecto participará de los impactos ambientales generados en el pasado, así como de aquellos que se generan actualmente por otros proyectos, es motivo por el cual se está ante la presencia de impactos acumulativos, de tal manera que la modalidad de la manifestación de impacto ambiental que se presenta es la correcta, lo que guarda congruencia con lo dispuesto por el artículo 11, del REIA, fracción IV, cuya literalidad es la siguiente:

“Artículo 11.- Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la modalidad regional cuando se trate de:

(...)

IV. Proyectos que pretendan desarrollarse en sitios en los que por su interacción con los diferentes componentes ambientales regionales, se prevean impactos acumulativos, sinérgicos o residuales que pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas. (...)”

De los supuestos contenidos en el artículo anterior, se tiene que, proyectos que pretendan desarrollarse en sitios en los que por su interacción con los diferentes componentes ambientales regionales, se prevean impactos acumulativos; al respecto, esta primera parte del artículo se actualiza en el caso que nos ocupa, ante la existencia de otros proyectos, obras y actividades realizadas y que se realizan actualmente en la zona en la que se pretende llevar a cabo el proyecto propuesto, dando lugar a que se eleve la petición de autorización en materia de impacto ambiental, a través de una manifestación de impacto ambiental, en su modalidad regional.

Por otra parte, tal y como se muestra en la siguiente imagen, solo una pequeña fracción del SAR, donde el proyecto pretende desarrollarse es un área urbana costera en la que se presentan hoteles, vías de comunicación, servicios e infraestructura urbana en operación que requieren del uso de recursos naturales como agua y generan residuos urbanos, además de los derivados de la densidad poblacional presente diariamente en el área y el propio SAR.

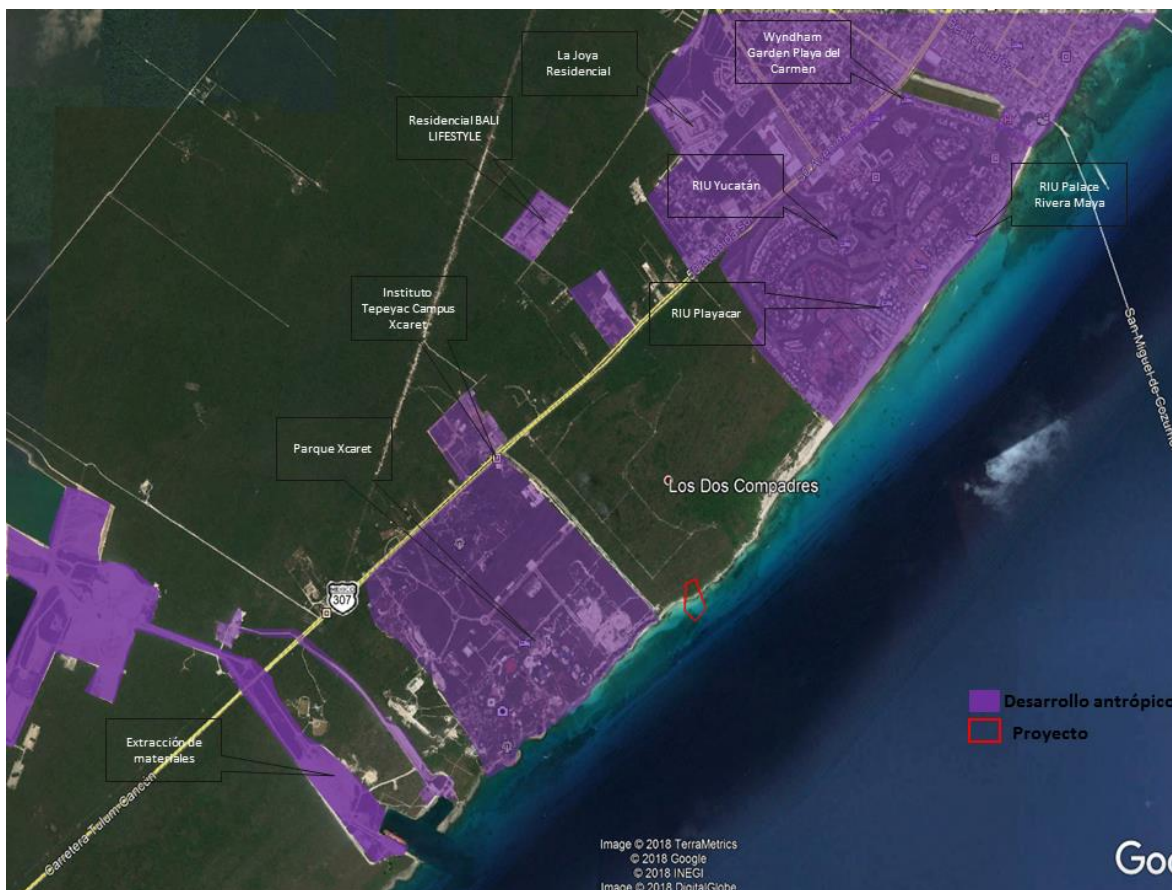


Figura III-1. Proyectos existentes y autorizados en el SAR del proyecto.

Para mayor abundamiento, en el capítulo V de la MIA-R se presenta los impactos acumulativos que se identificaron y analizaron.

Para mayor claridad, el proyecto, y conforme lo explicado anteriormente, se ubica en un sitio que presenta interacciones con diferentes componentes ambientales de amplitud regional (Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera del “Caribe Mexicano”) y además ocurren actualmente impactos ambientales de naturaleza similar a los que potencialmente el proyecto pudiera ocasionar y consecuentemente se da el supuesto de la acumulación o en su caso sinergia.

Por lo antes señalado, conforme a la fracción XXI del artículo 3° de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente una MIA se define como: “El documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo”.

Bajo las anteriores consideraciones, es competente conocer para su evaluación en materia de impacto ambiental, la presente Manifestación de Impacto Ambiental, en observancia del artículo 28 del Reglamento Interior de la SEMARNAT a la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental.

III.3.3. Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental

El Artículo 28 de la LGEEPA, establece que es el Reglamento de dicho ordenamiento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, el que determina cuales son las obras o actividades, que por su ubicación, dimensiones, características o alcances puedan producir impactos ambientales significativos, desequilibrios ecológicos, o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones jurídicas, y de igual forma también determina cuales son aquellas obras o actividades que no deban sujetarse al proceso de evaluación de impacto.

De acuerdo con sus características, el proyecto se ajusta con lo establecido en el artículo 5 del Reglamento en cuestión, así como también se ajusta a otras disposiciones jurídicas las cuales establecen lo siguiente:

Tabla III-2. Artículos en materia Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental aplicables.

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p>Artículo 5. <i>Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades,</i></p> <p>MIA-R</p>	<p style="color: red;">CAPÍTULO III</p> <p>Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables</p>

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><i>requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:</i></p> <p>A) HIDRÁULICAS:</p> <p>(...)</p> <p><i>III. Proyectos de construcción de muelles, canales, escolleras, espigones, bordos, dársenas, represas, rompeolas, malecones, diques, varaderos y muros de contención de aguas nacionales, (...)</i></p> <p><i>X. Obras de dragado de cuerpos de agua nacionales;</i></p> <p>(...)</p> <p>O) CAMBIOS DE USO DEL SUELO DE ÁREAS FORESTALES, ASÍ COMO EN SELVAS Y ZONAS ÁRIDAS:</p> <p><i>I. Cambio de uso de suelo para actividades agropecuarias, acuícolas, de desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana, de vías generales de comunicación o para el establecimiento de instalaciones comerciales, industriales o de servicios en predios con vegetación forestal, con excepción de la construcción de vivienda unifamiliar y del establecimiento de instalaciones comerciales o de servicios en predios menores a 1000 metros cuadrados, cuando su construcción no implique el derribo de arbolado en una superficie mayor a 500 metros cuadrados, o la eliminación o fragmentación del hábitat de ejemplares de flora o fauna sujetos a un régimen de protección especial, de conformidad con las normas oficiales mexicanas y otros instrumentos jurídicos aplicables;</i></p> <p>(...)</p> <p>Q) DESARROLLOS INMOBILIARIOS QUE AFECTEN LOS ECOSISTEMAS COSTEROS:</p> <p><i>Construcción y operación de hoteles, condominios, villas, desarrollos habitacionales y urbanos, restaurantes, instalaciones de comercio y servicios en general, marinas, muelles, rompeolas, campos de golf, infraestructura turística o urbana, vías generales de comunicación, obras de restitución o recuperación de playas, o arrecifes artificiales, que afecten ecosistemas costeros, (...)</i></p>	<p>Por las consideraciones expuestas en el Capítulo II de la presente MIA, referentes a las características del proyecto, es que, de manera previa a cualquier obra y actividad relacionada con el mismo, se presenta la MIA-R para su evaluación y correspondiente autorización por parte de la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA).</p> <p>Dentro de las actividades que tiene incluidas para el presente proyecto se encuentra la construcción y operación de una instalación portuaria, integrada por un conjunto de instalaciones marítimas y terrestres destinadas a la recepción, el abrigo y la prestación de servicios a embarcaciones de recreo, turísticas y/o deportivas, por lo que al encuadrar dichas instalaciones en el artículo 5, incisos A) fracción III, O) fracción I, Q) y R), fracción I transcrito, es que se somete al procedimiento de evaluación del impacto ambiental el presente proyecto.</p>

Artículo	Vinculación con el proyecto
----------	-----------------------------

R) OBRAS Y ACTIVIDADES EN HUMEDALES, MANGLARES, LAGUNAS, RÍOS, LAGOS Y ESTEROS CONECTADOS CON EL MAR, ASÍ COMO EN SUS LITORALES O ZONAS FEDERALES:

- I. Cualquier tipo de obra civil, con excepción de la construcción de viviendas unifamiliares para las comunidades asentadas en estos ecosistemas, y
- II. Cualquier actividad que tenga fines u objetivos comerciales, con excepción de las actividades pesqueras que no se encuentran previstas en la fracción XII del artículo 28 de la Ley, y que de acuerdo con la Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables y su reglamento no requieren de la presentación de una manifestación de impacto ambiental, así como de las de navegación, autoconsumo o subsistencia de las comunidades asentadas en estos ecosistemas.”

Artículo 10.- Las manifestaciones de impacto ambiental deberán presentarse en las siguientes modalidades:

- I.- Regional, o
- II.- Particular.

Como se observa, la conceptualización del proyecto, hacen que el mismo sea concebido en la modalidad Regional, ya que el proyecto comprende una serie de obras y actividades en una región ecológica.

Artículo 11.- La manifestación de impacto ambiental se presentará en la modalidad regional cuando se trate de:

(...)

- III. Un conjunto de proyectos de obras y actividades que pretendan realizarse en una región ecológica determinada, y (...)

El conjunto de obras y actividades hacen que el proyecto tenga que ser evaluado con una visión regional, por parte de la DGIRA con objeto de obtener la autorización en Materia de Impacto y Riesgo Ambiental.

Artículo 13.- La manifestación de impacto ambiental, en su modalidad regional, deberá contener a rasgos generales la siguiente información:

- I. Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental;
- II. Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo;
- III. Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables;

El proyecto cumple con el alcance del precepto reglamentario en cita, ya que para aspirar a la viabilidad del proyecto y autorización correspondiente, el promovente de manera previa a cualquier obra y actividad, ha procedido a la elaboración de una Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Regional, a través de la cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental que pudiera generar el mantenimiento de cuartos, la remodelación para conformar dos Centros de Negocios y la instalación de una palapa en la zona federal marítimo terrestre, así como la forma de evitar o atenuar los mismos dentro del marco de evaluación de impacto ambiental.

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p>IV. Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región;</p> <p>V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional;</p> <p>VI. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional;</p> <p>VII. Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas, y</p> <p>VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental.”</p>	
<p>Artículo 44. Al evaluar las manifestaciones de impacto ambiental la Secretaría deberá considerar:</p> <p>I. Los posibles efectos de las obras o actividades a desarrollarse en el o los ecosistemas de que se trate, tomando en cuenta el conjunto de elementos que los conforman, y no únicamente los recursos que fuesen objeto de aprovechamiento o afectación;</p> <p>II. La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos, y</p> <p>III. En su caso, la Secretaría podrá considerar las medidas preventivas, de mitigación y las demás que sean propuestas de manera voluntaria por el solicitante, para evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.</p>	<p>En el capítulo IV de la presente MIA-R, se describen las condiciones actuales del sistema ambiental, lo cual nos da una idea general de que tan conservadas o perturbadas se encuentran las zonas en que se desarrollará el proyecto. Una vez descrito el medio ambiente, se podrán determinar los posibles impactos que puedan ser ocasionados al entorno en función del tipo de obras y/o actividades que conforman al proyecto.</p> <p>Cabe destacar, que el sitio del proyecto no se ubica dentro de algún Área Natural Protegida, lo anterior, aunado al análisis ambiental del sitio debido a determinación de su estado, así como de las medidas y acciones de mitigación y compensación permiten minimizar la posible afectación en la funcionalidad del ecosistema.</p> <p>Asimismo, está el compromiso a evaluar las medidas y mejoras que la autoridad considere pertinentes para determinar la factibilidad del presente proyecto.</p>
<p>Artículo 47.- La ejecución de la obra o la realización de la actividad de que se trate, deberá sujetarse a lo previsto en la resolución respectiva, en las normas oficiales mexicanas que al efecto se expidan y en las demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables.</p>	<p>El proyecto se sujetará a lo dispuesto en la resolución respectiva, en el caso de una autorización a favor del mismo, así como lo establecido en las normas oficiales mexicanas que al efecto se expidan y en las demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables, condición que se expresa de antemano en la presente MIA-R, al igual que dicha condición será medible a través de los informes y/o reportes que en el futuro se rindan para efectos de cumplimiento y verificación.</p>

III.3.4. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

La vinculación de esta Ley con el proyecto se orienta al cumplimiento de los preceptos establecidos prioritariamente en el desarrollo del mismo, como se mencionó en el Capítulo II.

Por lo tanto, la empresa promovente es responsable del manejo de todo tipo de residuos desde la prevención, generación, valorización y gestión integral de los mismos, tanto peligrosos, como residuos sólidos urbanos y de manejo especial, incluyendo la prevención de la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación. La presente Ley señala las obligaciones del generador de acuerdo con el volumen de generación anual. Así como los lineamientos para el manejo integral de los residuos generados.

Tabla III-3. Artículos aplicables al proyecto en materia Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos aplicables al proyecto.

Artículo	Vinculación con el proyecto
Artículo 16. <i>La clasificación de un residuo como peligroso, se establecerá en las normas oficiales mexicanas que especifiquen la forma de determinar sus características, que incluyan los listados de los mismos y fijen los límites de concentración de las sustancias contenidas en ellos, con base en los conocimientos científicos y las evidencias acerca de su peligrosidad y riesgo.</i>	El proyecto se ajusta al precepto establecido en el artículo en cita, ya que se propone en la presente MIA-R un Programa de Manejo Integral de Residuos en el que se incluye el manejo de residuos peligrosos, las acciones de identificación y clasificación de residuos peligrosos generados durante el desarrollo de las diversas actividades acorde a la normatividad aplicable, dando así cumplimiento a dicha disposición.
Artículo 19.- <i>Los residuos de manejo especial se clasifican como se indica a continuación, salvo cuando se trate de residuos considerados como peligrosos en esta Ley y en las normas oficiales mexicanas correspondientes:</i> (...) VII. <i>Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general;</i> (...)	Para el desarrollo del presente proyecto se implementará un Programa de Manejo Integral de Residuos entre los que se incluye a los residuos de manejo especial, además de que durante el desarrollo del proyecto se dispondrá de contenedores para su resguardo y posterior disposición final por una empresa que esté legalmente autorizada.

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><i>IX. Pilas que contengan litio, níquel, mercurio, cadmio, manganeso, plomo, zinc, o cualquier otro elemento que permita la generación de energía en las mismas, en los niveles que no sean considerados como residuos peligrosos en la norma oficial mexicana correspondiente;</i></p>	
<p>Artículo 21.- <i>Con objeto de prevenir y reducir los riesgos a la salud y al ambiente, asociados a la generación y manejo integral de residuos peligrosos, se deberán considerar cuando menos alguno de los siguientes factores que contribuyan a que los residuos peligrosos constituyan un riesgo:</i></p> <p><i>I. La forma de manejo;</i></p> <p><i>II. La cantidad;</i></p> <p><i>III. La persistencia de las sustancias tóxicas y la virulencia de los agentes infecciosos contenidos en ellos;</i></p> <p><i>IV. La capacidad de las sustancias tóxicas o agentes infecciosos contenidos en ellos, de movilizarse hacia donde se encuentren seres vivos o cuerpos de agua de abastecimiento;</i></p> <p><i>V. La biodisponibilidad de las sustancias tóxicas contenidas en ellos y su capacidad de bioacumulación;</i></p> <p><i>VI. La duración e intensidad de la exposición, y</i></p> <p><i>VII. La vulnerabilidad de los seres humanos y demás organismos vivos que se expongan a ellos.</i></p>	<p>Con la intención de prevenir y reducir los riesgos a la salud y al ambiente, que pudieran generarse por la producción de residuos durante el desarrollo del proyecto, se implementará un Programa de Manejo Integral de Residuos, en el que se considerarán los factores de riesgo citados, con la finalidad de prevenir cualquier eventualidad ya sea de carácter ambiental o salud humana, tales acciones serán difundidas entre todos y cada uno de los actores participantes en el proyecto.</p>
<p>Artículo 40.- <i>Los residuos peligrosos deberán ser manejados conforme a lo dispuesto en la presente Ley, su Reglamento, las normas oficiales mexicanas y las demás disposiciones que de este ordenamiento se deriven.</i></p> <p><i>En las actividades en las que se generen o manejen residuos peligrosos, se deberán observar los principios previstos en el artículo 2 de este ordenamiento, en lo que resulten aplicables.</i></p>	<p>Para el cumplimiento de dicho artículo, dentro de las acciones ambientales que se han considerado para el proyecto, se implementará un Programa de Manejo Integral de Residuos Peligrosos, el cual se ha realizado en observancia de la normatividad (NOM's) y legislación aplicable, a fin de prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente, el cual está incluido en la presente MIA-R.</p>
<p>Artículo 41.- <i>Los generadores de residuos peligrosos y los gestores de este tipo de residuos, deberán manejarlos de manera segura y</i></p>	<p>El presente proyecto generará residuos peligrosos provenientes principalmente de la maquinaria que se utilice, por lo que el promovente en observancia de lo</p>

MIA-R

CAPÍTULO III

Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

Artículo	Vinculación con el proyecto
<i>ambientalmente adecuada conforme a los términos señalados en esta Ley.</i>	dispuesto en dicho artículo será responsable del manejo adecuado y ambientalmente seguro, conforme a lo establecido en los instrumentos normativos que regulen la materia, apoyándose en la empresa que contrate para la disposición final de los residuos, misma que deberá estar legalmente acreditada tal como se menciona en el artículo 42 de la LGPGIR y 151 BIS de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Artículo 42.- *Los generadores y demás poseedores de residuos peligrosos, podrán contratar los servicios de manejo de estos residuos con empresas o gestores autorizados para tales efectos por la Secretaría, o bien transferirlos a industrias para su utilización como insumos dentro de sus procesos, cuando previamente haya sido hecho del conocimiento de esta dependencia, mediante un plan de manejo para dichos insumos, basado en la minimización de sus riesgos.*

La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contraten los servicios de manejo y disposición final de residuos peligrosos por empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas, independientemente de la responsabilidad que tiene el generador.

Los generadores de residuos peligrosos que transfieran éstos a empresas o gestores que presten los servicios de manejo, deberán cerciorarse ante la Secretaría que cuentan con las autorizaciones respectivas y vigentes, en caso contrario serán responsables de los daños que ocasione su manejo.

Artículo 54.- *Se deberá evitar la mezcla de residuos peligrosos con otros materiales o residuos para no contaminarlos y no provocar reacciones, que puedan poner en riesgo la salud, el ambiente o los recursos naturales.*

La Secretaría establecerá los procedimientos a seguir para determinar la incompatibilidad entre un residuo peligroso y otro material o residuo.

En cumplimiento dicho artículo, para la ejecución del Programa de Manejo de Integral de Residuos, el proyecto considera la contratación de empresas prestadoras de servicio para la recolección, transporte, tratamiento y/o disposición final de los residuos, para lo cual se cerciorará que dichas empresas cuenten con las autorizaciones respectivas por las autoridades competentes.

La identificación y clasificación de residuos peligrosos generados durante el desarrollo de las diferentes obras sujetas a evaluación se llevarán acorde a la normatividad aplicable y atendiendo a dicho artículo.

III.3.5. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

El presente ordenamiento tiene por objeto reglamentar la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y rige en todo el territorio nacional y las zonas donde la Nación ejerce su jurisdicción, por lo que el presente proyecto en cuanto a la identificación, y manejo integral de los residuos peligrosos en sus diferentes etapas de desarrollo se vinculará con las disposiciones aplicables.

Tabla III-4. Artículos aplicables al proyecto en materia del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos aplicables al proyecto.

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p>Capítulo IV, Criterios de Operación en el Manejo Integral de Residuos Peligrosos</p> <p>Artículos 82, 83 y 84, de la Sección I, Almacenamiento y centros de acopio de residuos peligrosos.</p>	<p>Durante el desarrollo del proyecto se contará con un Programa de Manejo de Residuos, entre las componentes de dicho programa se prevé el adecuado manejo de los residuos considerados peligrosos, por lo que la promovente contratará los servicios de una empresa autorizada y especializada en el manejo, transporte y disposición final de los residuos peligrosos entre los que se encuentran los suelos contaminados.</p>
<p>Artículos 85 y 86, de la Sección II, Recolección y Transporte de Residuos Peligrosos</p>	<p>Para las actividades de recolección y transporte externo de los residuos, éstas se llevarán a cabo a través de empresas prestadora de servicios, de la que se cerciorará la promovente que cuente con la autorización correspondiente para prestar los mismos.</p>
<p>Artículo 87 y 88. Los envases que hayan estado en contacto con materiales o residuos peligrosos podrán ser reutilizados para contener el mismo tipo de materiales o residuos peligrosos u otros compatibles con los envasados originalmente, siempre y cuando dichos envases no permitan la liberación de los materiales o residuos peligrosos contenidos en ellos</p>	<p>La vinculación del proyecto con este artículo, se encuentran relacionadas con las actividades de recolección y transporte externo de los residuos, ésta se llevará a cabo a través de empresas prestadora de servicios de las que se cerciorará la promovente que cuenten con la autorización correspondiente para prestar los mismos.</p>
<p>Artículos 87 y 88, de la Sección III, Reutilización, reciclaje y co-procesamiento</p>	<p>Dichas disposiciones resultan aplicables para su observancia y cumplimiento por la empresa prestadora de servicios que en su momento se contrate por la promovente del proyecto.</p>
<p>Artículo 90, de la Sección IV, Tratamiento de residuos peligrosos</p>	<p>El tratamiento de residuos peligrosos se llevará a cabo de acuerdo con las disposiciones reglamentarias y normativas aplicables, así como los criterios que de esta</p>

Artículo	Vinculación con el proyecto
	ley emanen, a través de la empresa prestadora de servicios debidamente acreditada.
<i>Artículos 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98 y 99, de la Sección V, Disposición final de residuos peligrosos</i>	La empresa que preste sus servicios durante las etapas de desarrollo del proyecto deberá darle una disposición final a los residuos que se generen, en cumplimiento de las disposiciones jurídicas citadas, precisando que el almacenamiento de residuos peligrosos será temporal.

III.3.6. Ley General de Cambio Climático

El cambio de clima en la Tierra es resultado del uso intensivo de la atmósfera terrestre como vertedero de emisiones de gases de efecto invernadero. El problema consiste en que los volúmenes de éstos, especialmente del bióxido de carbono (CO₂) durante los últimos ciento cincuenta años de industrialización, superan las capacidades de captura de la biosfera. De esta forma, las concentraciones de CO₂ han pasado de 270ppm (partes por millón) antes de la revolución industrial, a más de 380 ppm en la actualidad.

De manera que esta gran concentración ha provocado, entre otras cosas, que se eleve la temperatura media global y el nivel del mar, tanto por dilatación térmica como por derretimiento de los hielos en polos y glaciares.

La Ley General de Cambio Climático fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de junio de 2012 y establece la creación de diversos instrumentos de política pública, entre ellos, el Registro Nacional de Emisiones (RENE) que permitirá compilar la información necesaria en materia de emisión de Compuestos y Gases Efecto Invernadero (CyGEI) de los diferentes sectores productivos del país para dar trazabilidad, evaluar tendencias y establecer estrategias nacionales de reducción de emisiones. Un registro de emisiones les permitirá a las empresas e industrias identificar sus fuentes de emisión con el objetivo de reducir su huella de carbono, generar oportunidades de negocio y ser más competitivos. En

cumplimiento de la citada Ley, se ha vinculado el proyecto con las disposiciones legales siguientes:

Tabla III-5. Artículos en materia de la Ley General de Cambio Climático aplicables al proyecto.

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p>Artículo 28. <i>La federación, las entidades federativas y los municipios, en el ámbito de sus competencias, deberán ejecutar acciones para la adaptación en la elaboración de las políticas, la Estrategia Nacional, el Programa y los programas en los siguientes ámbitos:</i></p> <p>(...)</p> <p><i>IV. Ecosistemas y biodiversidad, en especial de zonas costeras, marinas, de alta montaña, semiáridas, desérticas, recursos forestales y suelos;</i></p>	<p>Como se observa en dicha disposición legal, corresponde a una atribución y obligación a cargo de las autoridades, mismas que serán las competentes para ejecutar las acciones necesarias para la política nacional de adaptación frente al cambio climático, por cuanto hace a ecosistemas y biodiversidad.</p> <p>No obstante, lo anterior, el proyecto implementará las mejores prácticas y equipos de trabajo con tecnología limpia que minimice las emisiones de gases a la atmósfera.</p>
<p>Artículo 88. <i>Las personas físicas y morales responsables de las fuentes sujetas a reporte están obligadas a proporcionar la información, datos y documentos necesarios sobre sus emisiones directas e indirectas para la integración del Registro.</i></p>	<p>El proyecto se sujetará a la presente disposición jurídica, en caso de estar dentro de los supuestos de fuentes fijas o móviles, sujetas a reporte.</p>

III.3.7. Ley de Aguas Nacionales

Por la naturaleza del proyecto, el cual se pretende ubicar dentro de un ecosistema costero, y como parte de las obras que se llevarán a cabo en la zona marina, se vincula el proyecto con la presente Ley y su Reglamento con los artículos que se consideran aplicables al mismo.

Tabla III-6. Artículos en materia de Ley de Aguas Nacionales aplicables al proyecto.

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p>Artículo 86.- <i>“La Autoridad del Agua” tendrá a su cargo, en términos de Ley:</i></p> <p>MIA-R</p>	<p>El proyecto propuesto no prevé la descarga de aguas residuales al mar, razón por la cual, no requerirá de la obtención de una autorización para este caso. Es importante</p>

Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

CAPÍTULO III

(...)

VI. Autorizar en su caso el vertido de aguas residuales en el mar, y en coordinación con la Secretaría de Marina cuando provengan de fuentes móviles o plataformas fijas.

resaltar, que se aprovecharán sitios ya existentes y autorizados, cercanos al área del proyecto y que cuenten con la infraestructura que cubra las necesidades de la obra, entre los que se incluyen oficinas de obra, almacenes de materiales y de combustibles; campamento, baños, regaderas, estacionamiento, patio de maniobra, bodegas y talleres.

III.3.8. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales

El presente proyecto también se vinculará con el presente Reglamento, como ya se ha mencionado con anterioridad con los siguientes artículos.

Tabla III-7. Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.

Artículo	Vinculación con el proyecto
Artículo 134.- Las personas físicas o morales que exploten, usen o aprovechen aguas en cualquier uso o actividad, están obligadas, bajo su responsabilidad y en los términos de ley, a realizar las medidas necesarias para prevenir su contaminación y en su caso para reintegrarlas en condiciones adecuadas, a fin de permitir su utilización posterior en otras actividades o usos y mantener el equilibrio de los ecosistemas.	Durante el desarrollo del proyecto no se pretenden descargas de aguas residuales al mar. Asimismo se reitera que se hará uso de los servicios con que actualmente se cuenta en la zona.
Artículo 135.- Las personas físicas o morales que efectúen descargas de aguas residuales a los cuerpos receptores a que se refiere la Ley, deberán: I. Contar con el permiso de descarga de aguas residuales que les expida la Comisión, o en su caso, presentar el aviso respectivo a que se refiere la Ley y este Reglamento.	Durante el desarrollo del proyecto no se pretende la descarga de aguas residuales a cuerpos receptores de agua o al mar, dado que se hará uso de la infraestructura existente en las zonas aledañas.

III.3.9. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental

La presente Ley regula la responsabilidad ambiental que nace de los daños ocasionados al ambiente, así como la reparación y compensación de dichos daños cuando sea exigible a través de los procesos judiciales federales previstos por el artículo 17 constitucional, los mecanismos alternativos de solución de controversias,

los procedimientos administrativos y aquellos que correspondan a la comisión de delitos contra el ambiente y la gestión ambiental.

De las disposiciones legales contenidas en la presente Ley, es de resaltarse que se regulan las obligaciones derivadas de los daños ocasionado al ambiente razón por la que el presente proyecto se vincula con las siguientes disposiciones.

Tabla III-8. Artículos de la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental aplicables al proyecto.

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p>Artículo 10.- <i>Toda persona física o moral que con su acción u omisión ocasione directa o indirectamente un daño al ambiente, será responsable y estará obligada a la reparación de los daños, o bien, cuando la reparación no sea posible a la compensación ambiental que proceda, en los términos de la presente Ley.</i></p> <p><i>De la misma forma estará obligada a realizar las acciones necesarias para evitar que se incremente el daño ocasionado al ambiente.</i></p>	<p>A efecto de no contravenir la presente disposición legal indicada por el artículo en cita, una vez que se obtenga la autorización en materia de impacto ambiental para el proyecto, el mismo se ajustará a la resolución que la autoridad emita, no obstante que en caso de generar un daño al ambiente, la promovente reparará o compensará el mismo.</p>
<p>Artículo 11.- <i>La responsabilidad por daños ocasionados al ambiente será subjetiva, y nacerá de actos u omisiones ilícitos con las excepciones y supuestos previstos en este Título.</i></p> <p><i>En adición al cumplimiento de las obligaciones previstas en el artículo anterior, cuando el daño sea ocasionado por un acto u omisión ilícitos dolosos, la persona responsable estará obligada a pagar una sanción económica.</i></p> <p><i>Para los efectos de esta Ley, se entenderá que obra ilícitamente el que realiza una conducta activa u omisiva en contravención a las disposiciones legales, reglamentarias, a las normas oficiales mexicanas, o a las autorizaciones, licencias, permisos o concesiones expedidas por la Secretaría u otras autoridades.</i></p>	<p>Con la finalidad de no realizar acciones que pudieran ser ilícitas y den lugar a una responsabilidad por daños ocasionados al ambiente, es que se ha sometido al procedimiento de evaluación del impacto ambiental el proyecto, para obtener la autorización correspondiente, en la que la autoridad precisará las obras y actividades autorizadas, así como en su caso, las condiciones a que se sujetarán las mismas; por lo que una vez que sea expedida dicha autorización, el promovente se ajustará a la misma.</p>

III.3.10. Ley General de Vida Silvestre

De acuerdo con las características ambientales del proyecto, en el que abarca un ecosistema marino y terrestre, se tiene la presencia de fauna en ambos ecosistemas, por lo que, en materia de vida silvestre, se dará respuesta durante su ejecución a los artículos 18, 19, 60 y 106 de la Ley General de Vida Silvestre.

Tabla III-9. Artículos de la Ley General de Vida Silvestre aplicables al proyecto.

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p>Artículo 18. <i>Los propietarios y legítimos poseedores de predios en donde se distribuye la vida silvestre tendrán el derecho a realizar su aprovechamiento sustentable y la obligación de contribuir a conservar el hábitat conforme a lo establecido en la presente Ley; asimismo podrán transferir esta prerrogativa a terceros, conservando el derecho a participar de los beneficios que se deriven de dicho aprovechamiento. Los propietarios y legítimos poseedores de dichos predios, así como los terceros que realicen el aprovechamiento, serán responsables solidarios de los efectos negativos que éste pudiera tener para la conservación de la vida silvestre y su hábitat.</i></p>	<p>Dentro del SAR del proyecto se identificaron especies que se encuentran listadas bajo alguna categoría de riesgo dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, para lo cual se propone en la presente MIA-R implementar Programas de Manejo Integral, uno de Flora y otro de Fauna tanto en ecosistema terrestre como marino, cuyo fin es la reubicación de especies para su conservación en un hábitat con características similares a las de su rescate.</p>
<p>Artículo 19. <i>Las autoridades que, en el ejercicio de sus atribuciones, deban intervenir en las actividades relacionadas con la utilización del suelo, agua y demás recursos naturales con fines agrícolas, ganaderos, piscícolas, forestales y otros, observarán las disposiciones de esta Ley y las que de ella se deriven, y adoptarán las medidas que sean necesarias para que dichas actividades se lleven a cabo de modo que se eviten, prevengan, reparen, compensen o minimicen los efectos negativos de las mismas sobre la vida silvestre y su hábitat.</i></p>	<p>Como parte de la MIA-R se presentan en el Capítulo VI, las propuestas de los Programas de Manejo Integral de Flora y otro de Fauna, que posteriormente y derivado de la autorización de impacto se implementarán.</p>
<p>Artículo 60 TER.- <i>Queda prohibida la remoción, relleno, trasplante, poda, o cualquier obra o actividad que afecte la integralidad del flujo hidrológico del manglar; del ecosistema y su zona de influencia; de su productividad natural; de la capacidad de carga natural del ecosistema para los proyectos turísticos; de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; o bien de las interacciones entre el manglar, los ríos, la duna, la zona marítima adyacente y los corales, o que provoque cambios en las características y servicios ecológicos.</i></p> <p><i>Se exceptuarán de la prohibición a que se refiere el párrafo anterior las obras o actividades que tengan</i></p>	<p>El presente proyecto no incidirá en ninguna zona que pudiera estar afectando zona de manglar, por lo que se da cabal cumplimiento al presente artículo.</p>

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><i>por objeto proteger, restaurar, investigar o conservar las áreas de manglar.</i></p>	
<p>Artículo 106. <i>Sin perjuicio de las demás disposiciones aplicables, toda persona física o moral que ocasione directa o indirectamente un daño a la vida silvestre o a su hábitat, está obligada a repararlo o compensarlo de conformidad a lo dispuesto por la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.</i></p>	<p>El proyecto considera acciones para el cuidado y conservación de las especies de flora y fauna, destacando que en la presente MIA-R, se propone en el Capítulo VI, Programas de Manejo Integral uno de Flora y otro para el manejo de Fauna.</p>
<p><i>Los propietarios y legítimos poseedores de los predios, así como los terceros que realicen el aprovechamiento, serán responsables solidarios de los efectos negativos que éste pudiera tener para la conservación de la vida silvestre y su hábitat.</i></p>	

III.3.11. Ley General de Bienes Nacionales

La presente Ley es de orden público e interés general y tiene por objeto establecer, los bienes que constituyen el patrimonio de la Nación; el régimen de dominio público de los bienes de la Federación y de los inmuebles de los organismos descentralizados de carácter federal; la distribución de competencias entre las dependencias administradoras de inmuebles; las bases para la integración y operación del Sistema de Administración Inmobiliaria Federal y Paraestatal y del Sistema de Información Inmobiliaria Federal y Paraestatal, incluyendo la operación del Registro Público de la Propiedad Federal; las normas para la adquisición, titulación, administración, control, vigilancia y enajenación de los inmuebles federales y los de propiedad de las entidades, con excepción de aquéllos regulados por leyes especiales; las bases para la regulación de los bienes muebles propiedad de las entidades, y la normatividad para regular la realización de avalúos sobre bienes nacionales, por lo que al respecto el proyecto se vincula con las siguientes disposiciones legales.

Tabla III-10. Artículos de la Ley General de Bienes Nacionales aplicables al proyecto.

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p>Artículo 7.- <i>Son bienes de uso común:</i></p> <p>(...)</p> <p><i>III.- El mar territorial en la anchura que fije la Ley Federal del Mar;</i></p> <p><i>IV.- Las playas marítimas, entendiéndose por tales las partes de tierra que por virtud de la marea cubre y descubre el agua, desde los límites de mayor reflujo hasta los límites de mayor flujo anuales;</i></p> <p><i>V.- La zona federal marítimo terrestre;</i></p> <p>(...)</p>	<p>El proyecto consiste en la construcción y operación de una instalación portuaria, la cual se ubicará en un ecosistema costero, cuyas zonas corresponden a una parte terrestre y otra marina ocupando la zona federal marítimo terrestre, el mar y la playa, cuyas zonas se determinan como un bien de uso común.</p>
<p>Artículo 20. <i>Las concesiones sobre bienes de dominio público no crean derechos reales; otorgan simplemente frente a la administración y sin perjuicio de terceros, el derecho a realizar los usos, aprovechamientos o explotaciones, de acuerdo con las reglas y condiciones que establezcan las leyes y el acto o título de la concesión.</i></p>	<p>El proyecto se ajusta a lo establecido en este artículo, ya que el uso y aprovechamiento de la Zona Federal Marítimo Terrestre se hará acorde a lo establecido en el título de concesión con que cuenta la promovente.</p>
<p>Artículo 50. <i>El Ejecutivo Federal, a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, proveerá el uso y aprovechamiento sustentable de la zona federal marítimo terrestre y los terrenos ganados al mar. Con este objetivo, dicha dependencia, previamente, en coordinación con las demás que conforme a la materia deban intervenir, establecerá las normas y políticas aplicables, considerando los planes y programas de desarrollo urbano, el ordenamiento ecológico, la satisfacción de los requerimientos de la navegación y el comercio marítimo, la defensa del país, el impulso a las actividades pesqueras y el fomento de las actividades turísticas y recreativas.</i></p>	<p>El proyecto se ajusta a los preceptos establecidos en este artículo, ya que se ha considerado lo dispuesto en las políticas y normas aplicables en los planes, programas de desarrollo urbano y el ordenamiento ecológico a fin de hacer uso y aprovechamiento sustentable de la Zona Federal Marítimo Terrestre.</p>
<p>Artículo 119. <i>Tanto en el macizo continental como en las islas que integran el territorio nacional, la zona federal marítimo terrestre se determinará:</i></p> <p><i>I.- Cuando la costa presente playas, la zona federal marítimo terrestre estará constituida por la faja de veinte metros de ancho de tierra firme, transitable y contigua a dichas playas o, en su caso, a las riberas de los ríos, desde la desembocadura de éstos en el mar, hasta cien metros río arriba;</i></p> <p>(...)</p>	<p>El artículo en cita define lo que es la Zona Federal Marítimo Terrestre, por tal motivo, la promovente solicitó y obtuvo en su momento el título de concesión que le permite el uso y aprovechamiento de la zona federal marítimo terrestre.</p>

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p>Artículo 120. <i>El Ejecutivo Federal, a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, promoverá el uso y aprovechamiento sustentables de la zona federal marítimo terrestre y los terrenos ganados al mar. Con este objetivo, dicha dependencia, previamente, en coordinación con las demás que conforme a la materia deban intervenir, establecerá las normas y políticas aplicables, considerando los planes y programas de desarrollo urbano, el ordenamiento ecológico, la satisfacción de los requerimientos de la navegación y el comercio marítimo, la defensa del país, el impulso a las actividades de pesca y acuicultura, así como el fomento de las actividades turísticas y recreativas.</i></p>	<p>En atención al presente artículo, la promovente se ha ajustado a las políticas de sustentabilidad planteadas por la SEMARNAT a través de la Dirección General de Zona Federal Marítimo Terrestre y Ambientes Costeros, donde se gestionó y obtuvo el título de concesión de zona federal marítimo terrestre, mismo que será utilizado conforme a las bases que contiene.</p>

III.3.12. Reglamento para el uso y aprovechamiento del mar territorial, vías navegables, playas, zona federal marítima terrestre y terrenos ganados al mar

A continuación, hacemos referencia de aquellos artículos que se vinculan con la realización del proyecto, con respecto al Reglamento en cita:

Tabla III-11. Artículos del Reglamento para el uso y aprovechamiento del mar territorial, vías navegables, playas, zona federal marítima terrestre y terrenos ganados al mar aplicables al proyecto.

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p>Artículo 4º. <i>La zona federal marítimo terrestre se determinará únicamente en áreas que en un plano horizontal presenten un ángulo de inclinación de 30 grados o menos.</i></p> <p><i>Tratándose de costas que carezcan de playas y presenten formaciones rocosas o acantilados, la Secretaría determinará la zona federal marítimo terrestre dentro de una faja de 20 metros contigua al litoral marino, únicamente cuando la inclinación en dicha faja sea de 30 grados o menor en forma continua.</i></p>	<p>En el presente artículo, se define la Zona Federal Marítimo Terrestre de la cual el presente proyecto hará uso, por lo que el mismo se ubica dentro del supuesto legal previsto, asimismo, es importante mencionar que la promovente del presente proyecto cuenta con el título de concesión correspondiente para el debido aprovechamiento del bien nacional costero.</p>

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p>Artículo 5º. <i>Las playas, la zona federal marítimo terrestre y los terrenos ganados al mar, o a cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas, son bienes de dominio público de la Federación, inalienables e imprescriptibles y mientras no varíe su situación jurídica, no están sujetos a acción reivindicatoria o de posesión definitiva o provisional.</i></p>	<p>La Zona Federal Marítima Terrestre en donde se ubicará el presente proyecto, así como la playa, son bienes de dominio público de la Federación.</p>
<p>Artículo 6º. <i>Para el debido aprovechamiento, uso, explotación, administración y vigilancia de las playas, la zona federal marítimo terrestre y los terrenos ganados al mar o a cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas, se considerarán sus características y uso turístico, industrial, agrícola o acuícola, en congruencia con los programas maestros de control y aprovechamiento de tales bienes, cuya elaboración estará a cargo de la Secretaría.</i></p>	<p>En este artículo se hace referencia que las obras proyectadas deben estar en congruencia con los programas maestros de control y aprovechamiento de los bienes comunes, y cuyas obras se apegaran a dichos lineamientos. La zona y actividades realizadas por la promovente son de carácter turístico por lo que la promovente ya cuenta con el título de concesión correspondiente.</p>
<p>Artículo 22. <i>La Secretaría mediante el acuerdo correspondiente, destinará al servicio de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, de los gobiernos estatales o municipales, las áreas de zona federal marítimo terrestre o de terrenos ganados al mar o a cualquier otro depósito de aguas marítimas que se requieran usar, aprovechar o explotar.</i></p> <p><i>Las dependencias o entidades de la Administración Pública Federal o de los gobiernos de los estados o de los municipios, que para el cumplimiento de los fines públicos a su cargo requieran se destinen a su servicio áreas de zona federal marítimo terrestre o de terrenos ganados al mar o a cualquier otro depósito de aguas marítimas, deberán presentar solicitud escrita a la Secretaría, precisando el área que requieran, así como el uso, aprovechamiento o explotación que vayan a darles, anexando croquis de localización de las mismas, así como los proyectos y planos de las obras a ejecutarse y demás requisitos que conforme a las leyes y reglamentos sean necesarios.</i></p>	<p>Las obras sujetas a evaluación se ajustarán a cada una de las autorizaciones correspondientes otorgadas por las autoridades competentes, a fin de aprovechar o hacer uso de manera sustentable de la zona federal marítimo terrestre.</p>
<p>Artículo 23. <i>Las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, o los gobiernos de los estados o los municipios que cubran los requisitos previstos en la ley y el Reglamento, tendrán preferencia frente a los particulares para usar, aprovechar o explotar la zona federal</i></p>	<p>Los particulares, así como las instituciones públicas podrán usar, aprovechar y explotar los bienes del dominio público a través de un título de concesión o el permiso respectivo, por lo que el presente proyecto se apeg a dicho criterio.</p>

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><i>marítimo terrestre, terrenos ganados al mar o a cualquier otro depósito de aguas marítimas.</i></p> <p><i>Cuando las áreas requeridas para fines públicos se encuentren concesionadas o permisionadas, la Secretaría de estimar procedentes las causas que aduzcan los solicitantes, podrá expedir la declaratoria de rescate o revocar el permiso, conforme a lo dispuesto por la Ley.</i></p>	
<p>Artículo 24. <i>Cuando en igualdad de circunstancias existan particulares interesados en usar, aprovechar o explotar la zona federal marítimo terrestre y los terrenos ganados al mar o a cualquier otro depósito de aguas marítimas, la Secretaría a fin de otorgar las concesiones o permisos correspondientes deberá observar el siguiente orden de prelación:</i></p> <p><i>I. Últimos propietarios de los terrenos que como consecuencia de los movimientos marítimos hayan pasado a formar parte de la zona federal marítimo terrestre;</i></p> <p><i>II. Solicitantes de prórroga de concesión o permiso, siempre y cuando hayan cumplido con las disposiciones de la Ley, del Reglamento y de la concesión o permiso;</i></p> <p><i>III. Solicitantes cuya inversión sea importante y coadyuve al desarrollo urbano y socioeconómico del lugar y sea compatible con los programas maestros de control y aprovechamiento de la zona federal marítimo terrestre;</i></p> <p><i>IV. Ejidos o comunidades colindantes;</i></p> <p><i>V. Propietarios o legítimos poseedores de los terrenos colindantes con las áreas de que se trate;</i></p> <p><i>VI. Cooperativas de pescadores;</i></p> <p><i>VII. Concesionarios o permisionarios por parte de autoridad competente, para explotar materiales que se encuentren dentro de la zona federal marítimo terrestre; y</i></p> <p><i>VIII. Los demás solicitantes.</i></p> <p><i>Cuando concurren personas a las que en términos de este artículo les corresponda el mismo orden de preferencia, la Secretaría determinará a cuál de ellas otorgará la concesión o el permiso correspondiente, según la importancia de la actividad.</i></p>	<p>La obtención de una concesión es necesaria, cuando se lleva a cabo el uso, aprovechamiento o explotación especial de la zona federal marítimo terrestre, ajustándose el proyecto a lo que establece el presente artículo.</p>

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p>Artículo 29. Los concesionarios de la zona federal marítimo terrestre, de los terrenos ganados al mar o a cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas, están obligados a:</p> <ol style="list-style-type: none"> I. Ejecutar únicamente el uso, aprovechamiento o explotación consignado en la concesión; II. Iniciar el ejercicio de los derechos consignados en la concesión, a partir de la fecha aprobada por la Secretaría; III. Iniciar las obras que se aprueben, dentro de los plazos previstos en la concesión, comunicando a la Secretaría de la conclusión dentro de los tres días hábiles siguientes; IV. Responder de los daños que pudieran causarse por defectos o vicios en las construcciones o en los trabajos de reparación o mantenimiento; V. Cubrir los gastos de deslinde y amojonamiento del área concesionada; VI. Mantener en óptimas condiciones de higiene el área concesionada; VII. Cumplir con los ordenamientos y disposiciones legales y administrativas de carácter federal, estatal o municipal; VIII. Coadyuvar con la Secretaría en la práctica de las inspecciones que ordene en relación con el área concesionada; IX. Realizar únicamente las obras aprobadas en la concesión, o las autorizadas posteriormente por la Secretaría; X. Desocupar y entregar dentro del plazo establecido por la Secretaría las áreas de que se trate en los casos de extinción de las concesiones; y XI. Cumplir con las obligaciones que se establezcan a su cargo en la concesión. <p>Los permisionarios de los bienes a que se refiere este Reglamento tendrán que cumplir con las obligaciones señaladas en las fracciones I, II, III, VII, VIII, IX y XI de este artículo.</p>	<p>El proyecto se ajusta a todas y cada una de las disposiciones establecidas al presente artículo, así como a lo definido en el título de concesión expedido por la Secretaría.</p>
<p>Artículo 36.- La SEMARNAT vigilará que el uso, aprovechamiento o explotación de los bienes a que se refiere este reglamento, se ajuste a las disposiciones vigentes sobre desarrollo urbano,</p>	<p>El proyecto se ajusta a lo establecido en el Programa de Desarrollo Urbano, así como a los lineamientos que establecen los programas maestros de control y</p>

Artículo	Vinculación con el proyecto
<i>ecología, así como a los lineamientos que establezcan los programas maestros de control y aprovechamiento de la zona federal marítimo terrestre.</i>	aprovechamiento de la zona federal marítimo terrestre.

III.3.13. Ley de Puertos

La presente ley es de orden público y de observancia en todo el territorio nacional, y tiene por objeto regular los puertos, terminales, marinas e **instalaciones portuarias**, su construcción, uso, aprovechamiento, explotación, operación, protección y formas de administración, así como la prestación de los servicios portuarios. Debido a las características del proyecto se vinculará con la presente Ley de Puertos con los artículos que se consideraron aplicables.

Tabla III-12. Artículos de la Ley de Puertos aplicables al proyecto.

Artículo	Vinculación con el proyecto
ARTICULO 20.- (...) <i>Para construir y usar embarcaderos, atracaderos, botaderos y demás similares en las vías generales de comunicación por agua, fuera de puertos, terminales y marinas, se requerirá de permiso de la Secretaría, sin perjuicio de que los interesados obtengan, en su caso, la concesión de la zona federal marítimo terrestre que otorgue la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.</i>	El proyecto se ajusta al cumplimiento del presente artículo, ya que el promovente del proyecto cuenta con la autorización otorgada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, a través de la Dirección General de Puertos, con número de oficio 3.41.18, del 16 de octubre del 2018, cuyo objeto autorizado es usar y aprovechar bienes de dominio público de la Federación, afectando zona federal marítima para la construcción y operación de obras de protección, consistentes en la construcción de un rompeolas norte y uno sur, así como el dragado de canales de acceso y dársenas de maniobras.

III.3.14. Reglamento de la Ley de Puertos

El presente ordenamiento tiene por objeto reglamentar las actividades de construcción, uso, aprovechamiento, explotación, operación, administración y prestación de servicios en los puertos, terminales, marinas e instalaciones

portuarias previstos en la Ley de Puertos, por lo que en el caso que nos ocupa atendiendo a la naturaleza del proyecto, se vinculará con las disposiciones legales que se estimaron aplicables.

Tabla III-13. Artículos del Reglamento de la Ley de Puertos aplicables al proyecto.

Artículo	Vinculación con el proyecto
Artículo 21.- Para obtener permiso para construir y usar embarcaderos, atracaderos, botaderos de uso particular, y demás similares en las vías generales de comunicación por agua, fuera de puertos, terminales y marinas, se deberán cumplir con los requisitos establecidos en las fracciones I a IV, VI, VIII, IX, X y XII a XVII del artículo 17 de este Reglamento.	El proyecto se ajustado al cumplimiento de la presente disposición, ya que cuenta con la autorización correspondiente, otorgada por la Dirección General de Puertos.

III.4. Normas Oficiales Mexicanas

En este apartado, se hace un análisis de la normatividad ambiental aplicable al proyecto que nos ocupa, en materia de agua, aire, suelo, residuos, flora y fauna, tomado como base las acciones que conlleva la instrumentación de un proyecto de la naturaleza y alcances como el aquí propuesto, haciéndose necesario su análisis a partir de la normatividad aplicable, mismo que se presenta en la siguiente Tabla.

Tabla III-14. Vinculación del proyecto con respecto a la Normatividad ambiental aplicable.

Norma Oficial Mexicana	Vinculación con el Proyecto
AGUA	
NOM-001-SEMARNAT-1996 Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.	El proyecto no contempla obras o actividades que ameriten las descargas de aguas residuales a cuerpos de agua o a la red de servicio municipal, dado que se hará uso de la infraestructura existente en la zona.
NOM-002-SEMARNAT-1996 Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en	

Norma Oficial Mexicana	Vinculación con el Proyecto
------------------------	-----------------------------

las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

NOM-003-SEMARNAT-1997 *Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.*

AIRE

NOM-041-SEMARNAT-2015, *Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.*

NOM-044-SEMARNAT-2006, *Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales, hidrocarburos no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan diésel como combustible*

NOM-045-SEMARNAT-2006, *Protección ambiental. - Vehículos en circulación que usan diésel como combustible. - Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.*

El proyecto se vincula con las normas en cita, en materia de emisiones a la atmósfera y se supervisará que el parque vehicular, cumpla con un programa de mantenimiento preventivo que deberá ajustarse a los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes en cumplimiento a las presentes normas, aunado a que el equipo que sea utilizado deberá operar en óptimas condiciones y en caso contrario ser reemplazado por otro, a fin de cumplir con los límites establecidos en los parámetros de emisión de gases.

RESIDUOS

NOM-052-SEMARNAT-2005, *Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.*

NOM-054-SEMARNAT-1993 *Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos.*

En lo que se refiere al manejo de residuos no peligrosos, se llevará a cabo un Programa de Manejo para ello se contemplan actividades de recolección, transporte y disposición final de los residuos municipales.

En torno al manejo de residuos peligrosos, de acuerdo a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos, el proyecto que nos ocupa, se considera como un microgenerador de residuos peligrosos, por lo que, se dará cumplimiento a los lineamientos establecidos en la citada Ley y se observará lo dispuesto en las normas oficiales mexicanas, proponiendo y una vez autorizado el proyecto implementando un Programa de Manejo de Residuos que contempla actividades tales como envasado, almacenamiento, recolección y transporte, así como tratamiento y/o disposición final de los

Norma Oficial Mexicana	Vinculación con el Proyecto
	residuos. Asimismo, se reitera que se dará cumplimiento a las normas oficiales mexicanas para la identificación y caracterización de los mismos, así como el manejo de los residuos de acuerdo con la incompatibilidad conforme a las características de cada uno de acuerdo con las normas en cita.
RUIDO	
<p>NOM-080-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, y su método de medición.</p>	<p>Esta norma se vincula con el proyecto particularmente para la instalación de la palapa en la zona federal debido a la utilización de maquinaria ligera. Por lo tanto, es de observancia obligatoria para todo tipo de vehículos el cumplimiento de esta norma, los cuales deberán garantizar sus condiciones óptimas de operación, a fin de cumplir con los límites establecidos en emisión de ruido.</p>
<p>NOM-081-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.</p>	<p>La operación de equipos que se utilicen dentro de las instalaciones de proyecto cumplirá con los parámetros de emisión establecidos por la NOM, de 68 dB(A) diurnos y 65 dB(A) nocturnos.</p>
RECURSOS NATURALES	
<p>NOM-022-SEMARNAT-2003.- Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración, de los humedales costeros en zona de manglar.</p>	<p>El proyecto da cumplimiento a la norma oficial mexicana, ya que no alterará el flujo hidrológico de zonas de manglar, así como tampoco, podrá ningún tipo de ejemplar de mangle.</p>

III.5. Programas de Ordenamiento Ecológico

El ordenamiento ecológico es un instrumento de política ambiental, cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos,; mientras que los programas de desarrollo urbano, buscan establecer usos de suelo buscando un crecimiento ordenado de las áreas urbanas principalmente, pues el desarrollo urbano en México se ha caracterizado por la expansión desordenada de sus áreas

urbanas, lo que ha generado zonas marginadas, segregación habitacional y la ocupación irregular del suelo en las periferias.

Atendiendo a la intención de los instrumentos antes citados, el proyecto se vinculará con los siguientes Programas:

- ❖ Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.
- ❖ Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe.
- ❖ Programa de Ordenamiento Ecológico Local Solidaridad.
- ❖ Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Solidaridad 2010-2050.
- ❖ Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Playa del Carmen, Quintana Roo, 2010-2050.

III.5.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio

El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), publicado en el Diario Oficial de la Federación el 07 de septiembre de 2012, prevé varios aspectos, entre otros, los siguientes:

- El POEGT es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y vinculara las acciones y programas de la Administración Pública Federal y las entidades paraestatales en el marco del Sistema Nacional de Planeación Democrática, quienes deberán observarlo en sus programas operativos anuales, en sus proyectos de presupuestos y en sus programas de obra pública.
- El POEGT promueve un esquema de coordinación y corresponsabilidad entre los sectores de la Administración Pública Federal –a quienes está dirigido este

Programa- que permite generar sinergias y propiciar un desarrollo sustentable en cada una de las regiones ecológicas identificadas en el territorio nacional.

- Por su escala y alcance, el POEGT no tiene como objetivo autorizar o prohibir el uso del suelo para el desarrollo de actividades sectoriales. Cada sector tiene sus prioridades y metas, sin embargo, en su formulación e instrumentación, lo sectores adquieren el compromiso de orientar sus programas, proyectos y acciones de tal forma que contribuyan al desarrollo sustentable de cada región.

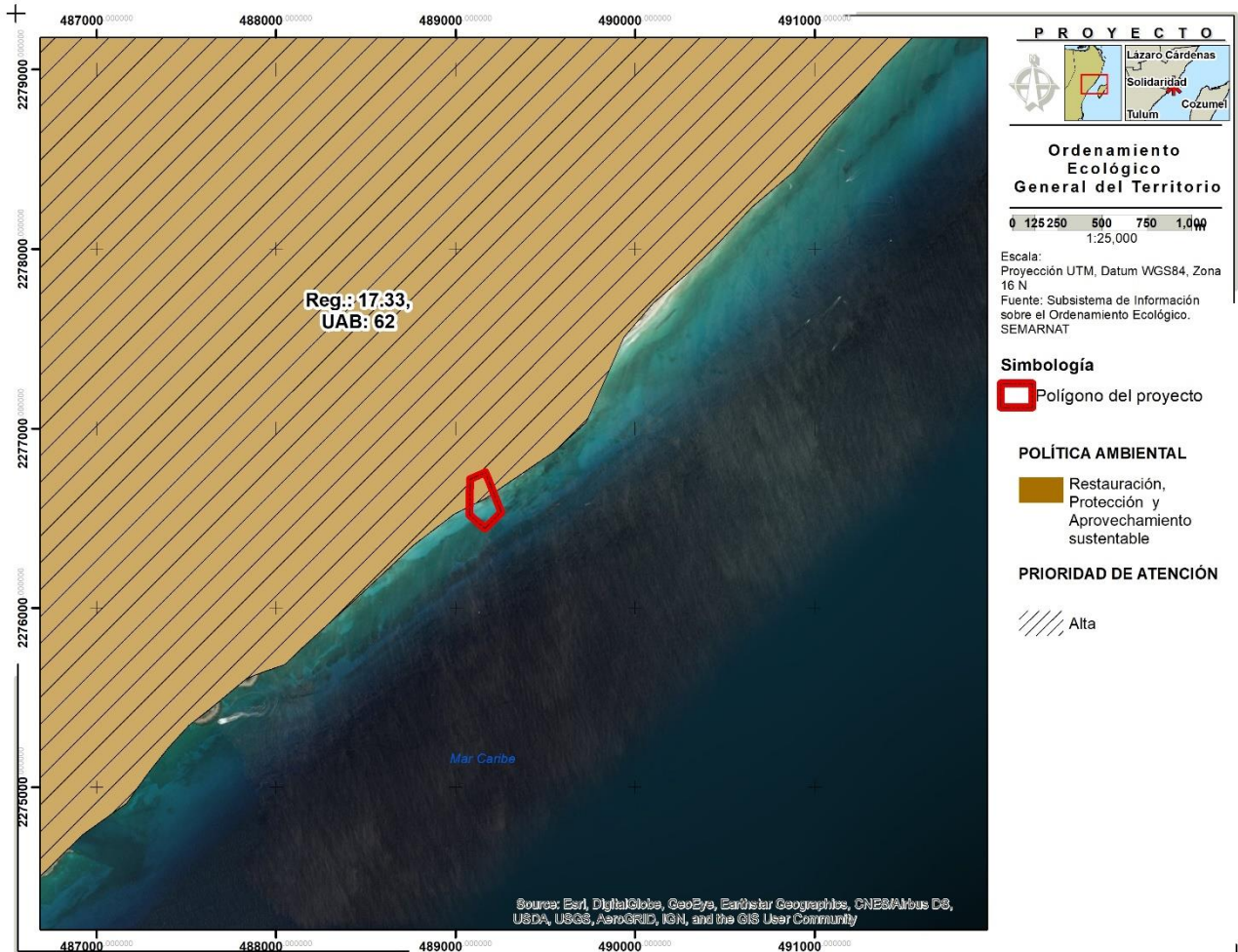
De lo anterior se desprende que le corresponde a la Administración Pública Federal, y a las entidades Paraestatales, la formulación e instrumentación del POEGT; no obstante, a la escala en la que se presentan las Unidades Ambientales Biofísicas (1:2,000,000), la empresa promovente llevó a cabo la revisión de este instrumento de planeación identificando que el proyecto se encuentra en la siguiente Unidad Ambiental Biofísica (UAB), como se expresa en la siguiente tabla:

Tabla III-15. Unidad Ambiental Biofísica aplicable al proyecto.

<i>UAB</i>	<i>Clave de región</i>	<i>Nombre de la UAB</i>	<i>Estrategias</i>	<i>Política Ambiental</i>	<i>Localización</i>
62	17.33	Karst de Yucatán y Quintana Roo	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 21, 22, 23, 31, 32, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44	Restauración, Protección y Aprovechamiento Sustentable	Oeste, centro, norte y este de Yucatán. Centro, norte y noreste de Quintana Roo.

Lo anterior, se corrobora en la siguiente figura:

Figura III-2. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.



Asimismo, las estrategias ecológicas, definidas como los objetivos específicos, las acciones, los proyectos, los programas y los responsables de su realización dirigidas al logro de los lineamientos ecológicos aplicables en el territorio nacional, se implementarán a partir de una serie de acciones que cada uno de los sectores en coordinación con otros sectores deberán llevar a cabo, con base en lo establecido en sus programas sectoriales o el compromiso que asuman dentro del

Grupo de Trabajo Intersecretarial para dar cumplimiento a los objetivos de este POEGT.

En este sentido, se definieron tres grandes grupos de estrategias: las dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del territorio, las dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana y las dirigidas al fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional, estrategias que el proyecto no contraviene, así como tampoco sus diez lineamientos, sino más bien coadyuva para el cumplimiento de los mismos, pues se prevé su realización de manera sustentable.

No obstante, lo antes mencionado, se vinculará el proyecto con las estrategias contenidas en el POEGT.

Tabla III-16. Vinculación del proyecto con las estrategias del POEGT.

Estrategias		Vinculación con el proyecto
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio		
A) Preservación	1. Conservación in situ de los ecosistemas y su biodiversidad.	Considerando la naturaleza del proyecto, se ha propuesto en el a presente MIA-R la implementación de un Programa de Manejo Integral de Flora y otro de Fauna, así como un Subprograma de Protección de fauna marina a efecto de preservar las especies que se pudieran verse afectadas con la realización del proyecto.
	2. Recuperación de especies en riesgo.	
	3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	
B) Aprovechamiento Sustentable	4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales.	El proyecto da cumplimiento a la presente estrategia, ya que de acuerdo con lo dispuesto por el artículo 3, fracción III de la LGEEPA, se respetará la integridad funcional y la capacidad de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos.
	5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios.	La presente estrategia no guarda relación con el proyecto, ya que no se pretende el aprovechamiento de suelo agrícola o pecuario.
	6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y	No guarda relación con el proyecto la presente estrategia, ya que no se pretende tecnificar zonas de cultivo.

Estrategias	Vinculación con el proyecto
tecnificar las superficies agrícolas.	
7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.	Debido a la naturaleza del proyecto, no se pretende el aprovechamiento de los recursos forestales. Sin embargo, se obtendrá la autorización en materia de cambio de uso de suelo en terrenos forestales de las áreas a ocupar. Asimismo, se implementarán una serie de medidas con el fin de preservar y conservar el valor natural de la zona y mantener la riqueza y diversidad del sitio, de las que destacan el rescate y reubicación de flora así como la reforestación.
8. Valoración de los servicios ambientales.	El proyecto hizo la valoración de los recursos naturales tales como servicios hidrológico, captura de carbono y la custodia y conocimiento de la biodiversidad durante el desarrollo de proyecto y en qué medida influye en estos servicios ambientales, es decir, que a través de la identificación de los impactos ambientales que el proyecto pudiera generar y las medidas propuestas para minimizarlos, atenuarlos o compensarlos, asimismo ha propuesto la implementación de diversos programas con la finalidad de que dicho proyecto se desarrolle de manera sustentable.
9. Propiciar el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotados.	Con la realización del presente proyecto no se alterarán cuencas o se sobreexplotarán acuíferos.
10. Reglamentar para su protección, el uso del agua en las principales cuencas y acuíferos.	El proyecto no guarda relación con las actividades señaladas en la presente estrategia, ya que las reglamentaciones deben ser implementadas por las autoridades.
11. Mantener en condiciones adecuadas de funcionamiento las presas administradas por CONAGUA.	La estrategia no guarda relación con el proyecto, ya que no se afectará la administración o funcionamiento de presas.
12. Protección de los ecosistemas.	Durante el desarrollo del proyecto se llevarán a cabo acciones para la conservación y protección de la flora,

C) Protección de los recursos naturales

Estrategias		Vinculación con el proyecto
		fauna, suelo, agua, etc., con la finalidad de atenuar, minimizar o compensar los impactos causados por el desarrollo del proyecto, lo que garantizará la protección a los recursos naturales.
	13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.	El proyecto no guarda relación con las actividades señaladas en la presente estrategia.
D) Restauración	14. Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas.	Los impactos generados a los componentes de vegetación y suelo serán mitigados, ya que dentro de la presente MIA-R, se propone la implementación de un Subprograma de reforestación, dándose así cumplimiento al presente criterio. No obstante que una vez que se obtenga la autorización en materia de cambio de uso de suelo forestal, se realizará el depósito correspondiente al Fondo Forestal Mexicano, como compensación por la afectación a suelo forestal.
	21. Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo.	La presente estrategia no guarda relación con el proyecto, ya que para su realización requiere de la intervención de las autoridades para rediseñar los instrumentos de política que fomenten el turismo.
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	22. Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional.	El presente proyecto coadyuvará en el desarrollo turístico, sin embargo, la política dependerá de la instrumentación que las autoridades propongan en instrumentos que puedan ser considerados, observados o aplicados por los particulares. Asimismo, el proyecto al tener un objeto turístico también coadyuvará a sostener y diversificar la demanda turística, así como en la generación de empleos.
	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).	
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana		
D) Infraestructura y equipamiento urbano y regional.	31. Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables,	El proyecto no tiene por objeto el desarrollo de ciudades, razón por la cual la estrategia de mérito no guarda relación con el proyecto.

	Estrategias	Vinculación con el proyecto
	bien estructuradas y menos costosas.	
	32. Frenar la expansión desordenada de las ciudades, dotarlas de suelo apto para el desarrollo urbano y aprovechar el dinamismo, la fortaleza y la riqueza de las mismas para impulsar el desarrollo regional.	La estrategia planteada no guarda relación con el presente proyecto, no obstante, se ha observado en el presente Capítulo para su vinculación con el presente proyecto a los Programas de Desarrollo Urbano es de observancia el criterio en cita.
	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.	La presente estrategia no es de observancia dado que el proyecto no realizará actividades relacionadas con el sector agroalimentario.
E) Desarrollo social	37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas.	No es de observancia el criterio en cita. El proyecto no se desarrollará en una localidad rural con prácticas agrarias. Cabe destacar que el proyecto generará empleos temporales durante la preparación de sitio, la etapa de construcción, operación y mantenimiento, lo cual apoyará a mejorar la economía de las poblaciones cercanas.
	39. Incentivar el uso de los servicios de salud, especialmente de las mujeres y los niños de las familias en pobreza.	No es de observancia el criterio en cita. Debido a la naturaleza del proyecto no pretende llevar a cabo actividades enfocadas a esta estrategia de desarrollo social.
	38. Fomentar el desarrollo de capacidades básicas de las personas en condición de pobreza.	No es de observancia el criterio en cita. El proyecto no se desarrollará en una localidad rural con prácticas agrarias. Cabe destacar que el proyecto generará empleos temporales durante la preparación de sitio, la etapa de construcción, operación y mantenimiento, lo cual apoyará a mejorar la economía de las poblaciones cercanas.

	Estrategias	Vinculación con el proyecto
	40. Atender desde el ámbito del desarrollo social, las necesidades de los adultos mayores mediante la integración social y la igualdad de oportunidades. Promover la asistencia social a los adultos mayores en condiciones de pobreza o vulnerabilidad, dando prioridad a la población de 70 años y más, que habita en comunidades rurales con los mayores índices de marginación.	No es de observancia el criterio en cita, debido a la naturaleza del proyecto, ya que no pretende llevar a cabo actividades enfocadas a esta estrategia de desarrollo social.
	41. Procurar el acceso a instancias de protección social a personas en situación de vulnerabilidad.	No es de observancia el criterio en cita. El proyecto no realizará actividades de desarrollo social. Sin embargo, durante el desarrollo del proyecto, no se generarán situaciones de vulnerabilidad.
Grupo III. Dirigidas al Fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional		
A) Marco Jurídico	42. Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.	Dado que la estrategia del presente grupo fortalece la gestión y coordinación institucional, la cual únicamente puede ser cumplida por las autoridades competentes, no guarda relación con el proyecto.
	43. Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos.	No es de observancia el criterio en cita. El proyecto no está sujeto a Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos.
B) Planeación del ordenamiento territorial	44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.	No es de observancia el criterio en cita. El proyecto no está sujeto a impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal, sin embargo, se ha ajustado al cumplimiento de los mismos, tal como se podrá apreciar en el presente Capítulo.

III.5.2. Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe

El Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 24 de noviembre de 2012, y establece, entre otras cosas lo siguiente:

- El POEMyRGMMyMC, es el instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos. El POEMyRGMMyMC identifica, orienta y enlaza las políticas, programas, proyectos y acciones de la administración pública que contribuyan a lograr las metas regionales que en él se plantean y optimizar el uso de los recursos públicos de acuerdo con la aptitud del territorio.

Conforme a lo anterior, no se establece como una obligación para los particulares, como es el caso de la promovente, el logro de las metas regionales planteadas en el POEMyRGMMyMC, sino a la administración pública, optimizando para ello el uso de los recursos públicos.

- El POEMyRGMMyMC también establece que se construyeron las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) con base en los dos criterios centrales siguientes: primero el ser un documento normativo para el orden federal e inductivo para los órdenes estatal y municipal que debe tener la resolución necesaria como para reflejar la complejidad del territorio ordenado, y segundo que debe ser un documento suficientemente generalizado como para ser aplicado y administrado sin incrementar de manera sensible los recursos disponibles para ello.

Lo anterior, pone de manifiesto que el POEMyRGMyMC es sobre todo un **instrumento programático, normativo para el orden federal e inductivo para los órdenes estatal y municipal**, donde no se han regulado actividades propiamente dirigidas a los particulares, como es el caso de la promovente y el desarrollo del proyecto.

- El POEMyRGMyMC establece una serie de estrategias ecológicas, y acciones orientadas al logro de los lineamientos ecológicos. Las estrategias son generales o específicas, y para cada una de ellas se han identificado los sectores responsables para su instrumentación, cumplimiento de las acciones, y seguimiento en el programa. Los principales responsables, se refiere a las autoridades estatales, municipales o a la dependencia y/o entidad de la Administración Pública Federal en el ámbito de sus respectivas competencias, principalmente responsables de llevar a cabo, en el marco de sus atribuciones, las acciones en ella descritas.

Lo antes expuesto evidencia que los responsables del cumplimiento de lo establecido en el POEMyRGMyMC corresponden a las dependencias, entidades y autoridades federales, estatales y municipales que pudiesen tener atribuciones y facultades relacionadas con su instrumentación.

Por lo tanto, se concluye que no es vinculante dicho instrumento de política ambiental con el proyecto, sin embargo, se han hecho las siguientes consideraciones:

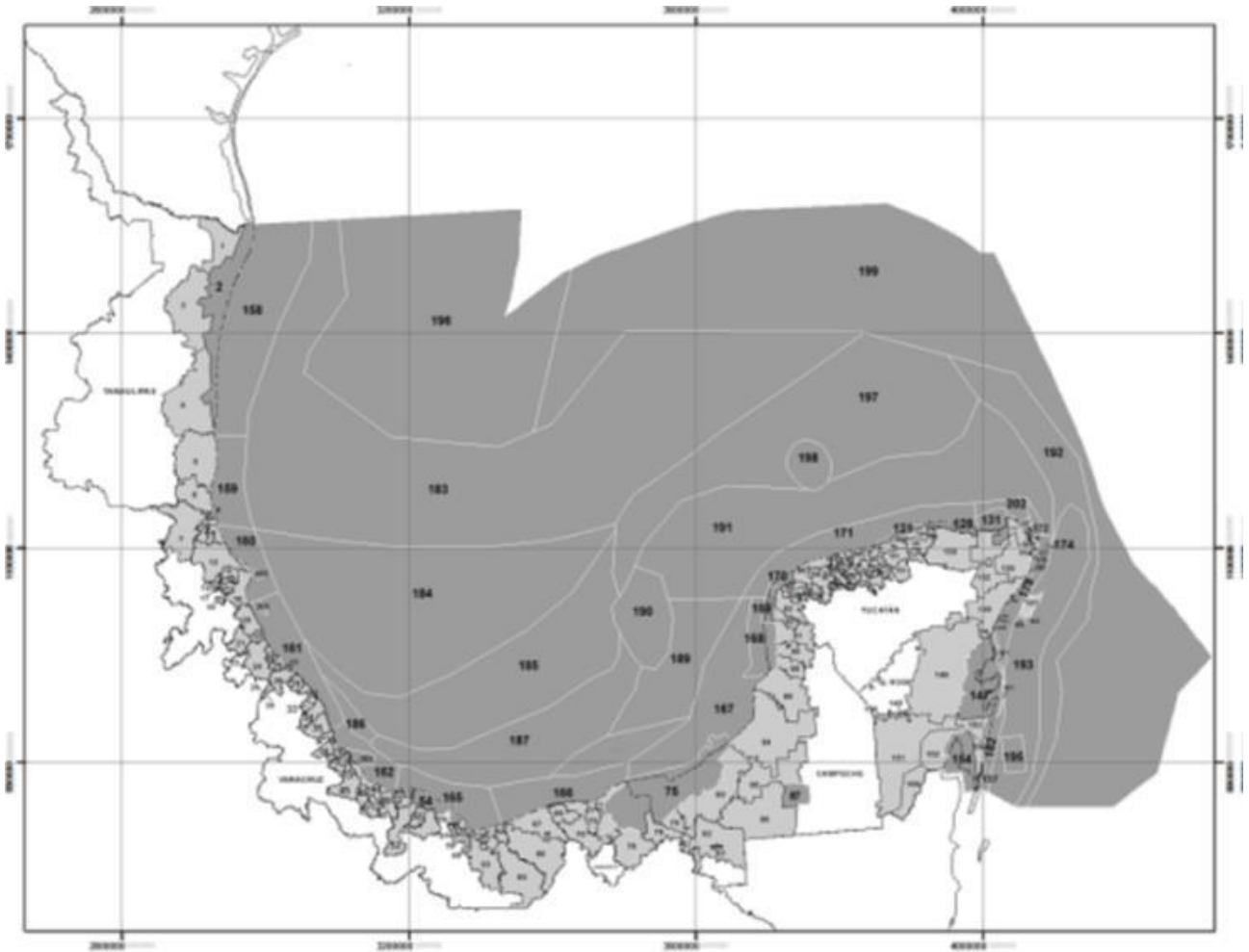
El Programa de Ordenamiento Ecológico considera un modelo con lineamientos ecológicos y unidades de gestión ambiental y una estrategia ecológica con objetivos específicos, acciones, criterios ecológicos y responsables.

Modelo de Ordenamiento Ecológico

1. Lineamientos Ecológicos que incluyen 27 metas o enunciados generales que reflejan el estado deseable de las UGA, orientados a la atención de las tendencias de deterioro ambiental identificados en la Agenda Ambiental, durante la etapa de diagnóstico, pronóstico y en el ejercicio de visión prospectiva.
2. Unidades de Gestión Ambiental (UGA), que incluyen 203 unidades clasificadas en Marinas y Regionales.
 - 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. Cabe señalar, que en dichas áreas aplica el Decreto y el Programa de Manejo correspondiente, así como las acciones generales y específicas que establece este Programa, de acuerdo con su ubicación.
 - El Área Regional 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 esta área se incluyen 3 Áreas Naturales Protegidas de competencia Federal que no tienen contacto directo con el mar, en las cuales aplica solamente el Decreto y el Programa de Manejo correspondiente. Asimismo, se incluyen 14 Áreas Naturales Protegidas Estatales.

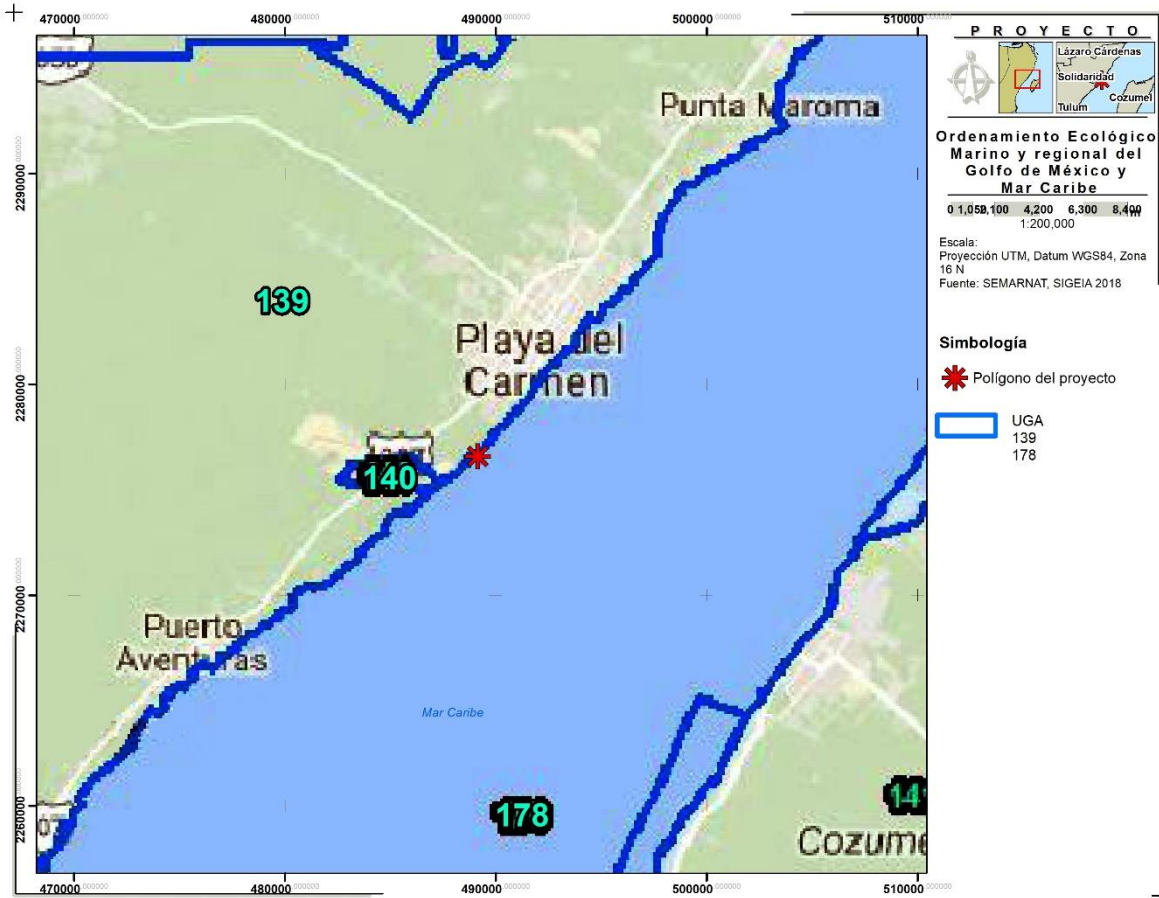
En la siguiente figura se visualiza la conformación del Modelo de Ordenamiento en Unidades de Gestión Ambiental clasificadas en marinas y regionales.

Figura III-3. Modelo de Ordenamiento en Unidades de Gestión Ambiental POEMyRGMMyMC.



En particular por la ubicación del proyecto, éste se localiza en las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) **139** y **178**, la primera de tipo Regional denominada Solidaridad y la segunda de tipo Marina, llamada Zona Marina de Competencia, como se muestra en la siguiente figura:

Figura III-4. Ubicación del proyecto en relación con las UGA´s del POEMyRGMMyMC.



De acuerdo con la anterior imagen, el proyecto se localiza en las siguientes Unidades de Gestión Ambiental:

Tabla III-17. Unidades de Gestión Ambiental de interés para el desarrollo del proyecto.

UGA	Nombre de la UGA	Acciones generales	Acciones específicas	Subregión
139	Solidaridad	1-65	1, 2, 3, 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, 37, 38, 39, 40, 44, 46, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 77	Aplican criterios de Zona Costera inmediata Mar Caribe 1-14 y la Zona Costera Inmediata al Municipio de Solidaridad, Quintana Roo
178	Zona Marina de Competencia Federal	1-65	7, 13, 16, 18, 22, 25, 29, 33, 34, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 71, 73, 74	Aplican criterios de Zona Costera inmediata Mar Caribe 1-14

A continuación, se presentan la tabla de acciones generales y su vinculación con la modificación del proyecto.

Tabla III-18. Vinculación del proyecto con respecto a las acciones generales.

No.	Acción general	Vinculación del proyecto
1. Adaptación y mitigación de los efectos del Cambio Climático Global (CCG).		
G006	Reducir la emisión de gases de efecto invernadero.	Las emisiones de contaminantes a la atmósfera serán ocasionadas en su mayoría por el uso de maquinaria para la realización de los trabajos del proyecto en la etapa constructiva del proyecto, lo que se controlará mediante el mantenimiento periódico y una verificación constante durante su uso, por lo que el proyecto coadyuvará con las acciones en cita, no obstante que se observará el contenido de las normas oficiales mexicanas aplicables.
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.	El presente proyecto no introducirá especies, en todo caso preservará aquellas especies existentes dentro del polígono del proyecto que pudieran verse afectadas por la realización del mismo, para lo cual propone en la presente MIA-R, un Programa de Manejo Integral de Flora y otro de Fauna, así como también un Subprograma de Protección de fauna marina.
G025	Fomentar el uso de especies nativas que posean una alta tolerancia a parámetros ambientales cambiantes para las actividades productivas	El proyecto se refiere al sector turístico, no pretende el desarrollo de actividades agrícolas o de cultivo, motivo por el cual la acción en cita no guarda relación con el proyecto.
G037	Elaborar modelos (sistemas mundiales de zonificación agroecológica) que permitan evaluar la sostenibilidad de la producción de cultivos; en diferentes condiciones del suelo, climáticas y del terreno.	Toda vez que las características descritas del proyecto no son similares, a la acción descrita, es por ello por lo que la acción de referencia no guarda relación con el proyecto, no obstante que en su momento se ajustará a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
G038	Evaluar la potencialidad del suelo para la captura de carbono.	No guarda relación el criterio en cita respecto al proyecto dado la naturaleza del mismo, no obstante que los temas relacionados con la salud de las personas corresponden a la Secretaría de Salud.
G057	Promover los estudios sobre los problemas de salud relacionados con los efectos del cambio climático.	

No.	Acción general	Vinculación del proyecto
2. Incremento en la participación de tecnologías limpias.		
G027	Promover el uso de combustibles de no origen fósil.	
G028	Promover el uso de energías renovables.	
G029	Promover un aprovechamiento sustentable de la energía.	Las presentes estrategias, son de aplicación para proyectos cuya finalidad es promover el uso de energías renovables, al no encontrarse en este supuesto el proyecto, ya que este se inserta en el sector turístico, las estrategias en cita, no son de observancia para la promovente.
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.	
G032	Promover la generación y uso de energía a partir de hidrógeno	
G033	Promover la investigación y desarrollo en tecnologías limpias.	
3. Conservación de la Biodiversidad.		
G003	Impulsar y apoyar la creación de UMA para evitar el comercio de especies de extracción y sustituirla por especies de producción.	No es objeto del proyecto la creación de una UMA, sin embargo, se propone la implementación de Programas de Manejo Integral de Flora, Fauna y sus Subprograma de Rescate y reubicación de fauna terrestre y el Subprograma de Protección de fauna marina, donde el objeto de los mismos es proteger a las especies.
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).	Durante el desarrollo del proyecto, no se pretende la realización de actividades de extracción de flora y fauna silvestre, sin embargo aquellas especies que sean identificadas dentro de la zona terrestre en que se llevará a cabo el proyecto, así como aquellas que se encuentran bajo alguna categoría de protección legal, serán rescatadas y reubicadas bajo los programas propuestos en el Capítulo VI de la presente MIA-R, de igual manera para aquellas especies de fauna marina que sean catalogadas bajo protección legal serán rescatadas y reubicadas.
G005	Establecer bancos de germoplasma, conforme a la legislación aplicable.	El desarrollo de acciones ambientales que corresponde al proyecto no está orientado a establecer bancos de germoplasma. El criterio en cita no guarda relación con respecto al proyecto.

No.	Acción general	Vinculación del proyecto
G008	El uso de Organismos Genéticamente Modificados debe realizarse conforme a la legislación vigente	No es objeto del proyecto, la utilización de organismos genéticamente modificados, por lo que, el criterio en cita no guarda relación con el proyecto.
G009	Planificar las acciones de construcción de infraestructura, en particular la de comunicaciones terrestres para evitar la fragmentación del hábitat.	El presente proyecto se ha planificado con respecto a la instalaciones del proyecto, sin embargo, se hará uso de una parte marina y una zona terrestre, donde no se fragmentarán los hábitats dado que se trata de dos ecosistemas distintos y no se interrelacionan entre sí.
G026	Identificar las áreas importantes para el mantenimiento de la conectividad ambiental en gradientes altitudinales y promover su conservación (o rehabilitación).	Con el desarrollo del proyecto no se afectará la conectividad ambiental en gradientes altitudinales, dado que la ubicación del mismo, en su parte terrestre es plana, sin perderse de vista que también ocupará parte de la zona marina, cuyo ecosistema costero no vera interrumpido.
4. Control de especies exóticas.		
G013	Evitar la introducción de especies potencialmente invasoras en o cerca de las coberturas vegetales nativas.	El proyecto no tiene considerada la introducción de especies potencialmente invasoras vegetativas, por lo que no tiene relación la presente acción con el proyecto.
5. Impulso a la dotación de servicios básicos a las comunidades.		
G045	Consolidar el servicio de transporte público en las localidades nodales.	
G046	Fomentar la ampliación o construcción de infraestructuras que liberen tránsito de paso, corredores congestionados y mejore el servicio de transporte.	El desarrollo del proyecto no corresponde a actividades de transporte público u obras que liberen tránsito de paso.
6. Impulso y aplicación de la Planeación Ambiental y Territorial.		
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.	Corresponde a la autoridad en los tres órdenes de gobierno dar cumplimiento a la presente acción, no obstante que en la presente vinculación se han observado los programas de ordenamiento aplicables al proyecto.
G059	El desarrollo de infraestructura dentro de un ANP deberá ser consistente con la legislación aplicable, el Programa de	El proyecto cumple con la presente acción, ya que no afectará ningún Área Natural Protegida, como se podrá observar en el apartado correspondiente del presente Capítulo.

No.	Acción general	Vinculación del proyecto
	Manejo y el Decreto de creación correspondiente.	
7. Impulso a las actividades productivas.		
G012	Impulsar la ubicación o reubicación de parques industriales en sitios ya perturbados o de escaso valor ambiental.	Corresponde a la autoridad estatal y local la reubicación de zonas industriales, no obstante que el presente proyecto corresponde al sector turístico y no guarda relación con el impulso de actividades productivas de esta naturaleza.
G047	Impulsar la diversificación de actividades productivas	La naturaleza de las obras se refiere al sector turístico y no industrial. El criterio en cita no guarda relación con el proyecto.
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.	Para la realización del presente proyecto, se pretende la adecuación de la parte superior de la escollera con caminos, la cual se localizará en la zona marina, así como también se prevé un camino de servicios en la zona terrestre, por lo que, en ambos casos, no se alterarán flujos subterráneos o superficiales, por lo tanto, el presente proyecto cumple con la presente acción.
8. Impulso de la corresponsabilidad ambiental industrial.		
G040	Fomentar la participación de las industrias en el Programa Nacional de Auditoría Ambiental.	No corresponde al proyecto el cumplimiento del criterio en cita. El proyecto no corresponde al sector industrial.
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	No es de observancia el criterio en cita, ya que no desarrollará una industria, no obstante que para su construcción se observarán las normas oficiales mexicanas que en materia de emisiones a la atmósfera sean aplicables.
9. Manejo Integral de Residuos Peligrosos.		
G053	Instrumentar programas y mecanismos de reutilización de las aguas residuales tratadas.	El proyecto no tiene por objeto la instrumentación de programas para la reutilización de aguas residuales, no obstante que hará uso de los servicios con que se cuentan en la zona.
G058	La gestión de residuos peligrosos deberá realizarse conforme a lo establecido por la legislación vigente y los lineamientos de la CICOPAFEST que resulten aplicables.	Dentro de la presente MIA-R se propone un Programa de Manejo Integral de Residuos, en el que se incluye el manejo de residuos peligrosos de conformidad a las disposiciones jurídicas de la materia, así como también se observarán los lineamientos de la CICOPAFEST.

No.	Acción general	Vinculación del proyecto
10. Manejo Integral de Descargas de agua.		
G051	Realizar campañas de concientización sobre el manejo adecuado de residuos sólidos urbanos.	La forma en que coadyuvará el proyecto con respecto al manejo adecuado de residuos sólidos es mediante la implementación de un Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual se propone en la presente MIA-R y donde se incluye la concientización de los trabajadores del manejo adecuado de los mismos, para que sean depositados en los contenedores asignados para su posterior recolección y disposición final en el lugar que el municipio tenga determinado.
G054	Promover en el sector industrial la instalación y operación adecuada de plantas de tratamiento para sus descargas.	Como ya se ha mencionado con anterioridad, el proyecto no corresponde a una industria, por lo que la presente acción no guarda relación con el proyecto.
11. Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos.		
G052	Implementar campañas de limpieza, particularmente en asentamientos suburbanos y urbanos (descacharrización, limpieza de solares, separación de basura, etc.).	Realizar o implementar campañas respecto del manejo de residuos de los aquí citados, no corresponde a los particulares, sin embargo, la forma en que coadyuvará el proyecto con respecto al manejo adecuado de residuos sólidos es mediante la implementación de un Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual se propone en el Capítulo VI de la presente MIA-R.
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 con la normatividad vigente.	No se pretende la construcción de sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos, peligrosos o de manejo especial, pero sí se ha considerado un manejo y disposición final de todo tipo de residuos de conformidad a la normatividad vigente.
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.	En el desarrollo del proyecto se ha considerado un Programa de Manejo Integral de Residuos, en el que se incluye el manejo de residuos peligrosos de conformidad a las disposiciones jurídicas de la materia, así como también se observarán los lineamientos de la CICOPLAFEST.
12. Manejo integral del agua.		
G001	Promover el uso de tecnologías y prácticas de manejo para el uso eficiente del agua en coordinación con	Para el suministro de agua potable en el desarrollo del proyecto, se aplicarán tecnologías de manejo para el uso de eficiente del agua, precisándose que se contempla la instalación de

No.	Acción general	Vinculación del proyecto
	la CONAGUA y demás autoridades competentes.	cuartos de máquinas en la zona de servicios para suministrar agua potable.
G002	Promover el establecimiento del pago por servicios ambientales hídricos en coordinación con la CONAGUA y las demás autoridades competentes.	No es de observancia el criterio en cita. Corresponde a las autoridades el establecimiento del pago por servicios ambientales hídricos.
13. Prevención de la contaminación.		
G061	La construcción de infraestructura costera se deberá realizar con procesos y materiales que minimicen la contaminación del ambiente marino.	El proyecto contempla el uso de materiales de la región a efecto de minimizar la contaminación del ambiente marino, además de que se colocarán mayas geotextiles para evitar la dispersión de sedimentos y se propone en el Capítulo VI de la presente MIA-R, un Programa de Monitoreo Ambiental, el cual está conformado por un Subprograma de Monitoreo de la Calidad del Agua y un Subprograma de Monitoreo de Línea de Costa, por lo que el proyecto da cumplimiento a la acción de mérito.
14. Prevención o mitigación de los efectos de ocupación de espacios amenazados por las precipitaciones.		
G015	Evitar el asentamiento de zonas industriales o humanas en los márgenes o zonas inmediatas a los cauces naturales de los ríos.	El proyecto no guarda relación con el criterio en cita, ya que no se prevén asentamientos industriales o humanos, pues el proyecto únicamente guarda relación con la actividad turística.
15. Prevención y mitigación de riesgos hacia la población.		
G017	Desincentivar las actividades agrícolas en las zonas con pendientes mayores a 50%.	No es de observancia el criterio en cita. El proyecto no pretende el desarrollo de actividades agrícolas.
G023	Implementar campañas de control de especies que puedan convertirse en plagas.	Considerando que el proyecto consiste en la realización de obras y actividades en un ecosistema costero, el presente criterio no es aplicable, ya que no se llevarán a cabo actividades agrícolas.
G048	Instrumentar y apoyar campañas para la prevención ante la eventualidad de desastres naturales.	Corresponde a la autoridad instrumentar campañas para la prevención ante la eventualidad de desastres naturales, no obstante, el proyecto ante la ocurrencia de algún fenómeno meteorológico atenderá a las indicaciones que en su momento la autoridad transmita.
G049	Fortalecer la creación o consolidación de los comités de protección civil.	Corresponde a la autoridad la consolidación de comités de protección civil.

No.	Acción general	Vinculación del proyecto
G050	Promover que las construcciones de las casas habitación sean resistentes a eventos hidrometeorológicos.	Dada la naturaleza del proyecto, éste no guarda relación con la construcción de casas o asentamientos humanos, por lo que no es aplicable el criterio de mérito.
16. Promoción de la Conservación y Restauración de los bosques y selvas del ASO.		
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.	Para la realización del presente proyecto, algunas de las obras en zona terrestre, se requiere del cambio de uso de suelo, para lo cual se propone un Subprograma reforestación, con la finalidad de mitigar el impacto que se genere por la remoción de vegetación, asimismo, una vez que se obtenga la autorización en materia de cambio de uso de suelo forestal, se realizará el depósito correspondiente por concepto de compensación ambiental para actividades de reforestación, restauración y su mantenimiento al Fondo Forestal Mexicano.
G014	Promover la reforestación en los márgenes de los ríos.	El presente criterio no es aplicable al proyecto ya que éste no se desarrollará sobre algún río, sino en zona marina y terrestre.
17. Promoción de la Conservación y Restauración de los manglares y humedales.		
G018	Recuperar la vegetación que consolide los márgenes de los cauces naturales en el ASO, de conformidad con lo dispuesto en la Ley de Aguas Nacionales, la Ley General de Vida Silvestre y demás disposiciones jurídicas aplicables.	El desarrollo del proyecto no se ubicará sobre ningún cauce, por ende, no es objeto recuperar la vegetación en cauces naturales. El criterio no guarda relación con el proyecto.
G020	Recuperar y mantener la vegetación natural en las riberas de los ríos y zonas inundables asociadas a ellos.	Como se ha indicado con anterioridad, el sitio del proyecto no tiene presencia de ríos que puedan verse afectados.
G039	Promover y fortalecer la formulación e instrumentación de los ordenamientos ecológicos locales en el ASO.	Corresponde a la autoridad estatal y/o local la formulación de instrumentos de planeación como son los ordenamientos ecológicos.
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	El presente proyecto se ajustará a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, ya que requerirá de la autorización de cambio de uso forestal, no obstante que en la presente solicitud de autorización de impacto ambiental se somete a consideración de la autoridad el cambio de uso de suelo en materia de impacto ambiental.

No.	Acción general	Vinculación del proyecto
	Forestal Sustentable y demás disposiciones jurídicas aplicables.	
18. Promoción de la planeación y Ordenamiento de los asentamientos humanos e industriales.		
G041	Fomentar la elaboración de Programas de Desarrollo Urbano en los principales centros de población de los municipios	Corresponde a la autoridad local, la elaboración de Programas de Desarrollo Urbano, no obstante que el presente proyecto se ha vinculado con los Programas de Desarrollo Urbano que le son aplicables al proyecto.
19. Promoción y regulación de las actividades turísticas bajo esquemas de sustentabilidad.		
G011	Instrumentar medidas de control para minimizar las afectaciones producidas a los ecosistemas costeros por efecto de las actividades humanas.	De acuerdo con el proceso constructivo planteado en el Capítulo II, en la presente MIA-R se proponen diversas medidas para prevenir o en su caso minimizar cualquier afectación en los ecosistemas costeros, además de que se ha propuesto la instrumentación de diversos programas.
20. Protección de los ecosistemas costeros.		
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 Acuicultura Sustentable.	Corresponde a la autoridad ambiental lo citado en la presente acción específicamente con relación a las medidas tendientes a la protección de quelonios, mamíferos marinos y especies bajo un estado especial de protección. Sin embargo, cabe destacar que durante el desarrollo del proyecto se ha considera la implementación de acciones de manejo para la conservación de fauna marina.
G060	Ubicar la construcción de infraestructura costera en sitios donde se minimice el impacto sobre la vegetación acuática sumergida.	El proyecto ha considera acciones de protección y conservación para el ecosistema marino (Ver Capítulo VI de la presente MIA-R).
G065	La realización de obras y actividades en Áreas 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.	El proyecto no se desarrollará en ningún Área Natural Protegida, por lo que no es aplicable el presente criterio. El proyecto queda exento de la aplicación de cualquier Decreto o Programa de Manejo.
21. Recuperación de la Salud y el Potencial Productivo de las Pesquerías.		

No.	Acción general	Vinculación del proyecto
G044	Contribuir a la construcción y reforzamiento de las cadenas productivas y de comercialización interna y externa de las especies pesqueras	El proyecto no corresponde al desarrollo de actividades pesqueras, por lo que no guarda relación con el criterio en cita.
G063	Promover la elaboración de ordenamientos pesqueros y acuícolas a diferentes escalas y su vinculación con los ordenamientos ecológicos	Corresponde a la autoridad la elaboración de ordenamientos pesqueros y acuícolas. El proyecto no desarrollará actividades pesqueras, ni acuícolas.
22. Recuperación y consolidación de la cobertura vegetal.		
G016	Reforestar las laderas de las montañas con vegetación nativa de la región.	El proyecto se desarrollará en zona marina y zona terrestre, sin que en este último lugar existan laderas montañosas.
24. Regulación de las actividades agropecuarias.		
G010	Instrumentar campañas y mecanismos para la reutilización de áreas agropecuarias para evitar su expansión hacia áreas naturales.	El proyecto no pretende el desarrollo de actividades agropecuarias, por lo que no guarda relación alguna con el criterio en cita.
G021	Promover las tecnologías productivas en sustitución de las extractivas.	No es de observancia el criterio en cita, las acciones del proyecto no contemplan actividades productivas.
G022	Promover el uso de tecnologías productivas intensivas en sustitución de las extensivas.	
G062	Implementar procesos de mejora de la actividad agropecuaria y aplicar mejores prácticas de manejo.	El proyecto no guarda relación con el criterio en cita. Dicho criterio refiere a actividades agropecuarias y proyecto corresponde al sector turístico.
25. Aprovechamiento sustentable de la energía.		
G030	Fomentar la producción y uso de equipos energéticamente más eficientes.	No es de observancia el criterio para el proyecto en cuestión. No se pretende el uso y manejo de energías renovables.
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.	Las acciones en cita no guardan relación con el proyecto, ya que el mismo corresponde al sector turístico, sin embargo, en el desarrollo del proyecto se procurará el uso eficiente de energía.
G035	Establecer medidas que incrementen la eficiencia energética de las instalaciones domésticas existentes.	

No.	Acción general	Vinculación del proyecto
G036	Establecer medidas que incrementen la eficiencia energética de las instalaciones industriales existentes.	El proyecto no corresponde a instalaciones industriales. El presente criterio no tiene relación con el proyecto.

Adicionalmente se realizará la vinculación del proyecto con las acciones específicas:

Tabla III-19. Vinculación de las obras con respecto a las acciones específicas.

No.	Acciones específicas	UGA	Vinculación del proyecto
1. Adaptación y mitigación de los efectos del Cambio Climático Global (CCG).			
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.	139	El proyecto no guarda relación con el sector industrial, por lo que no guarda relación la presente acción con el mismo, no obstante, se apegará a la normatividad aplicable en materia de emisiones, derivado del uso de maquinaria para la realización de los trabajos del proyecto, ya que las emisiones al aire serán de manera temporal.
2. Incremento en la participación de tecnologías limpias.			
A033	Fomentar el aprovechamiento de la energía eólica, excepto cuando su infraestructura pueda afectar corredores de especies migratorias.	139 178	La acción en cita no guarda relación con el proyecto, en virtud de que el mismo no promoverá, fomentará o impulsará el uso de tecnologías limpias para la generación de energía eléctrica, pues el proyecto guarda relación con el sector turístico.
A034	Promover mecanismos de generación de energía eléctrica usando la fuerza mareomotriz.	178	
A037	Promover la generación energética por medio de energía solar.	139	
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.	139	El proyecto no utilizará residuos agrícolas para la generación de energía, no obstante que el impulso de éstas prácticas correspondería las autoridades municipales o estatales.
3. Conservación de la Biodiversidad.			
A007	Promover la constitución de áreas destinadas	139	El presente proyecto no prevé la constitución de áreas destinadas voluntariamente a la conservación, por lo

MIA-R

CAPÍTULO III

Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

No.	Acciones específicas	UGA	Vinculación del proyecto
	voluntariamente a la conservación o ANP en áreas aptas para la conservación o restauración de ecosistemas naturales.	178	que la promoción a la constitución de las mismas requiere de la intervención de la CONANP, resultando inaplicable el criterio al presente proyecto, atendiendo a las características que guarda el mismo.
A008	Evitar las actividades humanas en las playas de anidación de tortugas marinas, salvo aquellas que estén autorizadas en los programas de conservación.	139	El presente proyecto se ajusta a los criterios de referencia al no prever obras o actividades que pudieran afectar zonas de anidación de tortugas, ya que el sustrato de la zona en donde se efectuará el proyecto es rocoso con pequeñas franjas de arena, donde no hay anidación de tortugas.
A009	Fortalecer la inspección y vigilancia en las zonas de anidación y reproducción de las tortugas marinas.	139	Por otra parte, en ninguno de los transectos se encontraron avistamientos de tortugas, ej. Chelonia mydas (tortuga blanca o verde), Caretta caretta (tortuga caguama) o Eretmochelys imbricata (tortuga carey) que son las que se encuentran registradas para la zona de estudio, asimismo de mamíferos marinos.
A010	Fortalecer el apoyo económico de las actividades de conservación de las tortugas marinas.	139	
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).	139 178	Para la realización del proyecto se ha propuesto en el Capítulo VI de la presente MIA-R, Programas de manejo de Flora y Fauna, cuya finalidad es rescatar y reubicar aquellas especies que pudieran verse afectadas con la realización del proyecto, principalmente de aquellas que se encuentren bajo alguna categoría de las consideradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

4. Control de especies exóticas.

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	139 178	Al respecto es importante señalar el contenido de los artículos 76 y 77 de la Ley de Navegación y Comercio Marítimo, los cuales establecen lo siguiente: <i>“Artículo 76.- De conformidad con lo que establecen los tratados internacionales, se prohíbe derramar hidrocarburos persistentes que se transporten como carga, o que se lleven en los tanques de consumo de las</i>
------	--	------------	---

MIA-R

CAPÍTULO III

Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

No.	Acciones específicas	UGA	Vinculación del proyecto
	Navegación y Comercio Marítimo.		<p><i>embarcaciones. Asimismo, se prohíbe descargar, derramar, arrojar o cualquier acto equivalente, lastre, escombros, basura, aguas residuales, así como cualquier elemento en cualquier estado de la materia o energía que cause o pueda causar un daño a la vida, ecosistemas y recursos marinos, a la salud humana o a la utilización legítima de las vías navegables y a la altamar que rodea a las zonas marinas mexicanas identificadas en la Ley Federal del Mar.</i></p> <p><i>La responsabilidad civil por daños derivados de la contaminación marina procedente de embarcaciones, artefactos navales e industrias costeras se regirá por los tratados internacionales, por el capítulo respectivo de esta Ley, así como por la legislación aplicable en cada especie de contaminación marina.</i></p> <p><i>A las sanciones administrativas derivadas de las infracciones a lo señalado en este capítulo, se sumará la obligación de reparación del daño, consistente en la limpieza y restauración efectiva de las áreas contaminadas. Esta disposición no prejuzga sobre la responsabilidad penal en que incurran los sujetos contaminantes, ni los servidores públicos que por cualquier modo autoricen o consientan el acto o la omisión resultante en la contaminación.”</i></p> <p>“Artículo 77.- <i>La distribución de competencias de las dependencias de la Administración Pública Federal en materia de prevención y control de la contaminación marina, se basará en las siguientes normas, para lo cual dichas dependencias estarán obligadas a celebrar los convenios de coordinación necesarios que garanticen la efectiva prevención y control bajo la responsabilidad de sus titulares, quienes deberán además dar seguimiento estricto de su aplicación:</i></p> <p>A. <i>La Secretaría, certificará e inspeccionará en el ámbito portuario que las embarcaciones cumplan con lo establecido en el presente capítulo y, reportará inmediatamente a las demás dependencias competentes cualquier contingencia en materia de contaminación marina. Deberá asimismo sancionar a los infractores en el ámbito de su competencia.</i></p> <p>B. <i>La Secretaría de Marina, en las zonas marinas mexicanas establecidas en la Ley Federal del Mar, vigilará el cumplimiento de lo establecido en el presente capítulo. De igual manera, verificará las posibles afectaciones por contaminación en dichas zonas y sancionará a los infractores responsables cuando sean identificados de conformidad con el reglamento</i></p>

No.	Acciones específicas	UGA	Vinculación del proyecto
			<p>respectivo. Además, aplicará de acuerdo con sus ordenamientos el Plan Nacional de Contingencias para combatir y controlar derrames de hidrocarburos y otras sustancias nocivas en el mar, en coordinación con otras dependencias del gobierno federal involucradas.</p> <p>C. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, coordinará los programas de prevención y control de la contaminación marina, así como el Plan Nacional de Contingencias en el ámbito marítimo.</p> <p>Deberá asimismo sancionar a los infractores en el ámbito de su competencia.”</p> <p>Al respecto es importante mencionar que el proyecto que se somete a evaluación en materia de impacto ambiental, no tiene por objeto la realización de actividades marítimas, sino únicamente otorgará servicio a embarcaciones con la construcción de una instalación portuaria, por lo que en todo caso aquellas embarcaciones que circulan y pudieran llegar a la zona del proyecto, deberán ajustarse a la normatividad aplicable, con la finalidad de mantener en óptimas condiciones sus transportes marítimos y evitar la derrama de hidrocarburos, además de que deberán observar la normatividad que en la materia cuentan la Secretaría de Marina y en su caso la SEMARNAT.</p> <p>Dicho lo anterior, en la presente MIA-R, se propone un Subprograma de Monitoreo de la Calidad del Agua, lo cual permitirá identificar la existencia de especies invasoras.</p>

5. Impulso a la dotación de servicios básicos a las comunidades.

A059	Identificar, reforzar o dotar de equipamiento básico a las localidades estratégicas para la conservación y/o el desarrollo sustentable.	139	El proyecto no tiene por objeto la dotación de servicios básicos, sin embargo, ofrecerá un servicio turístico, mismo que se desarrollará de manera sustentable, proponiendo diversas medidas para prevenir o minimizar los impactos ambientales que en su caso se puedan generar.
A061	Mejorar las condiciones de las viviendas y de infraestructura social y comunitaria en las localidades de mayor marginación.	139	Corresponde a la autoridad local, lo indicado por la presente acción. Ya que el proyecto no tiene por objeto mejorar las condiciones de las viviendas de infraestructura social y comunitaria.

7. Impulso a las actividades productivas.

MIA-R

CAPÍTULO III

Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

No.	Acciones específicas	UGA	Vinculación del 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.	178	El proyecto no tiene por objeto el impulso de actividades productivas, ni el desarrollo de infraestructura portuaria de gran tamaño, sin embargo coadyuvará en el desarrollo de infraestructura turística, cuyas obras y actividades se han sustentado en estudios, así como también se han propuesto diversos programas con la finalidad de garantizar la no afectación a los recursos naturales y en su caso mitigar los impactos ambientales que se pudieran generar por la construcción del proyecto.
A077	La construcción, modernización y ampliación de la infraestructura aeroportuaria 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.	139	El presente criterio no guarda relación con el proyecto, derivado de que no considera la construcción, modernización o ampliación de infraestructura aeroportuaria.
8. Impulso de la corresponsabilidad ambiental industrial.			
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.	139	En el desarrollo del proyecto se pretende que el uso de maquinaria para la realización del mismo se ajuste a las normas oficiales mexicanas en materia de emisiones. Adicionalmente, se prevé el uso de instalaciones de la zona, así como también la implementación de un Programa de Manejo de Residuos, con la finalidad de evitar cualquier tipo de contaminación al suelo. Lo anterior ayudará a controlar emisiones y descargas para mejorar la calidad del aire, agua y suelos. Ajustándose el proyecto al criterio en cita.
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.	139	En el desarrollo del proyecto se implementará un Programa de Manejo Integral de Residuos, además de que será contratada una empresa especializada y acreditada para el manejo adecuado y disposición final de residuos peligrosos y de manejo especial.

No.	Acciones específicas	UGA	Vinculación del proyecto
10. Manejo Integral de Descargas de agua.			
A063	Instalar nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales municipales y optimizar las ya existentes.	139	
A064	Completar la conexión de las viviendas al sistema de colección de aguas residuales municipales y a las plantas de tratamiento.	139	Estás acciones no tienen relación con el proyecto, ya que no se prevé la instalación de plantas de tratamiento, pues como se ha mencionado con anterioridad, que se hará uso de las instalaciones de la zona, no obstante que el proyecto no contempla la descarga de aguas residuales.
A065	Instrumentar programas de recuperación y mejoramiento de suelos mediante el uso de lodos inactivados de las plantas de tratamiento de aguas servidas municipales.	139	
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.	139	Corresponde a la autoridad incrementar la capacidad de tratamiento de las plantas para dar tratamiento terciario a los efluentes e inyectar aguas de mayor calidad al manto freático.
A067	Incrementar la capacidad de captación de aguas pluviales en las zonas urbanas y turísticas.	139	Como se puede observar, se realizarán las medidas pertinentes para llevar a cabo la acción en comento, cabe resaltar que siempre se les dará un absoluto cumplimiento a estos temas.
11. Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos.			
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.	139	Durante la realización del proyecto se ha propuesto un Programa de Manejo de Residuos, en el que se contempla el manejo de cada uno de los citados en el presente criterio, por lo que el proyecto se ajusta al cumplimiento de la presente acción.
A069	Promover el tratamiento o disposición final de los residuos sólidos urbanos, peligrosos y de	139	En el manejo de residuos se pretende implementar un Programa de Manejo Integral de Residuos, que entre otras cosas prevé el tratamiento y disposición final de los diferentes tipos de residuos, para este último caso será contratada una empresa especializada y

MIA-R

CAPÍTULO III

Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

No.	Acciones específicas	UGA	Vinculación del proyecto
	manejo especial para evitar su disposición en el mar.		debidamente acreditada para tal fin; ajustándose el proyecto al criterio en cita.
A070	Realizar campañas de colecta y concentración de residuos sólidos urbanos en la zona costera para su disposición final.	139	Como se ha venido indicando, en el desarrollo del proyecto se implementará un Programa de Manejo de Residuos para una disposición adecuada de los mismos.
12. Manejo integral del agua.			
A005	Fomentar la reducción de pérdida de agua durante los procesos de distribución de la misma.	139	En el desarrollo del proyecto se observará lo dispuesto en el presente criterio, con la finalidad de evitar pérdida o un mal uso del recurso hídrico.
A006	Implementar programas para la captación de agua de lluvia y el uso de aguas grises.	139	De acuerdo con la naturaleza del proyecto y su ubicación en zona terrestre y marina, donde habrá una continua permeabilidad del agua pluvial, no obstante que la instalación portuaria no tendría las condiciones para la captación del agua lluvia, asimismo para el área de servicios que se tiene considerada, se implementará un sistema de captación de agua de lluvia y el uso de aguas grises.
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.	139	El proyecto contempla la implementación de un Programa de Manejo Integral de Residuos de conformidad a la legislación ambiental a fin de evitar riesgos de contaminación al suelo, agua y aire.
13. Prevención de la contaminación			
A020	Promover el uso de tecnologías de manejo de la caña en verde para evitar las emisiones producidas en los periodos de zafra.	139	El proyecto no guarda relación con el manejo de la caña, por lo que no podrá generar contaminación por emisiones de esta índole.
A022	Fomentar programas de remediación y monitoreo de zonas y aguas costeras afectadas por los hidrocarburos.	139 178	Para la realización del proyecto se pretende la implementación de un Programa de Manejo de Residuos, asimismo durante la colación de la instalación portuaria, se vigilará que los equipos que se utilicen funcionen en óptimas condiciones para evitar cualquier tipo de accidente con hidrocarburos.

No.	Acciones específicas	UGA	Vinculación del proyecto
			Adicionalmente se ha propuesto un Programa de Monitoreo (Medios acuático y litoral).
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.	139	Se implementará medidas preventivas y correctivas de contaminación del suelo en el caso de algún inadecuado manejo de residuos, en el que se incluye una emergencia o contingencia de algún derrame se tomarán las acciones inmediatas para la remediación in situ.
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.	139 178	Durante el desarrollo del proyecto, se contempla la implementación de un Programa de Manejo Integral de residuos, que incluye el manejo de residuos peligrosos a fin de prevenir la contaminación al suelo.
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.	139	El proyecto no corresponde al sector industrial. El proyecto se relaciona con el sector turístico, no obstante, se observará lo dispuesto en la Ley General de Cambio Climático y su reglamento, así como las normas oficiales mexicanas en materia de emisiones.
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.	139 178	Si bien es cierto, la instalación portuaria pretendida otorgará un servicio a embarcaciones de tipo turísticas, también es cierto que las mismas deberán ajustarse a las disposiciones jurídicas aplicables respecto al vertido y disposición de residuos. Por otra parte, para la realización del presente proyecto se contempla la implementación de un Programa de Manejo de Residuos, así como un Programa de Monitoreo (Medios acuático y litoral) con la finalidad de prevenir cualquier tipo de afectación al medio marino por residuos.
14. Prevención o mitigación de los efectos de ocupación de espacios amenazados por las precipitaciones.			

No.	Acciones específicas	UGA	Vinculación del proyecto
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.	139	Corresponde a la autoridad local la supervisión del no establecimiento de zonas urbanas en zonas de riesgo; cabe aclarar que el presente proyecto se ubicará en una zona marina y otra terrestre, donde no se afectarán zonas de restauración ecológica, humedales, dunas costeras o manglares.

15. Prevención y mitigación de riesgos hacia la población.

A058	Realizar campañas para reubicar a personas fuera de las zonas de riesgo.	139	No es de observancia el criterio para el proyecto que nos ocupa.
A060	Establecer y mejorar sistemas de alerta temprana ante eventos hidrometeorológicos extremos.	139	Corresponde a la autoridad local, la supervisión en el establecimiento de sistemas de alerta. En particular el responsable del proyecto, consciente ante la posible presencia de eventos hidrometeorológicos tomará las medidas necesarias para evitar riesgos accidentales con el turista y el personal operativo que en su momento se ubique en la instalación portuaria.

16. Promoción de la Conservación y Restauración de los bosques y selvas del ASO.

A011	Establecer e impulsar programas de restauración y recuperación de la cobertura vegetal original para revertir el avance de la frontera agropecuaria.	139	Para la realización de las obras en zona terrestre del presente proyecto, se pretende la remoción de cobertura vegetal, sin embargo, ha propuesto como medida de mitigación, la implementación de un subprograma de reforestación, aun cuando no guarda el proyecto relación con una actividad agropecuaria.
A015	Promover e impulsar la reubicación de instalaciones que se encuentran sobre las dunas arenosas en la zona costera del ASO.	139	La presente acción no es aplicable al proyecto, ya que el mismo no afectará zonas de duna costera, pues el sustrato de la zona en donde se efectuará la obra es rocoso con unas pequeñas franjas de arena.

17. Promoción de la Conservación y Restauración de los manglares y humedales.

A014	Instrumentar campañas de restauración, reforestación y recuperación de manglares y otros humedales en las zonas de mayor viabilidad ecológica.	139	La ubicación de las obras que conforman el proyecto se encuentra fuera de zonas de manglar. De acuerdo con CONABIO (2016) en el polígono del proyecto se registró un uso de suelo (desarrollo antrópico), un tipo de vegetación (Otra vegetación, que de acuerdo con INEGI esta corresponde a vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia) y como información complementaria, se cuenta con cuerpos de agua y superficie sin vegetación, la cual corresponde a playa y
------	--	-----	---

MIA-R

CAPÍTULO III

Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

No.	Acciones específicas	UGA	Vinculación del proyecto
			rocas, tal y como se mencionó en el Capítulo IV de la presente MIA-R.
18. Promoción de la planeación y Ordenamiento de los asentamientos humanos e industriales.			
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.	139	Corresponde a la autoridad local, promover el desarrollo urbano mediante Programas de Desarrollo Urbano. Se destaca que en el presente Capítulo se ha vinculado el proyecto con lo establecido en el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Playa del Carmen, Quintana Roo, 2010-2050.
A051	Promover la construcción de caminos rurales, de terracería o revestidos entre las localidades estratégicas para mejorar la comunicación.	139	La acción específica no guarda relación con el presente proyecto, motivo por el cual no le es aplicable.
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.	139 178	Corresponde a la autoridad ambiental establecer acciones coordinadas con el sector turístico para la conservación de ecosistemas. Sin embargo, el responsable del proyecto, consciente del compromiso ambiental, y en apego a los ordenamientos e instrumentos legales, se ha diseñado una serie de medidas o estrategias ambientales a fin de reducir al mínimo la afectación que con el desarrollo del proyecto se pudiera ocasionar. Lo que hace que el proyecto sea congruente con la acción en cita.
19. Promoción y regulación de las actividades turísticas bajo esquemas de sustentabilidad.			
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.	139	Corresponde a la autoridad establecer los criterios de sustentabilidad mediante certificaciones ambientales nacionales o internacionales para desarrollo turísticos.
A073	Construir, modernizar y ampliar la infraestructura portuaria de gran tamaño de apoyo al turismo (embarcaciones	178	El proyecto coadyuvará en el desarrollo de infraestructura turística, para lo cual pretende la instalación portuaria para la atención de embarcaciones, obra y actividad que se ha sustentado

No.	Acciones específicas	UGA	Vinculación del proyecto
	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.		en estudios, así como también se han propuesto diversos programas con la finalidad de garantizar la no afectación a los recursos naturales y en su caso mitigar los impactos ambientales que se pudieran generar por la construcción del proyecto.
20. Protección de los ecosistemas costeros.			
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.	139	La presente acción no es aplicable al proyecto, ya que el mismo no afectará zonas de duna costera, pues el sustrato de la zona en donde se efectuará la obra es rocoso con unas pequeñas franjas de arena.
A027	Mantener al mínimo posible la superficie ocupada por las instalaciones de infraestructura en las playas para evitar su perturbación.	139	No es de observancia el criterio en cita. No habrá desarrollo de obras en playa, ya que el sustrato de la zona en donde se efectuará la obra es rocoso con unas pequeñas franjas de arena.
A028	Promover las medidas necesarias para que la instalación de infraestructura de ocupación permanente sobre el primero o segundo cordón de dunas evite generar efectos negativos sobre su estructura o función ecosistémica.	139	El proyecto no se realizará sobre zona de dunas, ya que no existen éstas dentro de la zona de construcción del proyecto, además de que el sustrato de la zona en donde se efectuará la obra es rocoso con unas pequeñas franjas de arena.
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.	139 178	En la tabla de responsables de la instrumentación de las acciones contenidas en el presente Programa de Ordenamiento Ecológico, se dispone que para el cumplimiento de la presente acción se requiere de la intervención de la SCT, SECTUR, SEMARNAT y los Estados, en este entendido, no corresponde a los particulares la implementación de la acción en cita, sobre todo cuando promover las acciones de la naturaleza indicada ya ha sido asignadas a las autoridades, misma que deberán actuar en el ámbito de su competencia, no obstante ello la acción que nos ocupa no guarda relación con el proyecto por las razones que a continuación se exponen.

No.	Acciones específicas	UGA	Vinculación del proyecto
-----	----------------------	-----	--------------------------

El sitio donde se ubica el proyecto se caracteriza por una costa rocosa baja con pequeñas caletas donde se reconocen afloramientos de escollos rocosos en la zona intermareal, lo cual impide que el proyecto impacte negativamente en el perfil de la costa. La erosión de este tipo de costa se debe fundamentalmente a la acción diferencial del oleaje, y está en función de las distintas resistencias de las rocas con relación a su composición química y compactación. La fisiografía producida por la erosión diferencial en costas rocosas se expresa en forma de arcos, muescas de abrasión que se forman en zonas de debilidad de las rocas. En rocas calcáreas, como las que hay en el sitio de estudio se forman muescas por disolución, así mismo, las acciones biogénicas también contribuyen a la disolución de las rocas (Castro, et al., 2005).

Por la naturaleza del proyecto, se espera un impacto no relevante a las corrientes litorales, ya que estas bordearan las obras marinas. En la zona donde se proyectan las estructuras, la magnitud de las corrientes son de moderada a baja, con valores de 0.4 a 0.2 m s⁻¹, respectivamente (Figura 1).

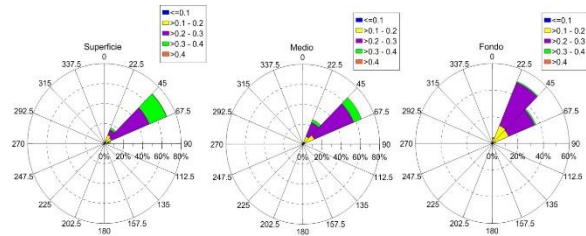


Figura III-5. Rosas de corriente en superficie, medio y fondo, registradas en la estación ADCP Aquadop entre el 2 y el 6 de agosto del 2016.

Es importante señalar, que los valores máximos registrados durante este período se debieron a un evento meteorológico extremo (Huracán Earl), el cual tuvo mayor incidencia en la zona durante la tarde noche del día 4 de agosto del 2016 (Figura 2).

No.	Acciones específicas	UGA	Vinculación del proyecto
-----	----------------------	-----	--------------------------

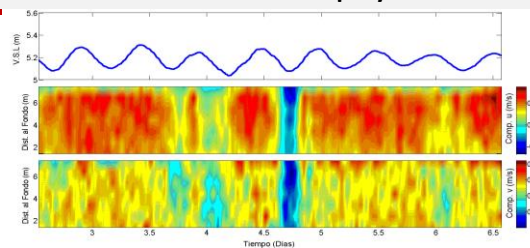


Figura III-6. Series de tiempo de variación de la superficie libre, componentes u (E-W) y v (N-S) registradas en la estación ADCP Aquadop entre el 2 y el 6 de agosto del 2016.

Finalmente, se destaca que las obras del proyecto tienen como finalidad la protección de la zona por fenómenos meteorológicos, de tal manera que incluso las obras que han sido descritas en el Capítulo II de la presente MIA, han sido autorizadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes bajo dicho concepto de protección, a través de la autorización 3.41.18, de fecha 16 de octubre del 2018, expedida por la Dirección de Puertos.

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.	139	Durante la construcción del proyecto se tendrá en cuenta este criterio, buscando su aplicación en todo momento.
A031	Promover la preservación de las características naturales de las barras arenosas que limitan los sistemas lagunares costeros.	139	Considerando la ubicación del proyecto, éste se localizará en la zona marina y no en un sistema lagunar costero, por lo que la presente acción no es aplicable.
A032	Promover el mantenimiento de las características naturales, físicas y químicas de playas y dunas costeras.	139	Se reitera que el presente proyecto no afectará zonas de duna costera, además de que el sustrato de la zona en donde se efectuará la obra, es rocoso pequeñas franjas de arena.
21. Recuperación de la Salud y el Potencial Productivo de las Pesquerías.			
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	139 178	El desarrollo del proyecto no pretende actividades pesqueras, ni de producción acuícola, por lo que el criterio no guarda relación con el proyecto.

No.	Acciones específicas	UGA	Vinculación del proyecto
	cuya infraestructura no afecte los sistemas naturales.		
A041	Fortalecer los mecanismos de seguimiento y control de las pesquerías comerciales para evitar su sobreexplotación.	178	El desarrollo del proyecto no pretende actividades pesqueras, ni de producción acuícola, por lo que el criterio no guarda relación con el proyecto.
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.	178	El desarrollo del proyecto no pretende actividades pesqueras, ni de producción acuícola. El proyecto corresponde al sector de turismo.
A044	Diversificar la base de especies en explotación comercial en las pesquerías	139 178	El proyecto guarda relación con el sector turístico y no con la producción de pesca, por lo que el criterio no le es aplicable.
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.	178	El criterio no es aplicable al proyecto, ya que éste no impulsará el uso de fauna de acompañamiento.
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.	178	La acción no guarda relación con el proyecto, al no tener relación con la pesca.
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.	178	No se considera el desarrollo de actividades pesqueras o la explotación de dicha actividad, no es aplicable al proyecto.
22. Recuperación y consolidación de la cobertura vegetal.			
A017	Establecer e impulsar programas de restauración,	139	Para la realización del proyecto se contempla la remoción de vegetación, no obstante, se propone en la presente MIA-R, un Subprograma de reforestación

MIA-R

CAPÍTULO III

Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

No.	Acciones específicas	UGA	Vinculación del proyecto
	reforestación y recuperación de zonas degradadas.		como medida de mitigación, por otra parte, en el momento en que se obtenga la autorización de cambio de uso de suelo de conformidad con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento, se hará del depósito correspondiente ante el Fondo Forestal Mexicano por concepto de compensación.
23. Recuperación y protección de la biodiversidad del ASO.			
A016	Establecer corredores biológicos para conectar las ANP existentes o las áreas en buen estado de conservación dentro del ASO.	139 178	En relación con esta acción, se manifiesta que no hay corredores biológicos en el predio, razón por la que no se prevé el establecimiento de los mismos.
24. Regulación de las actividades agropecuarias.			
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.	139	No se prevé por parte del proyecto actividades agropecuarias o la promoción de prácticas de manejo y tecnología que favorezcan la captura de carbono. El criterio no es aplicable.
A053	Desincentivar y evitar el desarrollo de actividades productivas extensivas.	139	El proyecto no corresponde a actividades de tipo productivas extensivas. El criterio no es aplicable.
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.	139	El proyecto corresponde al sector turístico y no al sector agrícola al que va dirigida la presente acción. Sin embargo, de acuerdo con la naturaleza de las obras se implementarán estrategias ambientales para minimizar impactos ambientales que son convergentes con la acción en cita.
A055	Coordinar los programas de gobierno que apoyan a la producción agropecuaria para actuar sinérgicamente sobre el territorio y la población que lo ocupa.	139	Corresponde a la autoridad local lo citado en la acción, aunado a que no se contempla la producción agropecuaria por el presente proyecto, por lo que el criterio no es inaplicable.
A056	Identificar e implementar aquellos cultivos aptos a las	139	La acción en cita no es aplicable al proyecto. Las obras no corresponden al sector agrícola.

No.	Acciones específicas	UGA	Vinculación del proyecto
	condiciones ambientales cambiantes.		
26. Utilización Responsable de Agroquímicos.			
A001	Fortalecer los mecanismos para el control de la comercialización y uso de agroquímicos y pesticidas.	139	El proyecto turístico que se plantea no requerirá de fortalecer los mecanismos de comercialización y uso de agroquímicos y pesticidas. En consecuencia, las acciones no aplican al proyecto.
A002	Instrumentar mecanismos de capacitación para el manejo adecuado de agroquímicos y pesticidas.	139	
A003	Fomentar el uso de fertilizantes orgánicos y abonos verdes en los procesos de fertilización del suelo de actividades agropecuarias y forestales.	139	El proyecto turístico que se plantea no requerirá de fomentar el uso de fertilizantes orgánicos y abonos verdes.
A039	Promover la reducción del uso de agroquímicos sintéticos a favor del uso de mejoradores orgánicos.	139	El proyecto turístico que se plantea no requerirá de promover el uso de agroquímicos sintéticos.

Dentro del mismo ordenamiento, se han establecido diversos criterios de regulación ecológica de acuerdo con diversas zonas, que, a partir por la ubicación del proyecto, son aplicables aquellos criterios definidos en la “Zona Costera Inmediata del Mar Caribe”.

Tabla III-20. Criterios de Regulación Ecológica “Zona Costera Inmediata del Mar Caribe”.

No.	Criterios	Vinculación
ZMC-01	Con el fin de proteger y preservar las comunidades arrecifales, principalmente las de mayor extensión, y/o riqueza de especies en la zona, y aquellas que representan valores culturales particulares, se recomienda no construir ningún tipo de infraestructura en las áreas ocupadas por dichas formaciones.	El presente criterio se cumple por parte del proyecto. Lo anterior, se sustenta de acuerdo con los trabajos de campo realizados para identificar la presencia de arrecifes de coral, cuyo método empleado consistió en buceo autónomo SCUBA para un total de 10 estaciones de muestreo, como se muestra en la siguiente imagen, misma que podrá apreciarse también el Capítulo IV, de la presente MIA-R.

No.	Criterios	Vinculación
-----	-----------	-------------

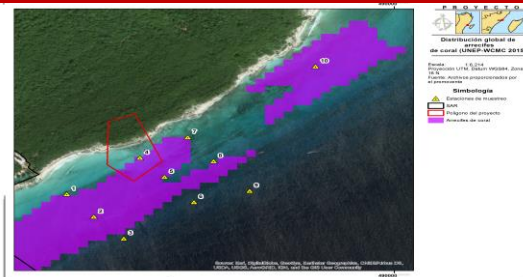


Figura III-7. Estaciones de muestreo para la validación de zonas de arrecife de coral.

De acuerdo con los resultados obtenidos, únicamente en el transecto 10 se registró la presencia de hidroides y octocorales, y en el transecto 4, en el que se localiza el proyecto presenta sustrato de arena, lo cual se registró el 100% de cobertura a lo largo del transecto, lo cual se podrá corroborar con la siguiente imagen:



Figura III-8. Transecto de muestreo 4.

Por lo antes mencionado el proyecto da cumplimiento al presente criterio ya que no se afectará este tipo de formaciones, por la instalación portuaria.

ZMC-02	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. La evaluación del impacto ambiental correspondiente deberá realizarse	No habrá afectación de pastos marinos por el desarrollo del proyecto, ya que en toda el área de estudio denominada XCARET no se identificó ninguna especie de pastos marinos. Para validar la presencia de pastos marinos se realizó trabajo de campo tanto en el área del proyecto, así también como en zonas aledañas a este, el método
---------------	---	--

MIA-R

CAPÍTULO III

Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

No.	Criterios	Vinculación
-----	-----------	-------------

conforme a lo dispuesto en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, así como a las demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables.

empleado consistió en buceo autónomo SCUBA para un total de 10 estaciones de muestreo, como podrá verse en la siguiente imagen, así como en el Capítulo IV, de la presente MIA-R.

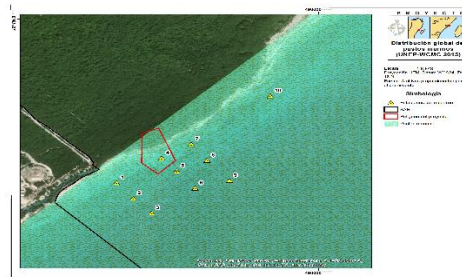


Figura III-9. Estaciones de muestreo para la validación de pastos marinos.

De acuerdo con los resultados obtenidos, no se registró la presencia de pastos marinos en dichas zonas del proyecto, así como fuera de este, particularmente en la estación 4 donde se localiza el proyecto se muestra lo siguiente:



Figura III-10. Estaciones Transecto de muestreo 4.

El proyecto se ajusta al presente criterio ya que no afectará pastos marinos, no obstante, se somete al procedimiento de evaluación en materia de impacto ambiental, dando cumplimiento a lo previsto por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección ambiente, así como su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

ZMC-03 Sólo se permitirá la captura de mamíferos marinos, aves y reptiles para fines de investigación, rescate y traslado con fines de conservación y preservación,

El criterio no es aplicable al proyecto, ya que no se llevará a cabo la captura de mamíferos marinos, aves o réptiles.

MIA-R

Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables


CAPÍTULO III

No.	Criterios	Vinculación
	conforme a lo dispuesto en la Ley General de Vida Silvestre y demás disposiciones jurídicas aplicables.	
ZMC-04	Con el fin de preservar zonas coralinas, principalmente las más representativas por su extensión, riqueza y especies presentes, la ubicación y construcción de posibles puntos de anclaje deberán estar sujetas a estudios específicos que la autoridad correspondiente solicite.	En la zona marina donde se localizará el proyecto, no se identificaron comunidades arrecifales, por lo que el proyecto, se ajusta al presente criterio.
ZMC-05	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 criterio no es aplicable al proyecto, ya que no se realizarán actividades de recolección, remoción o trasplante de organismos vivos o muertos en zonas arrecifales.
ZMC-06	La construcción de estructuras promotoras de playas deberá estar avaladas por las autoridades competentes y contar con los estudios técnicos y específicos que la autoridad requiera para este fin.	El criterio no es aplicable al proyecto, ya que éste pretende una instalación portuaria y no la construcción de estructuras promotoras de playas.
ZMC-07	Como una medida preventiva para evitar contaminación marina no debe permitirse el vertimiento de hidrocarburos y productos químicos de ningún tipo en los cuerpos de agua en esta zona.	No habrá vertimiento de hidrocarburos o productos químicos hacia cuerpos de agua. No obstante que durante el desarrollo del proyecto se implementará un Programa de Manejo Integral de Residuos, en el que se incluye el manejo de residuos peligrosos.
ZMC-08	Con el objeto de coadyuvar en la preservación de las especies de tortugas que año con año arriban en esta zona costera, es recomendable que las actividades recreativas marinas eviten llevarse a cabo entre el ocaso y el amanecer, esto en la temporada de anidación, principalmente en aquellos sitios de mayor incidencia de dichas especies.	El proyecto se ajusta al criterio citado, pues como ya se ha mencionado, no se prevén obras o actividades que pudieran afectar zonas de anidación de tortugas, ya que el sustrato de la zona en donde se efectuará el proyecto es rocoso con pequeñas franjas de arena, donde no hay anidación de tortugas. Por otra parte, en ninguno de los transectos se encontraron avistamientos de tortugas, ej. Chelonia mydas (tortuga blanca o verde), Caretta caretta (tortuga caguama) o Eretmochelys imbricata (tortuga carey) que son las que se encuentran registradas para la zona de estudio, asimismo de mamíferos marinos.
ZMC-09	Con el objetivo de preservar las comunidades arrecifales en la zona, es	En la zona marina donde se localizará el proyecto, no se identificaron comunidades arrecifales, por lo que

MIA-R

CAPÍTULO III

Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

No.	Criterios	Vinculación
	<p>importante que cualquier actividad que se lleve a cabo en ellos y su zona de influencia estén sujetas a permisos avalados que garanticen que dichas actividades no tendrán impactos adversos sobre los valores naturales o culturales de los arrecifes, con base en estudios específicos que determinen la capacidad de carga de los mismos.</p>	<p>el proyecto, se ajusta al presente criterio, no obstante, dentro del SAR del presente proyecto, en el transecto 10 del muestreo realizado se identificó la presencia de hidroides y octocorales, como se muestra en la siguiente imagen:</p>  <p><i>Figura III-11. Transecto 10 presencia de hidroides y octocorales.</i></p> <p>Las anteriores especies se localizan a 0.6 kilómetros del polígono del proyecto, por lo que aún y cuando no habrá una afectación directa a dichas especies, se implementará como medida la colocación de mallas geotextiles para evitar la suspensión y dispersión de sedimentos.</p>
<p>ZMC-10</p>	<p>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.</p>	<p>El presente proyecto dará cumplimiento al presente criterio en la parte que le corresponda durante su desarrollo en la zona marina, para lo cual se revisará que la maquinaria que se utilice se encuentre en óptimas condiciones o en su caso sustituir aquella que no lo esté a efecto de evitar derrames por hidrocarburos, además de que una vez que se autorice el proyecto y previa aprobación de la autoridad se implementará un Programa de Manejo de Residuos, a fin de prevenir cualquier tipo de contaminación a la zona marina.</p>
<p>ZMC-11</p>	<p>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.</p>	<p>Parte de las obras del proyecto pretenden realizarse en la zona marina, tanto en la superficie de desplante de los diques, como en la zona que quedará resguardada entre estas estructuras, para lo cual se contempla el uso de mallas geotextiles para evitar la suspensión y dispersión de sedimentos, por lo que el proyecto se ajusta al presente criterio.</p>

No.	Criterios	Vinculación
ZMC-12	<p>La construcción de proyectos relacionados con muelles de gran tamaño (para embarcaciones mayores de 500TRB [Toneladas de Registro Bruto] y/o 49 pies de eslora), deberá incluir medidas para mantener los procesos de transporte litoral y la calidad del agua marina, así como para evitar la afectación de comunidades marinas presentes en la zona.</p>	<p>Para el desarrollo del proyecto se pretende la instalación portuaria, consistente en un embarcadero para otorgar servicio a pequeñas embarcaciones y no de gran tamaño como lo establece el presente criterio; para lo cual se ha previsto la implementación de un Programa de Monitoreo (Medios acuático y litoral), un Subprograma de Monitoreo de la calidad de agua y un Programa de Manejo integral de fauna marina.</p> <p>Por lo anterior, aun cuando no le es aplicable el presente criterio al proyecto, se considera la implementación de medidas de prevención y mitigación antes referidas.</p>
ZMC-13	<p>Las embarcaciones utilizadas para la pesca comercial o deportiva deberán portar los colores y claves distintivas asignadas por la Comisión Nacional de Pesca y Acuicultura, en los Lineamientos para los Mecanismos de Identificación y Control del Esfuerzo Pesquero, así como el permiso de pesca correspondiente.</p>	<p>El criterio no es aplicable al proyecto ya que no realizarán actividades de pesca comercial o deportiva. El proyecto corresponde al sector turístico.</p>
ZMC-14	<p>Por las características de gran volumen de los efluentes subterráneos de los sistemas asociados a la zona oriente de la Península de Yucatán y por la importancia que revisten los humedales como mecanismo de protección del ecosistema marino ante el arrastre de contaminantes de origen terrígeno en particular para esta región los fosfatos y algunos metales pesados producto de los desperdicios generados por el turismo, se recomienda en las UGA regionales correspondientes (UGA:139, UGA:152 y UGA:156) 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</p>	<p>El proyecto se encuentra en la UGA 139, para ello, se llevarán a cabo estrategias ambientales a fin de prevenir contaminación al ambiente, particularmente por residuos, no obstante, no se afectará ningún sistema hidrológico dada la naturaleza y ubicación que tiene el proyecto, porque con base en estudios y trabajo en campo es posible su factibilidad, además de que resulta importante destacar que no se identificó la presencia de humedales en el polígono del proyecto.</p> <p>Asimismo, se vincula el proyecto en el presente Capítulo con los Ordenamientos Ecológicos aplicables.</p>

No.	Criterios	Vinculación
	Canal de Yucatán y Mar Caribe, en particular para mantener o restaurar la conectividad de los sistemas de humedales de la Península de Yucatán.	

De igual forma se vincula el presente proyecto con los criterios de la Zona Costera Inmediata al Municipio de Solidaridad, ya que sus acciones complementan las acciones generales, así como las acciones específicas de cada una de las UGA´s y las acciones para la Zona Costera Inmediata del Mar Caribe, asimismo el presente proyecto no se vinculará con los criterios de nado, ya que los mismos no guardan relación con la actividad pretendida por el proyecto.

Tabla III-21. Criterios de la “Zona Costera Inmediata al Municipio de Solidaridad”.

Clave	Criterios	Vinculación
SOL-G-1	Las obras o actividades que impliquen la extracción de arena, los dragados, rellenos, excavaciones y cualquier obra o acción que genere sedimentos en suspensión, o modifique directa o indirectamente el contorno del litoral y el fondo marino, por su impacto en la zona de influencia, deberá considerar los impactos sinérgicos potenciales de dichas obras o actividades, y en su caso, adoptar las medidas necesarias para su prevención y mitigación, de estar sujetas a autorización en materia de impacto ambiental federal.	El presente proyecto propone una serie de medidas en el Capítulo VI del presente proyecto, entre las que se encuentran aquellas que permitan prevenir mitigar los impactos ambientales que con la realización del proyecto se puedan ocasionar a la línea de costa, y aquellos que deriven de las acciones de dragado y rellenos, así como también se propone Programa de Monitoreo, el cual a su vez contiene un Subprograma de Monitoreo de la calidad del agua.
SOL-G-2	Promover y fomentar que, en toda obra, durante las etapas de preparación de sitio, construcción y operación, se apliquen las medidas adecuadas para el manejo de grasas, aceites, emisiones atmosféricas e hidrocarburos, que minimicen la afectación a los ecosistemas. En cuanto a los efectos de la emisión de energías como son vibración, ruido y energía lumínica provenientes de la maquinaria en uso, se acatarán las medidas de mitigación que establezca la autoridad competente.	La presente MIA-R ha propuesto un Programa de Manejo Integral de Residuos, entre los que se encuentra el manejo adecuado grasas, aceites e hidrocarburos; asimismo el proyecto se sujetará a la normatividad ambiental aplicable en materia de emisiones a la atmósfera, ruido y vibraciones, así como en su momento también se sujetará a aquellas medidas que la autoridad establezca en la resolución que emita.

MIA-R

CAPÍTULO III

Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

Clave	Criterios	Vinculación
SOL-G-3	Para aquellos eventos temporales de carácter cultural, recreativo o deportivo que se realicen en la zona marina y que requieran de instalaciones o infraestructura temporales, deberán ubicarse a una distancia mínima de 100 metros de las formaciones arrecifales, y bajo la supervisión de la autoridad competente.	Como ya se ha venido señalando el presente proyecto no incidirá sobre ninguna superficie de comunidades arrecifales, por lo que en el supuesto caso de que realizara algún evento en la zona marina de carácter temporal se evitarán a las comunidades de arrecifes.
SOL-G-4	Evitar la instalación de infraestructura que afecte la dinámica del transporte litoral, incluyendo espigones, geotubos y cualquier barrera que obstruya o modifique los cauces principales del flujo y refluo de marea para evitar el desbalance en los procesos costeros, con excepción de aquellos proyectos para fines de conservación y restauración de playas que impliquen una solución de manejo integral costero.	En la zona existen patrones de marea, no cauces, mismos que no se verán afectados por el desarrollo del proyecto. Adicionalmente a lo anterior, se considera que el proyecto propuesto no generará impactos adversos en el transporte litoral que afecten la dinámica del mismo, debido fundamentalmente a las características fisiográficas de la zona; la cual está conformada por una costa y un fondo marino con sustrato predominantemente rocoso.
SOL-G-5	Las descargas de aguas residuales de cualquier tipo al mar o a las aguas interiores de recintos portuarios deberán cumplir estrictamente con la normatividad aplicable y con los términos de los permisos que para tales efectos se emitan.	El criterio no guarda relación con el proyecto ya que no se llevara a cabo la descarga de aguas residuales al mar, pues para las etapas de operación y mantenimiento del mismo, se hará uso de los servicios que ya se encuentran instalados en la zona.
SOL-G-6	Evitar el uso de explosivos que puedan dañar formaciones arrecifales y especies asociadas.	El criterio no es aplicable al proyecto, ya que no se hará el uso de explosivos.
SOL-G-7	La autorización para la prestación de servicios acuáticos motorizados, incluyendo motos acuáticas, deportes de arrastre o remolque del tipo parasailing, bananas, ski, y similares, deberá considerar la elaboración de estudios técnicos que determinen la capacidad de carga del ecosistema, con el fin de que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes pueda regular el número máximo de embarcaciones que presten estos servicios, propiciando así condiciones de seguridad y evitando daños al ecosistema.	El proyecto, se sujetará al presente criterio, para lo cual ante la Secretaría de Comunicaciones y Transportes se solicitarán los permisos o autorizaciones necesarias y de ser necesario se elaborarán los estudios técnicos necesarios que determinen la capacidad de carga del ecosistema.
SOL-G-8	Para asegurar el aprovechamiento sustentable de los recursos arrecifales, se evitará la acuicultura intensiva o con especies no nativas que implique: la acumulación de materia orgánica compuesta por los restos de alimentos y/o por las mismas materias fecales	El criterio no le es aplicable al proyecto, ya que éste no incide sobre ninguna comunidad arrecifal, así como tampoco pretende llevar a cabo actividades que se relacionan con la acuicultura.

Clave	Criterios	Vinculación
	de los organismos en cultivo; contaminación producida por los agentes químicos utilizados en la construcción, en la protección contra la corrosión y/o en antifijación de organismos incrustantes, así como en pigmentos incorporados al alimento, desinfectantes y diferentes productos utilizados para el control de enfermedades; la abundancia de patógenos provocada por el mantenimiento en condiciones de monocultivo, en altas densidades y en un lugar determinado y por un tiempo prolongado que provocara el contagio de patógenos que afecten a otras especies silvestres; o el posible escape o liberación de los individuos cultivados cuando éstos han sido modificados genéticamente.	
SOL-G-9	Promover ante las autoridades competentes la creación de "zonas de refugio" pesquero previstas en la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables para la recuperación de las poblaciones y ecosistemas, incrementando el atractivo natural de las zonas.	El proyecto que se somete al procedimiento de evaluación del impacto ambiental no pretende la realización de actividades pesqueras, por lo que no le es aplicable el presente criterio.
SOL-G-10	Las actividades de pesca se realizarán preferentemente fuera de las zonas de nado, arrecifales y portuarias.	No aplica el criterio al proyecto, pues el mismo no practicará actividades de pesca.
SOL-G-11	Fomentar que los distintos tipos de actividades tanto pesqueras, como acuático-recreativas se realicen en horarios y zonas alternadas para evitar conflictos entre éstas y a través de acuerdos entre los sectores.	Considerando que el proyecto no pretende la realización de actividades pesqueras o acuático-recreativas, el criterio no le es aplicable.
SOL-G-12	La pesca deportiva se realizará de acuerdo con la normatividad aplicable, conforme a buenas prácticas y con artes de pesca que minimicen el impacto a las especies capturadas.	No es aplicable el criterio al proyecto, ya que no realizarán actividades de pesca deportiva.
SOL-G-13	Los responsables de las embarcaciones mayores que transiten en el área, cumpliendo con la normatividad aplicable, dispondrán de un sistema de captación, recuperación y manejo de aceites, grasas, combustibles y otro tipo de hidrocarburos, que pudieran verterse accidentalmente en el mar.	Observando que el presente criterio debe ser cumplido por las embarcaciones, se buscará que cumplan con la normatividad aplicable con relación a la implementación de un sistema de captación, recuperación y manejo de aceites, grasas, combustibles y otro tipo de hidrocarburos, que pudieran verterse accidentalmente en el mar.

Clave	Criterios	Vinculación
SOL-G-14	Las marinas y muelles deberán permitir el libre paso de fauna acuática bajo sus instalaciones.	Se pretenderá en todo momento que la construcción del mismo sea de conformidad con lo que establece esta acción, así como también hacer las acciones que permitan minimizar afectaciones.
SOL-G-15	Se evitará realizar el mantenimiento, limpieza, reparación de embarcaciones y motores, abastecimiento de combustible y achicamiento de las sentinas en aguas marinas abiertas, fuera de instalaciones portuarias o adecuadas para tal efecto, con excepción de casos de emergencia. En dicho supuesto se deberá notificar a la autoridad competente.	En todo momento, se observará lo establecido en la presente acción, previendo dar el más amplio compromiso con el mismo.
SOL-G-16	La instalación de cualquier tipo de infraestructura portuaria, previa Manifestación y Resolución de Impacto Ambiental, se realizará de tal manera que no impacte significativamente en el ambiente debido a: los cambios de flujos marinos, la obstaculización del libre paso de la fauna, la limitación de la conectividad entre ecosistemas, la generación de sedimentos en suspensión, la alteración de las propiedades bioquímicas y físicas del agua y las estructuras arrecifales.	<p>El presente proyecto se ajusta al presente criterio, ya que como se ha mencionado no se impactaran significativamente los flujos marinos y con respecto a la fauna bentónica no se obstaculizará el libre paso de la fauna ya que son organismos sésiles y sedentarios que viven relativamente fijos en el fondo (Gray, 1981) por lo cual habrá una afectación temporal al momento de la obra de los organismos que habitan sobre el sustrato ubicado en la zona de construcción; sin embargo, una vez terminada la misma, esta fungirá como sustrato de fijación para especies sésiles (poliquetos, macroalgas, corales y esponjas) y zona de protección para especies sedentarias (crustáceos, moluscos, poliquetos, equinodermos).</p> <p>Debido a la presencia de sustrato de arenas medias se encontró una dominancia de poliquetos, en especial filtradores (<i>Armandia agilis</i>) que son de muy poca movilidad dado que el sustrato les permite fijarse al fondo y la transparencia y flujo del agua les provee de alimento sin necesidad de trasladarse a otros ambientes aledaños.</p> <p>Dado que la presencia de la estructura no bloquea en su totalidad el flujo y características de estas corrientes de agua, los organismos no se verán afectados.</p> <p>El impacto de la obra en la fauna que conforma el necton será variable. En el caso de los peces, es probable que los organismos pequeños que viven en las inmediaciones del</p>

Clave	Criterios	Vinculación
		<p>área de interés sean afectados. Los peces pelágicos y demersales de importancia comercial (tiburones, picudos, entre otros) se desplazan principalmente fuera del área de influencia de la obra por lo que la obra no afectará sus movimientos. En los sitios donde se agrupaban los meros, cercanos a la zona, no se han reportado cardúmenes por lo que es probable que se hayan alejado de la costa.</p> <p>Por otra parte, el proyecto no impactará la conectividad entre ecosistemas dado que no bloqueará la circulación del agua y a su vez al fungir como una estructura de fijación para el bento podrá contribuir como una superficie extra sobre la arena para el desarrollo de especies bentónicas características de zonas arrecifales o sustratos duros como: esponjas, corales escleractinios; estos a su vez atraerán a organismos como, crustáceos, moluscos, equinodermos y peces arrecifales.</p> <p>El desarrollo de este tipo de comunidades de sustratos duros requiere de las mismas condiciones en las que se desarrolla un arrecife de coral, por lo que su permanencia y desarrollo a largo plazo dependerá del tipo de uso al que esté destinado el atracadero, la cantidad, tipo e intensidad de tráfico.</p> <p>Es bien conocido que las estructuras artificiales permiten y favorecen el crecimiento de fauna bentónica incrustante y de sustratos duros para crear arrecifes artificiales, principalmente en zonas arenosas con las condiciones de temperatura, luz, salinidad y corriente apropiados, pero sin la presencia de alguna estructura de fijación.</p> <p>Generalmente el periodo de colonización de estas estructuras artificiales varía de entre uno a dos años, desde las especies oportunistas de primer orden con ciclos de vida cortos y talla pequeña (poliquetos, crustáceos y moluscos) hasta las especies de tamaño más grande y ciclos de vida largos: esponjas y corales (Pearson y Rosenberg, 1978). Por lo tanto, estas estructuras funcionan como “puentes” entre ecosistemas, siempre y cuando el uso y</p>

Clave	Criterios	Vinculación
		<p>mantenimiento de la estructura permanezca con las condiciones que permitan su crecimiento. El corredor arrecifal desde el Caribe hasta el norte del Golfo de México funciona con estructuras arrecifales que hacen de “puente” entre los arrecifes y mantienen a las especies entre ellos (Ortíz-Lozano et al., 2013); de este modo, se esperaría que la obra propuesta en el proyecto funja como estructura de paso de especies.</p> <p>Asimismo, dado que el grupo dominante en un 90% fueron los poliquetos, estos en general, presentan ciclos de vida de 1 año y son especies estrategas, es decir, de rápido crecimiento con abundante descendencia. Son un grupo con diversas estrategias de reproducción, lo que ayuda a que haya un periodo relativamente corto de recuperación de las especies en la zona y un repoblamiento y sucesión ecológica, lo que mantendrá a las especies de la zona y la diversidad como hasta ahora en un periodo de uno a dos años.</p> <p>Asimismo se dará seguimiento al lugar por los usos que tenga la instalación portuaria, cantidad de tráfico marítimo y posibles eventos accidentales de desechos o acumulación de hidrocarburos de las embarcaciones para que los parámetros y calidad de agua no se vean afectados, para lo cual se propone un Programa de Monitoreo (Medios acuático y litoral) en la presente MIA-R y así lograr un equilibrio con la fauna, ya que la fuerte corriente que existe en el lugar permite un buen movimiento de agua, lo que favorece que todo el tiempo se esté “limpiando” la zona, también se considerará que estos posibles desechos no se vayan a playas cercanas, la ubicación de la obra es una zona abierta y sin bahías por lo que es más difícil que exista una acumulación de contaminantes en un lugar preciso.</p> <p>Por otra parte, los sedimentos en suspensión que se generen, será de manera temporal por efecto de dragado y considerando que el proyecto se localizará en aguas poco</p>

Clave	Criterios	Vinculación
		profundas, a menudo se tienen impactos físicos y biológicos mínimos en el fondo marino siempre que la dominancia en los sedimentos sea del tipo arenosos, por lo que el impacto negativo de la obra de corto plazo y no significativo.
SOL-G-17	Promover la señalización de las rutas para el tránsito de las embarcaciones en la zona, por parte de la autoridad competente.	El proyecto dará cumplimiento al presente criterio, ya que una vez que obtenga la autorización en materia de impacto ambiental, solicitará ante la Secretaría de Comunicaciones y Transportes las rutas para el tránsito de embarcaciones en la zona del proyecto.
SOL-G-18	Promover programas de monitoreo de calidad del agua con el propósito de identificar las posibles fuentes de contaminación y establecer medidas que eviten y mitiguen daños a la salud pública y a los ecosistemas arrecifales.	En la presente MIA-R se propone un Programa de Monitoreo el cual contiene un Subprograma de Monitoreo de la Calidad del Agua, con lo que se dará cumplimiento al presente criterio.
SOL-G-19	Se evitará el abandono de embarcaciones.	El proyecto dará cumplimiento al presente criterio para evitar el abandono de embarcaciones.
SOL-G-20	El uso de vehículos acuáticos motorizados deberá realizarse en el marco de las autorizaciones expedidas para tal efecto, y evitando daños mecánicos a los arrecifes por encallamientos, por el golpe y arrastre de anclas o alguna parte de la embarcación o motor, derrames de aceites y combustibles, o generación o resuspensión de sedimentos.	El proyecto dará cumplimiento al presente criterio, para lo cual tramitará los permisos necesarios para el uso de vehículos acuáticos motorizados, así como también someterá a mantenimiento periódico a los mismos para su circulación con la finalidad de evitar cualquier tipo de afectación al medio marino.
SOL-G-21	Las embarcaciones utilizarán de preferencia motores de cuatro tiempos, con la finalidad de minimizar la contaminación por hidrocarburos y aceites.	El proyecto se ajustará al cumplimiento del presente criterio a fin de minimizar la contaminación por hidrocarburos y aceites.
SOL-G-22	Por motivos de seguridad de los usuarios, las embarcaciones y la integridad de los arrecifes de la zona, se evitará el acuatizaje de aeronaves.	El proyecto da cumplimiento al presente criterio, ya que no considera hacer el uso de aeronaves y mucho menos que las mismas aterricen en la zona marina en la que se pretende llevar a cabo el citado proyecto.
SOL-G-23	Sólo se permite el acuatizaje de hidroaviones en el área de lagunas arrecifales, con fines de protección civil y vigilancia.	No se tiene contemplado llevar a cabo las acciones descritas en la presente, por lo cual no resulta de observancia de la promovente.

MIA-R

CAPÍTULO III

Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

Clave	Criterios	Vinculación
SOL-G-24	Se evitará la extracción, captura o comercialización de especies de flora y fauna marina nativas, a excepción de aquellas que se extraigan, capturen o comercialicen en términos de la normatividad aplicable y de los permisos que para tal efecto haya emitido la SEMARNAT o la SAGARPA.	La acción en comento no es de observancia de la promovente, por no pretender realizar lo que en ella se establece.
SOL-G-25	La captura de individuos vivos de especies exóticas sólo podrá realizarse de conformidad con lo dispuesto en la Ley General de Vida Silvestre y demás disposiciones jurídicas aplicables.	La acción en comento no es de observancia de la promovente, por no pretender realizar lo que en ella se establece.
Clave	CRITERIOS DE REGULACION ECOLOGICA PARA ZONAS DE ARRECIFES	
SOL-A-1	Impulsar y consolidar actividades de restauración arrecifal y rescate de corales mediante la instalación de estructuras u otros métodos para la fijación y propagación de individuos. La manifestación de impacto ambiental que en su caso se presente deberá incluir información que permita evaluar los efectos potenciales de dicha actividad. Asimismo, se desincentivará la construcción de arrecifes artificiales como promotores de playas.	La acción en comento no será ejecutable por el proyecto, por el hecho de no pretender realizar lo que en ella se establece.
SOL-A-2	Evitar la instalación, colocación o uso de estructuras permanentes, tanto flotantes como fijas, incluyendo palafitos, que permitan la estancia de visitantes en las zonas marinas.	Si bien, la pretensión de la presente Manifestación de Impacto Ambiental pretende la instalación portuaria, el criterio no es totalmente restrictivo, si no indicativo, cabe señalar que no se pretende la inclusión de palafitos, por lo cual no se considera totalmente restrictivo, aunado a ello se informa que se tomaran las mediada para el menor impacto del proyecto.
SOL-A-3	Se evitará la colocación de cualquier infraestructura o instalación que afecte la estructura o función de los arrecifes.	La acción en comentó no es del todo prohibitiva, también es de mencionar que la infraestructura a colocar no causa afectación a zona de arrecifes.
SOL-A-4	Evitar y desincentivar la instalación y la construcción de infraestructura de cualquier tipo, excepto la requerida y autorizada para fines de conservación y restauración.	De nueva cuenta que la acción en comentó no es del todo prohibitiva, también es de mencionar que se tomaran las medidas pertinentes para que los impactos sean mínimos.

Clave	Criterios	Vinculación
SOL-A-5	Se evitará el dragado, relleno, excavaciones y cualquier obra o acción que pueda dañar las zonas arrecifales.	La acción en comento no es de observancia de la promovente, ya que no hay presencia de arrecife en el sitio del proyecto.
SOL-A-6	Promover la educación ambiental y difusión de buenas prácticas ambientales entre los prestadores de servicios que realicen actividades recreativas asociadas a estructuras y lagunas arrecifales.	En todo momento se buscará el promover esta educación, en las diferentes etapas del proyecto, para prevalecer el ecosistema marino.
SOL-A-7	Los grupos de visitantes que practiquen buceo snorkel o SCUBA deberán utilizar guías locales (los que desarrollan de manera regular sus actividades en la zona) debidamente acreditados bajo las especificaciones de la NOM-09-TUR-2002, con el propósito de evitar malas prácticas ambientales.	El criterio no guarda relación con el proyecto por no pretender realizar lo que en él se establece como es el buceo snorkel o SCUBA.
SOL-A-8	Se promoverá que los prestadores de servicios turístico-recreativos informen de manera verbal a los usuarios que ingresarán a un área de fragilidad ecológica por lo cual deberán evitar tocar o sustraer cualquier especie de flora y fauna, y con el propósito de evitar afectación a los arrecifes, se evitará también nadar a una distancia menor a un metro del fondo.	Este criterio será de observancia en todo momento por la promovente y aun cuando no se contemple actividades de nado o buceo, se les hará del conocimiento de los ecosistemas aledaños.
SOL-A-9	Promover como obligatorio la adquisición de seguros de responsabilidad civil o de daños a terceros, por parte de los prestadores de servicios recreativos, con la finalidad de responder de cualquier daño o perjuicio que sufran las estructuras arrecifales por encallamiento u otro tipo de impacto.	El criterio en comento no es de observancia de la promovente ya que no hay estructuras arrecifales en el sitio del proyecto. Sin embargo, la promovente asume el compromiso ambiental ante cualquier evento extraordinario de la operación del embarcadero que resulte adverso al medio acuático.
SOL-A-10	En las áreas con presencia de formaciones arrecifales someras (menores a 3 metros), minimizar o eliminar los deportes y actividades recreativas acuáticas motorizadas con o sin arrastre, el uso de motos acuáticas y la navegación con fines de propaganda comercial.	El criterio en comento no es de observancia de la promovente ya que no hay estructuras arrecifales en el sitio del proyecto.
SOL-A-11	En las áreas con presencia de formaciones arrecifales someras (menores a 3 metros), minimizar o eliminar los deportes acuáticos de vela y/o tabla del tipo surf, kite surf, windsurf y similares.	El criterio en comento no es de observancia de la promovente ya que no hay estructuras arrecifales en el sitio del proyecto.

MIA-R

CAPÍTULO III

Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

Clave	Criterios	Vinculación
SOL-A-12	Asegurar el aprovechamiento sustentable de los recursos arrecifales, limitando el número máximo de visitantes, para buceo libre, hasta 8 personas por Guía; para buceo autónomo diurno, hasta 6 personas por Instructor Guía, y para buceo autónomo nocturno, hasta 4 personas por Instructor Guía.	El criterio en comento no es de observancia de la promovente ya que no hay estructuras arrecifales en el sitio del proyecto que puedan ser aprovechables.
SOL-A-13	Propiciar la reglamentación del buceo de especialidad (nocturno, profundo, de corriente y de pecios) y el que se realice con estudiantes o buzos principiantes, bajo los estándares internacionales del sector, con el propósito de asegurar la integridad de los arrecifes. Se procurará que los usuarios cuenten con la certificación de buceo que avale los estándares de seguridad para esta actividad.	El criterio en cita no es de observancia de la promovente, por no pretender realizar lo que en ella se establece como son las actividades de buceo.
SOL-A-14	Para asegurar el aprovechamiento sustentable de los recursos arrecifales, y de acuerdo con la NOM-05-TUR-2003, NOM-09-TUR-2002 y la NOM-010-TUR-2001, se limitará el número de buzos que visiten cada arrecife a un máximo de visitas de acuerdo con el obtenido por la capacidad de carga efectiva calculada conforme a estudios ecológicos específicos de áreas particulares del arrecife.	El criterio en cita no es de observancia de la promovente ya que no hay estructuras arrecifales en el sitio del proyecto que puedan ser aprovechables.
SOL-A-15	El uso de kayak, pedalones y artefactos de baja velocidad no motorizados se llevará a cabo a una distancia mayor a 50 (cincuenta) metros de la costa y en las zonas con estructuras arrecifales de profundidades iguales o mayores a 3 metros.	El criterio en comento no es de observancia de la promovente ya que no hay estructuras arrecifales en el sitio del proyecto.
SOL-A-16	En la práctica de actividades acuáticas en el arrecife, se evitará el uso de bloqueadores y bronceadores no biodegradables.	El criterio en cita no es de observancia de la promovente, por no pretender realizar lo que en ella se establece como son las actividades acuáticas, en adición que no hay presencia de arrecife en el sitio del proyecto.
SOL-A-17	Para proteger la integridad de los arrecifes someros, las actividades acuáticas recreativas en sitios con profundidades menores a 3 metros requieren del uso permanente del chaleco salvavidas.	
SOL-A-18	En las lagunas arrecifales y a menos de 100 metros de distancia de las formaciones coralinas, exceptuando los canales de navegación autorizados, se evitará la práctica de actividades recreativas que requieran el	El criterio en comento no es de observancia de la promovente, por no pretender realizar lo que en ella se establece.

Clave	Criterios	Vinculación
	uso de equipos motorizados acuáticos como acuamotos y lanchas de arrastre para skies, paracaídas, y deslizadores.	
SOL-A-19	Se evitará el uso o colocación de plataformas que propicien el buceo y snorkeleo masivos, dado que representan un peligro para la integridad de las estructuras coralinas arrecifales.	El criterio en cita no es de observancia de la promovente, por no pretender realizar lo que en él se establece.
SOL-A-20	En la práctica de actividades recreativas como buceo libre, autónomo y natación, se evitará que los visitantes porten o usen guantes y cuchillos.	El criterio en comentario no es de observancia de la promovente, por no pretender realizar lo que en él se establece.
SOL-A-21	Para asegurar el aprovechamiento sustentable de los recursos arrecifales, las actividades de buceo libre y autónomo solamente serán con fines de observación, y se deberán realizar a una distancia mayor a un metro del fondo o de las estructuras arrecifales.	El criterio en comentario no es de observancia de la promovente, por no pretender realizar lo que en él se establece.
SOL-A-22	Se evitará el tránsito de cualquier tipo de embarcación sobre formaciones arrecifales y en la zona de nado.	El criterio en comentario no es de observancia de la promovente ya que no hay estructuras arrecifales en el sitio del proyecto.
SOL-A-23	Todas las actividades que requieran el uso de embarcaciones motorizadas en zonas someras, deberán cumplir con los límites de velocidad establecidos por la Capitanía de Puerto, con el fin de evitar la suspensión de sedimentos en las lagunas arrecifales.	En todo momento y durante todas las etapas del proyecto, se observará el cumplimiento de este criterio en comentario.
SOL-A-24	Para asegurar el aprovechamiento sustentable de los recursos arrecifales y evitar los daños generados por el uso de anclas, las embarcaciones sólo podrán amarrarse a las boyas designadas para tal fin, autorizadas por la autoridad competente (SCT y SEMARNAT). En caso de no existir boyas autorizadas, el anclaje de embarcaciones sólo podrá realizarse en zonas de arenas y ceibadales.	En todo momento y durante todas las etapas del proyecto, se observará el cumplimiento de este criterio. Cabe reiterar que no hay recursos arrecifales que puedan ser dañados.
SOL-A-25	Se evitará el uso de motos acuáticas y lanchas rápidas en zonas arrecifales y de nado.	El criterio en comentario no es de observancia de la promovente ya que no hay estructuras arrecifales en el sitio del proyecto.
SOL-A-26	Se evitará el anclaje de embarcaciones.	La presente acción no es prohibitiva a extremo, resultando ser una recomendación la cual en la medida de las posibilidades se atenderá, así como de igual forma se

MIA-R

CAPÍTULO III

Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

Clave	Criterios	Vinculación
		implementarán los programas y medidas necesarias, para evitar mayormente la afectación de los ecosistemas marinos.
SOL-A-27	Se debe evitar la realización de torneos, concursos o eventos náuticos motorizados de superficie o subacuáticos a una distancia mínima de 200 metros de las zonas arrecifales someras con profundidades menores a 3 metros.	Los criterios en cita no son de observancia de la promovente ya que no hay estructuras arrecifales en el sitio del proyecto y que por la operación o navegación de las embarcaciones sean afectadas.
SOL-A-28	Se evitará la navegación de embarcaciones de motor con calado mayor a 1.5 metros en las lagunas arrecifales y arrecifes.	
SOL-A-29	La velocidad máxima de las embarcaciones será de 4 nudos en lagunas arrecifales y en áreas de buceo, evitando navegar por encima de los buzos que se encuentren bajo el agua.	
SOL-A-30	La remoción de pastos y flora marina estará sujeta a autorización de la autoridad competente.	El criterio en comento no es de observancia de la promovente, por no pretender realizar lo que en él se establece, ya que no hay pasto o flora marina que pueda verse afectada particularmente en el sitio del proyecto.
SOL-A-31	Se evitará la recolección, remoción o trasplante de organismos vivos, muertos o materiales naturales; salvo en los casos en los que se cuente con la autorización pertinente.	El criterio en cita no es de observancia de la promovente, por no pretender realizar lo que en él se establece.
SOL-A-32	Durante el periodo de arribazón y anidación de tortugas marinas, las embarcaciones procurarán navegar a una velocidad no superior a 4 nudos, para evitar la afectación a dicha fauna.	No se está dentro de este supuesto indicado por el criterio, sin embargo, durante todas las etapas del proyecto se observará el cumplimiento de lo expuesto para reducir al máximo posibles afectaciones a dicha fauna.
SOL-A-33	Se evitará tocar, pararse, dañar, alterar, asirse, sujetarse o recargarse en las formaciones arrecifales.	En ningún momento se tendrá el contacto con estos ecosistemas, ya que no se tiene la presencia de formación arrecifales, por lo cual se pueda tener afectación a los mismos de igual forma se evitará en todo momento causar algún tipo de afectación en cumplimiento al presente criterio.
Clave	CRITERIOS DE REGULACION ECOLOGICA PARA ZONAS PORTUARIAS	
SOL-P-1	La acumulación y disposición de materiales producto del dragado autorizado para el mantenimiento de canales interiores se hará en los sitios designados para dicha acumulación y disposición, debiendo ser	Se llevarán a cabo actividades de dragado en la etapa constructiva del proyecto, sin embargo, no con finalidad de restauración, mantenimiento, limpieza de canales y bocas. Cabe señalar que tomarán las medidas

MIA-R

CAPÍTULO III

Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

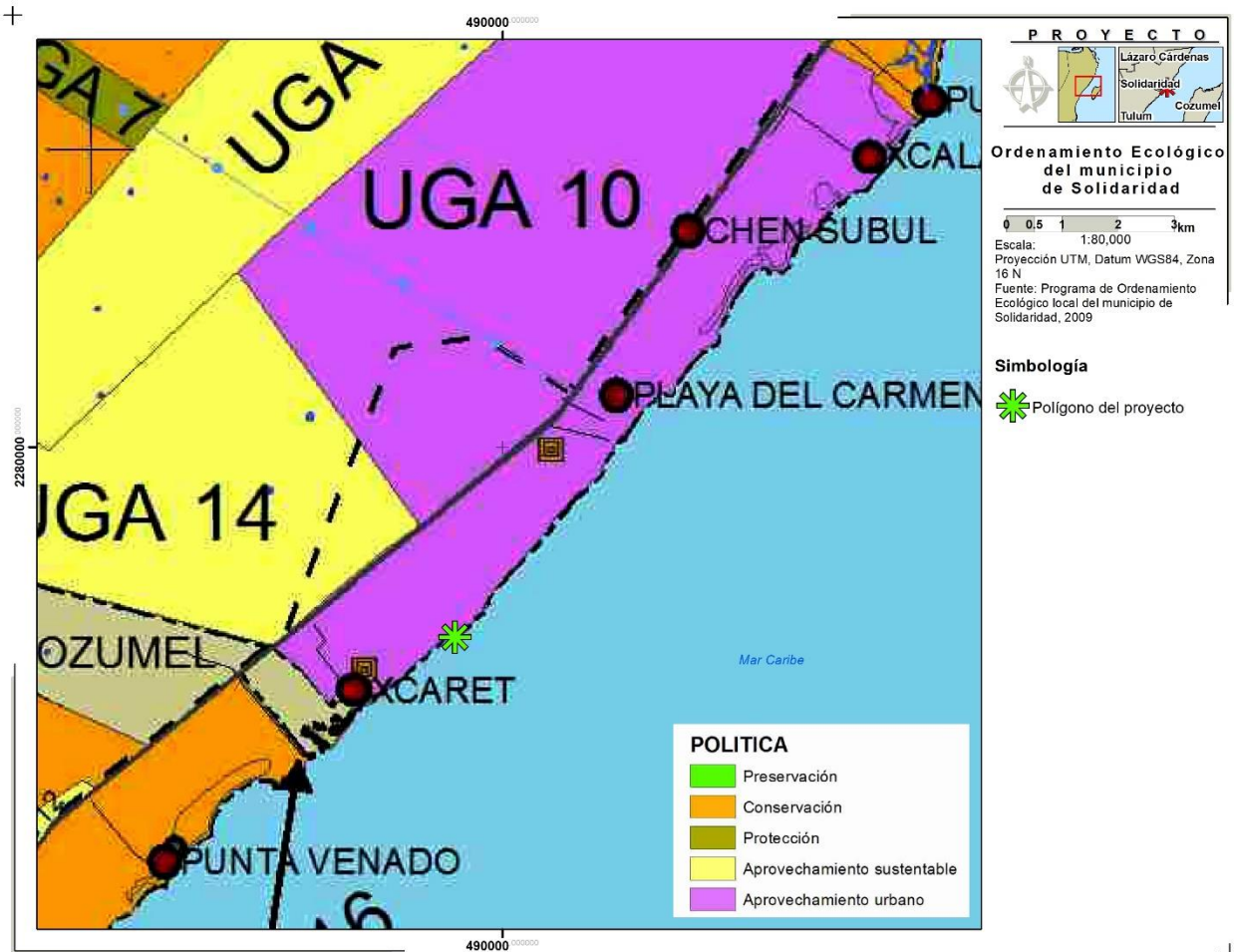
Clave	Criterios	Vinculación
	aconicionados previamente para contener y filtrar los sedimentos.	necesarias para minimizar los efectos adversos al medio acuático, mismas que han sido incluidas en el capítulo VI de la presente MIA-R.
SOL-P-2	Las actividades de dragado que tengan por finalidad la restauración, mantenimiento, limpieza de canales y bocas deberán aplicar medidas para minimizar los efectos negativos sobre la vegetación acuática sumergida, las especies de fauna y la calidad del agua.	
SOL-P-3	Se evitarán en esta zona las actividades turísticas y pesqueras.	Como se puede observar, la palabra evitar no se configura como un elemento prohibitivo, más como un elemento indicativo, con base a lo cual, el proyecto se podrá realizar con las características antes descritas y empleando las medidas y elementos pertinentes con los cuales no se genere un amplio impacto ambiental.
SOL-P-4	En situaciones de emergencia, los recintos portuarios podrán funcionar como puertos de abrigo.	La presente acción se tendrá en cuenta y se llevará a cabo en el momento en que el supuesto en cita se configure sin mayor inconveniente.
SOL-P-5	Las marinas, muelles e instalaciones de servicios asociados deberán contar con infraestructura para el acopio y manejo de los residuos producidos durante su construcción, operación y mantenimiento.	Esta acción y los planes que se detallan, se observaran en todos momentos para materializar la acción en comento.
SOL-P-6	Se permite el tránsito y resguardo de embarcaciones menores.	Las características del proyecto y lo indicado en el criterio citado son enteramente compatibles. El proyecto se ajusta al criterio.
SOL-P-7	Las instalaciones portuarias deberán contar con un sistema de captación, recuperación y manejo de aceites, grasas, combustibles y otro tipo de hidrocarburos, que pudieran verterse accidentalmente en el mar. Para su uso se coordinarán con las autoridades competentes.	Las características del proyecto y las acciones aquí descritas son enteramente compatibles. El proyecto se ajusta al criterio.

III.5.3. Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad (POELMS)

El presente Programa de Ordenamiento ser publicó en el Periódico Oficial del estado de Quintana Roo el 25 de mayo del 2009 y subdivide el territorio municipal en 19 unidades de gestión ambiental. En la conformación de tales unidades se partió de la caracterización de los atributos ambientales definidos para las unidades de paisaje identificadas en el territorio municipal, teniendo en cuenta la congruencia jurídica con los instrumentos de planeación vigentes, que emanan de decretos, programas, políticas, planes o autorizaciones jurídicamente válidas, así como la vocación y aptitud natural del territorio, los usos del suelo actuales y la tendencias de desarrollo indicadas por los distintos sectores participantes en la construcción del programa.

De acuerdo con el Programa de Ordenamiento y tomando como referencia la ubicación del proyecto dentro de las 19 Unidades de Gestión Ambiental para el Municipio de Solidaridad, éste se localiza en la UGA 10, cuya Política Ambiental es de Aprovechamiento Urbano, como podrá observarse en la siguiente imagen:

Figura III-12. Ubicación del proyecto con relación al Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad.



En este entendido, se destacan que el uso de suelo urbano ha quedado definido como el aprovechamiento del territorio al interior de los centros de población legalmente establecidos para el desarrollo de proyectos que cumplan con los usos y destinos del suelo en los términos que se indiquen en el Plan o Programa de Desarrollo Urbano vigente y de acuerdo con la Ley de Asentamientos Humanos del Estado de Quintana Roo y la Ley de Fraccionamientos del Estado de Quintana Roo.

Ahora bien, atendiendo a la tabla de compatibilidad de usos de suelo, se tiene lo siguiente:

Tabla III-22. Tabla de compatibilidad de usos de suelo del POELMS.

Unidades de Gestión Ambiental

MIA-R

CAPÍTULO III

Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

Usos del Suelo	1	2	4	5	6	7	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Urbano	I	I	I	I	I	I	C	I	I	C	I	I	I	I	I

C: Uso condicionado
I: Uso incompatible

De acuerdo a los anteriores usos, no se considera un uso condicionado o incompatible para la zona de aprovechamiento urbano de la UGA 10 donde se ubica el proyecto, sin embargo si se establece dentro del POELMS que para las UGA´s 8, 9 y 10 para los usos condicionados y los usos incompatibles se estará a lo establecido en el Programa Director de Fortalecimiento Urbano 2002-2026 y el Plan Parcial de Desarrollo Urbano número 1 del Centro Urbano de Población de Playa de Carmen 2008-2013, Municipio de Solidaridad, Quintana Roo, denominado “del fuego y del agua”.

Atendiendo a lo anterior, el Programa Director de Fortalecimiento Urbano 2002-2026 y el Plan Parcial de Desarrollo Urbano número 1 del Centro Urbano de Población de Playa de Carmen 2008-2013, Municipio de Solidaridad, Quintana Roo, denominado “del fuego y del agua”, quedaron sin efectos al publicarse el Programa de Desarrollo Urbano (PDU) del Municipio de Solidaridad y el Programa de Desarrollo Urbano (PDU) de Playa del Carmen, motivo por el cual el proyecto se vinculará con dichos PDU más adelante.

A continuación, se establecen los criterios de regulación aplicables a la UGA 10, mismos que han sido identificados como los criterios aplicables a las áreas urbanas y criterios específicos:

Tabla III-23. Criterios de regulación aplicables a la UGA 10 de acuerdo con el POELMS.

Criterios de Regulación Ecológica	Uso	Criterios de regulación ecológica aplicables a las áreas urbanas
	Urbano	Uso
	Urbano	Criterios específicos
	Urbano	39, 79, 95, 98, 103, 105, 106.

En cumplimiento a los criterios aplicables a la UGA 10, se realizará la vinculación de las obras y actividades sometidas al procedimiento de evaluación del impacto ambiental ante la Autoridad en la presente MIA-R, por lo que en primera instancia se tienen a los criterios generales, que son aplicables a la totalidad del territorio ordenado fuera de los centros de población legalmente constituidos en el Municipio de Solidaridad, independientemente del uso de suelo que se pretenda dar a los predios particulares.

Tabla III-24. Criterios de regulación ecológica de aplicación general del POELMS.

Criterio	Criterios Ecológicos de aplicación general	Vinculación del proyecto
CG-01	<p>Las actividades, obras y proyectos que se pretendan desarrollar dentro del área municipal, deberán dar cabal cumplimiento a lo establecido en el marco normativo ambiental vigente, considerando de manera enunciativa pero no limitativa, Tratados Internacionales suscritos por México, Leyes Generales, Leyes Estatales, Normas Oficiales Mexicanas, Reglamentos Federales, Estatales y Municipales, Declaratorias y Decretos, Planes y Programas de Manejo aplicables en materia ambiental, urbana, manejo de residuos, protección de flora y fauna y emisión de contaminantes, uso y goce de la Zona Federal Marítimo Terrestre; por lo que no se describen como criterios las obligaciones, límites máximos permisibles o cualquier otro parámetro establecido por estos instrumentos de carácter obligatorio.</p>	<p>La obras y actividades propuestas para el presente proyecto que se somete al procedimiento de evaluación de impacto ambiental, han sido vinculadas en el presente Capítulo con la normatividad vigente tal es el caso de Leyes Generales y Federales, Normas Oficiales Mexicanas, Reglamentos de las Leyes, Declaratorias y Decretos, así como Programas de Manejo en su caso aplicables en materia ambiental, urbana, manejo de residuos, protección de flora y fauna y emisión de contaminantes, uso y goce de la Zona Federal Marítimo Terrestre, buscando en todo momento ajustarse a dicha legislación y normatividad ambiental como instrumentos de carácter obligatorio, por lo que el proyecto cumple el presente criterio.</p>
CG-02	<p>Antes del inicio de cualquier obra o actividad se deberá ejecutar el rescate selectivo de vegetación en el área de aprovechamiento proyectada. La selección de las especies, el número de individuos por especie a rescatar y la densidad mínima de rescate, los métodos y técnicas aplicables, así como el monitoreo del programa, se determinarán y propondrán en un estudio técnico o programa que deberá</p>	<p>En la presente MIA-R se ha propuesto un Programa de Manejo Integral de Flora en el que se considera el rescate y reubicación de las especies, por lo que el proyecto da cumplimiento al presente criterio.</p>

Criterio	Criterios Ecológicos de aplicación general	Vinculación del proyecto
	acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Las actividades de rescate de vegetación deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.	
CG-03	Previo al inicio de cualquier obra o actividad de cada proyecto se deberán ejecutar medidas preventivas orientadas a la protección de los individuos de fauna silvestre presentes en el área de aprovechamiento proyectada. La selección de los métodos y técnicas a aplicar se determinará con base en un estudio técnico o programa que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Las medidas deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.	En la presente MIA-R se ha propuesto un Programa de Manejo Integral de Fauna en el que se considera el rescate y reubicación de las especies, por lo que el proyecto da cumplimiento al presente criterio.
CG-04	Los proyectos de cualquier índole deberán incorporar a sus áreas verdes vegetación nativa propia del ecosistema en el cual se realice el proyecto. Únicamente se permite el empleo de flora exótica que no esté incluida en el listado de flora exótica invasiva de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). La selección de especies a incluir en las áreas verdes, así como el diseño de jardines deberá sustentarse en un programa de arborización y ajardinado que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Se deberá emplear una proporción de 4 a 1 entre plantas de especies nativas y especies ornamentales, excluyendo los pastos.	El proyecto dará cumplimiento al presente criterio, considerando que para sus áreas verdes vegetación nativa, propia del ecosistema, asimismo no tiene considerado el uso de especies exóticas.
CG-05	Con la finalidad de evitar el fraccionamiento de los ecosistemas y el aislamiento de las poblaciones, se deberán agrupar las áreas de aprovechamiento y mantener la continuidad de las áreas con vegetación natural. Para lo cual, el promovente deberá presentar un estudio de	Con los estudios y elementos que se acompañan como parte de la Manifestación de Impacto Ambiental, es que se da cumplimiento al mismo demostrando la congruencia con la acción que en el acto se vincula.

MIA-R

CAPÍTULO III

Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

Criterio	Criterios Ecológicos de aplicación general	Vinculación del proyecto
	zonificación ambiental que demuestre la mejor ubicación de la infraestructura planteada por el proyecto, utilizando preferentemente las áreas perturbadas por usos previos o con vegetación secundaria o acahual.	
CG-06	En el desarrollo de los proyectos se debe realizar el aprovechamiento integral de los recursos naturales existentes en el predio, por lo que será obligatorio realizar la recuperación de tierra vegetal en las superficies que se desmonten, así como el triturado y composteo de la madera resultante del desmonte que se autorice. Los materiales obtenidos no podrán ser comercializados –salvo autorización expresa de la autoridad correspondiente-, sino aprovechados en el mejoramiento de áreas verdes, de equipamiento o de donación.	Con las descripciones al respecto del presente proyecto y los demás elementos se puede evidenciar que, en todo momento, se cumplirá lo establecido en la presente acción.
CG-07	Los proyectos que generen aguas residuales (grises, negras, azules o jabonosas) deberán disponerlas a través de un sistema de tratamiento de aguas residuales propio que cumpla con la normatividad vigente aplicable. La descripción del sistema de tratamiento deberá incorporarse en el estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Sólo se permitirá la reutilización de las aguas residuales tratadas cuando éstas cumplan con la normatividad ambiental vigente.	El proyecto no realizará descargas de aguas residuales, ya que hará uso de la instalaciones existentes en la zona.
CG-08	En cualquier obra deberá estar separada la canalización del drenaje pluvial del drenaje sanitario.	Con los detalles y las medidas del presente proyecto en todo momento se cumplirá lo que en esta acción se indica.
CG-09	La canalización del drenaje pluvial hacia el mar o cuerpos de agua superficiales o pozos de absorción, podrá realizarse previa filtración de sus aguas con sistemas de decantación, trampas de grasas y sólidos u otros que garanticen la retención de sedimentos o contaminantes y deberá ser aprobada	En todo momento y en las diferentes etapas del proyecto se observará lo dispuesto en la presente acción

Criterio	Criterios Ecológicos de aplicación general	Vinculación del proyecto
	por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).	
CG-10	Los materiales calizos y los recursos naturales que se utilicen durante la construcción de un proyecto deberán provenir de fuentes o bancos de material autorizados.	En todo momento, se observará lo establecido en esta acción para la etapa de construcción
CG-11	En el manejo de áreas verdes, campos, canchas, pistas, viveros, plantaciones o sembradíos y para el control de plagas y pestes sólo se permite el uso de sustancias autorizadas por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST).	Los elementos descritos en esta acción en los cuales encuadre el presente proyecto observaran en las diferentes etapas del proyecto lo establecido en la acción en comento.
CG-12	Los proyectos que se realicen fuera de los centros de población, en predios mayores a 5 hectáreas, deberán llevar a cabo un monitoreo del desempeño ambiental del proyecto, el cual deberá sustentarse en un estudio técnico o programa en el que se establezcan los indicadores de calidad ambiental que permitan identificar la eficacia de las medidas sobre los principales componentes de la biota, así como los métodos, técnicas que permitan medir tales indicadores y los tiempos y mecanismos para la interpretación de los resultados. Este estudio deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. El promovente deberá entregar copia de los reportes a la SEDUMA para su inclusión en la Bitácora Ambiental.	El proyecto no se encuentra fuera del Centro de Población de Playa del Carmen. Sin embargo, en la presente MIA-R en el Capítulo VI, se han incluido programas como medidas para la atención de los diferentes impactos ambientales en él lo que se incluyen indicadores de cumplimiento y eficacia de cada uno de los programas que permitirán monitorear el desempeño ambiental del proyecto, tanto en la parte biótica como abiótica.
CG-13	Los residuos derivados de las obras no se dispondrán sobre la vegetación remanente dentro del predio, ni sobre la vegetación circundante, debiéndose trasladar al sitio de disposición final de residuos de manejo especial que establezca el municipio o el estado.	Como se ha mencionado en el capítulo II, del presente, así como también en diferentes capítulos de la presente MIA, se implementarán los programas y subprogramas con los cuales llevar a cabo las acciones en el presente establecido.
CG-14	Está prohibida la introducción de especies de flora o fauna exóticas o	La presente acción no es de observancia de la promovente, toda vez que en ningún momento se

Criterio	Criterios Ecológicos de aplicación general	Vinculación del proyecto
	<p>invasoras incluidas en los listados de la CONABIO, en áreas naturales, cavernas y cuerpos de agua superficiales o subterráneos. La introducción y manejo de especies exóticas sólo se permite en áreas modificadas previa autorización de la SEMARNAT o la SAGARPA.</p> <p>Se excluye de esta restricción las especies de plantas ornamentales tropicalizadas de uso común en la zona Norte de Quintana Roo que se destinen a la conformación de áreas verdes o jardines.</p>	<p>realizará la introducción de especies de flora o fauna exóticas o invasoras incluidas en los listados de la CONABIO.</p>
CG-15	<p>Los promoventes que pretendan llevar a cabo obras o actividades en zonas que se constituyan como sitios de anidación o reproducción de una o más especies de fauna incluida en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, deberán implementar acciones que aseguren la disponibilidad de sitios de anidación y reproducción de tales especies. Estas acciones deberán estar sustentadas en un plan de manejo de acuerdo con la Ley General de Vida Silvestre, que deberá acompañar al manifiesto de impacto ambiental o al informe preventivo aplicable al proyecto. Las acciones deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.</p>	<p>La presente acción no es de observancia de la promovente, toda vez que no se pretenden llevar a cabo obras o actividades en zonas que se constituyan como sitios de anidación o reproducción de una o más especies de fauna incluida en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.</p>
CG-16	<p>Los campamentos para trabajadores de la construcción deberán ser dignos para la vida humana, contar con servicios sanitarios, agua potable, un reglamento para el manejo de residuos sólidos, así como una estrategia de protección civil para atender las alertas por fenómenos hidrometeorológicos. La proporción de servicios sanitarios será de al menos 1 por cada 25 trabajadores.</p>	<p>En todo momento y como se ha descrito en el capítulo II, del presente se observará lo establecido en la presente acción para el proyecto.</p>
CG-17	<p>El uso del fuego estará condicionado a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-015-SEMARNAP/SAGAR-1997.</p>	<p>La presente acción no es de observancia de la promovente, toda vez que en ningún momento se hará uso de fuego.</p>
CG-18	<p>Los proyectos que se realicen fuera de los centros de población, en predios</p>	<p>El proyecto no se encuentra fuera del Centro de Población de Playa del Carmen. Sin embargo, se ha</p>

MIA-R

CAPÍTULO III

Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

Criterio	Criterios Ecológicos de aplicación general	Vinculación del proyecto
	<p>mayores a 5 hectáreas, durante las etapas de preparación del sitio y construcción, deberán presentar de manera semestral a la SEDUMA para su inclusión en la Bitácora Ambiental, un plano georreferenciado (UTM, Datum WGS-84, Zona 16Q) de las áreas aprovechadas dentro del predio, en donde se especifiquen los tipos de vegetación afectados y su superficie.</p>	<p>hecho referencia de las áreas aprovechadas dentro del polígono del proyecto en zona terrestre, asimismo se ha especificado el tipo de vegetación presente y por afectar.</p>
CG-19	<p>Para la apertura de caminos de acceso y vialidades de cualquier tipo fuera de los centros de población se requiere contar con la autorización en materia de impacto ambiental, así como de la autorización de cambio de uso del suelo que por excepción emite la autoridad federal correspondiente.</p>	<p>La presente acción no es de observancia de la promovente, no se llevará a cabo la apertura de caminos de acceso y vialidades de cualquier tipo fuera del centro de población.</p>
CG-20	<p>El establecimiento de viviendas o unidades de hospedaje de cualquier tipo deberá ubicarse a una distancia mayor a 1,000 metros medidos a partir del pozo de extracción de agua potable de la red pública para abasto urbano más cercano.</p>	<p>La presente acción no es de observancia de la promovente, toda vez que en ningún momento se realizará el establecimiento de viviendas o unidades de hospedaje.</p>
CG-21	<p>En el desarrollo u operación de cualquier tipo de proyecto se debe evitar el derrame al suelo o cuerpos de agua de combustibles, lubricantes, grasas, aceites, pinturas u otras sustancias potencialmente contaminantes. De igual manera, se deberá evitar la disposición inadecuada de materiales impregnados con estas sustancias o de sus recipientes.</p> <p>En este sentido el promovente deberá manifestar el tipo de sustancias potencialmente contaminantes que empleará en las distintas etapas del proyecto, así como las medidas de prevención, mitigación y, en su caso, corrección, que aplicará en cada etapa.</p> <p>Para el almacenamiento de este tipo de sustancias o sus residuos se deberá contar con un almacén que cumpla con las especificaciones establecidas en la normatividad aplicable y se deberá llevar</p>	<p>Con los diferentes programas y elementos del mismo en todo momento se observará y cumplirá la acción en comento con la cual se llevará a cabo la misma de manera cabal, ya que se antepone que se implementará un Programa de Manejo Integral de Residuos en el que se ejecutarán las acciones descritas en el presente criterio.</p>

Criterio	Criterios Ecológicos de aplicación general	Vinculación del proyecto
	el registro de su manejo en la bitácora del almacén.	
CG-22	El uso de explosivos estará regulado por los lineamientos de la Secretaría de Defensa Nacional y la normatividad aplicable. Previamente a la utilización de explosivos deberá entregarse a la autoridad competente en materia de protección civil, el cronograma de detonaciones y el programa de protección civil correspondiente que deberá estar disponible al público en general.	La presente acción no es de observancia de la promovente, toda vez que en ningún momento se hará uso de explosivos o detonaciones.
CG-23	Todos los proyectos que en cualquiera de sus etapas de desarrollo generen residuos peligrosos deberán contar con un almacén de residuos peligrosos y disponerlos a través de una empresa autorizada en el manejo de los mismos, conforme a la legislación y normatividad ambiental aplicable en la materia.	Durante el desarrollo del proyecto se contará con un almacén de residuos peligrosos y disponerlos a través de una empresa autorizada en el manejo de los mismos, conforme a la legislación y normatividad ambiental aplicable en la materia. De esta manera se da cumplimiento al criterio en cita.
CG-24	Para los fines de aplicación de este instrumento, en particular para la definición de competencias para la evaluación en materia de impacto ambiental, la zona costera o ecosistema costero del Municipio Solidaridad fuera de los centros de población está delimitada entre la zona federal marítimo terrestre y la carretera federal 307. El territorio localizado al poniente de la carretera federal 307 se considera zona continental.	El proyecto, no se encuentra dentro de este supuesto por lo cual la observancia es de corte Federal ante la Dirección General de Impacto Ambiental mediante el procedimiento administrativo de evaluación.
CG-25	La superficie que se permite ocupar en un predio será el área de aprovechamiento máxima permitida para el desplante de las obras provisionales o definitivas proyectadas, incluyendo obras de urbanización (red de abasto de agua potable, red de alcantarillado sanitario, planta de tratamiento de aguas residuales o fosas sépticas, red de electrificación y alumbrado, obras viales interiores, estacionamientos y las que se requieran	En presente criterio no es de observancia del proyecto, debido a que las acciones que se regula dicho criterio no presentan relación con el proyecto, ya que dicho proyecto consiste en la construcción y operación de una instalación portuaria, integrada por un conjunto de instalaciones marítimas y terrestres destinadas a la recepción, el abrigo y la prestación de servicios a embarcaciones de recreo, turísticas y/o deportivas.

Criterio	Criterios Ecológicos de aplicación general	Vinculación del proyecto
	<p>para la incorporación del proyecto a la red vial), las obras o edificaciones de que conste el proyecto, así como los jardines, áreas públicas, albercas y áreas verdes.</p> <p>La superficie restante deberá mantenerse en condiciones naturales siendo responsabilidad del propietario su preservación y protección.</p> <p>No se contabilizan los senderos, brechas o andadores peatonales al interior de las áreas naturales que se conserven dentro del predio y que sirvan para intercomunicar las diferentes áreas de instalaciones o servicios dentro del proyecto.</p> <p>Las áreas previamente desmontadas o sin vegetación dentro del predio podrán formar parte del área de aprovechamiento permitida y deben considerarse en primer lugar para el desplante de las obras que se proyecten. Cuando por motivo del diseño y funcionalidad de un proyecto no resulte conveniente el uso de las áreas previamente desmontadas, podrá solicitarse el aprovechamiento de otras áreas siempre que el promovente se obligue a reforestar las áreas afectadas que no utilizará, situación que deberá realizar de manera previa a la etapa de operación del proyecto.</p> <p>Cuando el área afectada dentro del predio sea mayor al área de aprovechamiento máxima permitida en el mismo, el propietario deberá implementar medidas tendientes a la restauración ambiental de la superficie excedente de manera previa a la conclusión de la etapa de construcción. Dichas medidas deberán sustentarse en un estudio técnico o programa de restauración que deberá acompañar al manifiesto de impacto ambiental o al informe preventivo aplicable al proyecto. Las actividades de restauración ambiental deberán obtener de manera</p>	

Criterio	Criterios Ecológicos de aplicación general	Vinculación del proyecto
	previa a su inicio la autorización correspondiente.	
CG-26	Para el aprovechamiento de predios, cuerpos de agua o cavernas en los que se detecten vestigios arqueológicos, deberá obtenerse de manera previa al inicio de obras la autorización del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). Si el hallazgo arqueológico se realiza durante el desarrollo del proyecto se deberá informar de manera inmediata al INAH.	El presente criterio no es de observancia de mi representada, toda vez que no pretende llevar a cabo el aprovechamiento o uso de los elementos descritos en el criterio citado.
CG-27	Las obras de infraestructura o equipamiento regional de interés público sólo se permiten con la aprobación del H. Cabildo de Solidaridad y/u otras autoridades competentes, previa autorización en materia de impacto ambiental y de cambio de uso del suelo de terrenos forestales.	El presente criterio no es de observancia de mi representada, toda vez que no pretende llevar a cabo el aprovechamiento o uso de los elementos descritos en el criterio citado.
CG-28	Para el aprovechamiento o uso de especies vegetales o animales silvestres o nativas, partes de ellas o subproductos de los mismos, así como de los recursos forestales, se requiere que estos productos provengan de UMA's o Productores Forestales autorizados y den cumplimiento a lo establecido en la normatividad aplicable.	La presente estrategia no es de observancia de mi representada, toda vez que no pretende llevar a cabo el aprovechamiento o uso de los elementos descritos en la presente acción
CG-29	Con la finalidad de garantizar la estabilidad de las edificaciones, así como evitar el desplome o alumbramiento innecesario del acuífero o la afectación de estructuras y sistemas cársticos, los promoventes deberán realizar de manera previa al inicio de obras un estudio de mecánica de suelos avalado por un laboratorio acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación.	La presente estrategia no es de observancia de mi representada, toda vez que no pretende llevar a cabo el aprovechamiento o uso de los elementos descritos en la presente acción
CG-30	Los promoventes deberán implementar un programa de información y capacitación ambiental para los trabajadores que viven en los campamentos de construcción, que los ilustre sobre las especies de flora y fauna	En todo momento se observará lo establecido en la presente acción para dar el cumplimiento con el mismo, ya que en la presente MIA-R se incluye un Programa de Educación Ambiental dirigido a todo el personal participe en el desarrollo del proyecto

Criterio	Criterios Ecológicos de aplicación general	Vinculación del proyecto
	que cuentan con protección especial, para evitar su depredación.	que los ilustre sobre las especies de flora y fauna que cuentan con protección especial.
CG-31	En caso de que se autorice la ejecución de obras o construcciones sobre cavernas, secas o inundadas, deberá realizarse programa de monitoreo de la misma, el cual deberá acompañar al manifiesto de impacto ambiental, para su aprobación y, en su caso, implementación.	El presente criterio no es de observancia de mi representada, toda vez que no pretende llevar a cabo el aprovechamiento o uso de los elementos descritos en el citado criterio.
CG-32	En predios en los que existan manglares deberá cumplirse lo establecido en la Ley General de Vida Silvestre y las Normas Oficiales Mexicanas aplicables.	El criterio no guarda relación con el proyecto, toda vez que por su ubicación no se encuentra cerca de ecosistemas de manglar.
CG 33	Para la práctica de actividades autorizadas al interior de cavernas o cenotes, únicamente se permite el uso de luz amarilla o roja, la cual solamente se encenderá durante la estancia de los usuarios.	El presente criterio no es de observancia de mi representada, toda vez que no pretende llevar a cabo el aprovechamiento o uso de los elementos descritos en el citado criterio.
CG 34	Se prohíbe la disposición de aguas residuales, con o sin tratamiento, en cenotes, cuevas inundadas o cuevas secas.	En todo momento esta acción será observada y respetada por la promovente.
CG-35	En los términos que establece la Ley para la Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo, los promoventes deberán aplicar el Plan de Manejo de residuos correspondiente durante las distintas etapas de desarrollo y operación de las obras o actividades que se le autoricen.	En todo momento se observará lo establecido en la presente acción para dar el cumplimiento con el mismo, ya que para el desarrollo del proyecto se implementará un Programa de Manejo Integral de Residuos.
CG-36	En el caso de fraccionamientos que se desarrollen fuera de los centros urbanos, el área de aprovechamiento máxima del predio o lote será la que establece la Ley de Fraccionamientos del Estado de Quintana Roo. La superficie remanente deberá mantenerse en condiciones naturales.	El presente criterio no es de observancia para mi mandante, toda vez que del mismo se advierte que las características del proyecto no son las establecidas de acuerdo con el criterio en comento.

Los criterios específicos son aplicables a la totalidad del territorio ordenado fuera de los centros de población legalmente constituidos por el Municipio de Solidaridad, de los que resultan aplicables a la UGA 10 los siguientes:

Tabla III-25. Criterios aplicables a la UGA 10 del POELMS.

Criterio	Descripción	Vinculación
Lineamientos para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales		
CE-39	Si un predio está dividido en dos o más UGA, la superficie máxima de aprovechamiento de cada porción será la que se establezca para cada uso y unidad. La superficie máxima de aprovechamiento no es acumulativa entre usos o unidades de gestión.	La presente acción no es de observancia de mi mandante toda vez que no se encuentra en ese supuesto.
Lineamientos para la preservación y protección de la biodiversidad		
CE-79	Los proyectos que pretendan realizarse en predios que colinden con playas aptas para la anidación de tortugas marinas deberán incorporar medidas preventivas que minimicen el impacto negativo a estos animales tanto durante la temporada de arribo y anidación de las hembras como durante el período de desarrollo de los huevos y eclosión de las crías. Dichas medidas deberán manifestarse en el estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto, para su valoración y en su caso, validación y autorización por la Dirección de Vida Silvestre de la SEMARNAT.	El presente criterio no es de observancia para mi representada, toda vez que en el predio donde se pretende ubicar el proyecto no existen sitios de anidación de tortugas marinas.
CE-95	En los predios en los que exista vegetación exótica o invasora deberá llevarse a cabo un programa de erradicación de dichas especies.	La presente estrategia no es de observancia para mi representada, toda vez que no existen los elementos descritos en el presente criterio.
CE-98	Las reservas urbanas destinadas a aprovechamiento urbano deberán mantener su cobertura vegetal original en tanto no sean urbanizadas.	La presente estrategia no es de observancia para mi representada, toda vez que no existen los elementos descritos en el presente criterio.
Lineamientos para la preservación, restauración y mejoramiento del ambiente		
CE-103	En el caso de que el ecosistema de duna costera se encuentre afectado o carezca de vegetación, ésta se deberá restaurar o	La presente estrategia no es de observancia para mi representada, toda vez que no existen los elementos bióticos descritos en el presente

Criterio	Descripción	Vinculación
	reforestar con la finalidad de promover la protección de las playas, de la zona de anidación de las tortugas marinas y para el mantenimiento de la vegetación costera. Para el cumplimiento de este criterio deberá presentarse de manera conjunta con el estudio ambiental correspondiente, el programa de restauración de vegetación costera. La restauración se realizará en el primer año a partir de la fecha de inicio de obras del proyecto autorizado. Las actividades de restauración deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.	criterio, como es la duna costera, zona de paya o anidación de tortugas.
CE-104	La estructura de la duna costera o bermas rocosas, así como la vegetación que las ocupa se debe mantener en estado natural en por lo menos el 75 % de su superficie dentro del predio.	La presente estrategia no es de observancia para mi representada, toda vez que no existen los elementos descritos en el presente criterio como es la duna costera.
CE-105	Se permiten los andadores de acceso a la playa de conformidad con lo establecido en la normatividad vigente, los cuales siempre tendrán un trazo que atraviese la franja de vegetación costera en forma diagonal con la finalidad de evitar la erosión de la duna o playa. Los andadores o accesos a la playa tendrán una anchura máxima de tres metros y se podrá establecer uno por cada 100 metros de frente de playa de cada predio.	La presente estrategia no es de observancia para mi representada, toda vez que no existen los elementos descritos en el presente criterio.
CE-106	Los andadores de acceso a la playa se establecerán sobre el terreno natural, sin rellenos, ni pavimentos, sólo se permitirá la delimitación del mismo con rocas u otros ornamentos no contaminantes. Se permite el establecimiento de andadores elevados que respeten el relieve natural de la duna.	La presente estrategia no es de observancia para mi representada, toda vez que no existen los elementos descritos en el presente criterio.

A continuación, se vincula el proyecto con los criterios de regulación urbana aplicable a la totalidad del territorio ordenado dentro de los centros de población legalmente constituidos en el Municipio de Solidaridad y aplicables a la UGA 10.

Tabla III-26. Criterios Ecológicos de regulación urbana aplicables a la UGA 10 del POELMS.

Criterio	Descripción	Vinculación con el proyecto
CU-01	<p>Las actividades, obras y proyectos que se pretendan desarrollar dentro del área municipal, deberán dar cabal cumplimiento a lo establecido en el marco normativo ambiental vigente, considerando de manera enunciativa pero no limitativa, Tratados Internacionales suscritos por México, Leyes Generales, Leyes Estatales, Normas Oficiales Mexicanas, Reglamentos Federales, Estatales y Municipales, Declaratorias y Decretos, Planes y Programas de Manejo aplicables en materia ambiental, urbana, manejo de residuos, protección de flora y fauna y emisión de contaminantes, uso y goce de la Zona Federal Marítimo Terrestre; por lo que no se describen como criterios las obligaciones, límites máximos permisibles o cualquier otro parámetro establecido por estos instrumentos de carácter obligatorio.</p>	<p>La obras y actividades propuestas para el presente proyecto que se somete al procedimiento de evaluación de impacto ambiental, han sido vinculadas en el presente Capítulo con la normatividad vigente tal es el caso de Leyes Generales y Federales, Normas Oficiales Mexicanas, Reglamentos de las Leyes, Declaratorias y Decretos, así como Programas de Manejo en su caso aplicables en materia ambiental, urbana, manejo de residuos, protección de flora y fauna y emisión de contaminantes, uso y goce de la Zona Federal Marítimo Terrestre, buscando en todo momento ajustarse a dicha legislación y normatividad ambiental como instrumentos de carácter obligatorio, por lo que el proyecto cumple el presente criterio.</p>
CU-02	<p>Antes del inicio de cualquier obra o actividad se deberá ejecutar el rescate selectivo de vegetación en el área de aprovechamiento proyectada. La selección de las especies, el número de individuos por especie a rescatar y la densidad mínima de rescate, los métodos y técnicas aplicables, así como el monitoreo del programa se determinarán y propondrán en un estudio técnico o programa que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Las actividades de rescate de vegetación deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.</p>	<p>Como se observa en el capítulo VI, de la presente MIA, así como los programas lo determinado en el criterio en cita se cumplirá totalmente.</p>
CU-03	<p>Previo al inicio de cualquier obra o actividad de cada proyecto se deberán ejecutar medidas preventivas orientadas a la protección de los individuos de fauna silvestre presentes en el área de aprovechamiento proyectada. La selección de los métodos y técnicas a aplicar se determinará con base en un estudio técnico o programa que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Las medidas deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.</p>	<p>Como se observa en el capítulo VI, de la presente MIA, así como los programas lo determinado en el criterio en cita se cumplirá cabalmente con lo indicado en el presente criterio.</p>

Criterio	Descripción	Vinculación con el proyecto
CU-04	Los proyectos de cualquier índole deberán incorporar a sus áreas verdes vegetación nativa propia del ecosistema en el cual se realice el proyecto. Únicamente se permite el empleo de flora exótica que no esté incluida en el listado de flora exótica invasiva de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). La selección de especies a incluir en las áreas verdes, así como el diseño de jardines deberá sustentarse en un programa de arborización y ajardinado que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Se deberá emplear una proporción de 4 a 1 entre plantas de especies nativas y especies ornamentales, excluyendo los pastos.	En todo momento se observará lo establecido en el presente criterio para el proyecto, lo cual se materializa con los programas y medidas propuestas para la presente MIA, con relación al manejo de vegetación en áreas verdes.
CU-05	Para el desplante de cualquier obra o instalación se deberán utilizar preferentemente las áreas perturbadas por usos previos o con vegetación secundaria o acahual.	Se aplicará a la medida de lo posible lo establecido en el criterio, que cabe señalar el mismo no es prohibitivo y restringe a realizar solo proyecto en este tipo de áreas por lo cual en caso de no poder realizarlo en su totalidad, es por lo cual se plantea las alternativas y posibles escenarios con la presente MIA y sus programas.
CU-06	En el desarrollo de los proyectos se debe realizar el aprovechamiento integral de los recursos naturales existentes en el predio, por lo que será obligatorio realizar la recuperación de tierra vegetal en las superficies que se desmonten, así como el triturado y composteo de la madera resultante del desmonte que se autorice. Los materiales obtenidos no podrán ser comercializados – salvo autorización expresa de la autoridad correspondiente-, sino aprovechados en el mejoramiento de áreas verdes, de equipamiento o de donación.	En todo momento se observará lo establecido en el presente criterio y de igual forma se dará cumplimiento con las acciones y medidas propuestas a lo largo de la MIA que se pone a consideración de esa Autoridad.
CU-07	En cualquier obra deberá estar separada la canalización del drenaje pluvial del drenaje sanitario.	En el desarrollo del proyecto se dará cumplimiento al criterio en cita.
CU-08	La canalización del drenaje pluvial hacia el mar o cuerpos de agua superficiales o pozos de absorción, podrá realizarse previa filtración de sus aguas con sistemas de decantación, trampas de grasas y sólidos u otros que garanticen la retención de	El presente criterio no es de observancia para la promovente toda vez que lo descrito en el mismo no se llevara a cabo para el proyecto.

Criterio	Descripción	Vinculación con el proyecto
	sedimentos o contaminantes y deberá ser aprobada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), de conformidad con la normatividad aplicable.	
CU-09	Los materiales calizos y los recursos naturales que se utilicen durante la construcción de un proyecto deberán provenir de fuentes o bancos de material autorizados.	En el desarrollo del proyecto se dará cumplimiento al criterio en cita.
CU-10	En el manejo de áreas verdes, campos, canchas, pistas, viveros, plantaciones, sembradíos, y para el control de pestes y plagas, sólo se permite el uso de sustancias autorizadas por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST).	Los elementos del proyecto que empaten con el criterio en cita se observaran y apicaran de conformidad con el criterio en comento.
CU-11	Los residuos derivados de las obras no se dispondrán sobre la vegetación remanente dentro del predio, ni sobre la vegetación circundante, debiéndose trasladar al sitio de disposición final de residuos de manejo especial que establezca el municipio o el estado.	La promovente aplicará un programa con respecto a los residuos, con lo cual en todo momento observará y evitará la prohibición establecida en el presente criterio.
CU-12	Los campamentos para trabajadores de la construcción deberán ser dignos para la vida humana, contar con servicios sanitarios, agua potable, un reglamento para el manejo de residuos sólidos, así como una estrategia de protección civil para atender las alertas por fenómenos hidrometeorológicos. La proporción de servicios sanitarios será de al menos 1 por cada 25 trabajadores.	Conforme a lo descrito en el Capítulo II, de la presente se observará lo referido en el presente criterio y será aplicado en amplios términos.
CU-13	En ningún caso se permite el uso del fuego para el desmonte de predios urbanos o suburbanos, ni para la disposición de residuos sólidos en áreas abiertas.	El presente criterio no es de observancia para la promovente toda vez que lo descrito en el mismo no se llevara a cabo para el proyecto
CU-14	Todos los proyectos que en cualquiera de sus etapas de desarrollo generen residuos peligrosos deberán contar con un almacén de residuos peligrosos y disponerlos a través de una empresa autorizada en el manejo de los mismos, conforme a la legislación y normatividad ambiental aplicable en la materia.	Conforme a lo descrito en el Capítulo II, de la presente se observará lo referido en los criterios referidos y será aplicado un Programa de Manejo Integral de Residuos en amplios términos, al igual que los programas inmersos en la presente MIA a fin de dar cumplimiento a los indicado por los criterios.

Criterio	Descripción	Vinculación con el proyecto
CU-15	En los términos que establece la Ley para la Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo, los promoventes deberán aplicar el Plan de Manejo de residuos correspondiente durante las distintas etapas de desarrollo y operación de las obras o actividades que se le autoricen.	
CU-16	Para los fines de aplicación de este instrumento, en particular para la definición de competencias para la evaluación en materia de impacto ambiental, la zona costera o ecosistema costero del Municipio Solidaridad al interior de los centros de población con programa de desarrollo urbano decretado incluye únicamente a los predios colindantes con la zona federal marítimo terrestre.	El presente criterio no es de observancia para la promovente toda vez que lo descrito en el mismo no se llevara a cabo para el proyecto.
CU-17	Para el aprovechamiento de predios, cuerpos de agua o cavernas en los que se detecten vestigios arqueológicos, deberá obtenerse de manera previa al inicio de obras la autorización del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). Si el hallazgo arqueológico se realiza durante el desarrollo del proyecto se deberá informar de manera inmediata al INAH.	El presente criterio no es de observancia para la promovente toda vez que lo descrito en el mismo no se llevara a cabo para el proyecto.
CU-18	Las reservas territoriales destinadas a aprovechamiento urbano y las áreas de preservación ecológica establecidas en el programa de desarrollo urbano deberán mantener su cobertura vegetal original mientras no se incorporen al desarrollo y se autorice su aprovechamiento por las autoridades competentes.	El presente capítulo ha considerado el análisis correspondiente al Programa Director de desarrollo urbano del Centro de Población de Playa del Carmen, en el que se ha considerado mantener con su cobertura vegetal de acuerdo con lo que se indique por la autorización correspondiente, ajustándose así a los criterios en cita.
CU-19	El desarrollo de proyectos en las áreas de reserva urbana se realizará de acuerdo con la programación prevista en el plan o programa director de desarrollo urbano que le corresponda.	
CU-20	Alrededor de los cenotes y accesos a cuevas se deberá mantener una franja perimetral de protección constituida por vegetación natural, con una anchura equivalente a la anchura máxima del espejo de agua. En esta franja sólo se permitirá el aclareo de hasta el 10 % de su cobertura y la remoción de árboles	El presente criterio no es de observancia para la promovente toda vez que lo descrito en el mismo no se llevara a cabo para el proyecto.

Criterio	Descripción	Vinculación con el proyecto
	jóvenes de hasta 10 cm de diámetro, siempre y cuando la autoridad competente por excepción otorgue el cambio de uso de suelo en esta superficie.	
CU-21	En el aprovechamiento de los cuerpos de agua continentales (cenotes, cuevas inundadas o lagunas) y otras formaciones cársticas (cuevas secas, rejolladas o chuntunes) sólo se permite el establecimiento de estructuras ligeras y de tipo temporal fuera del cuerpo de agua o estructura cárstica y de la franja de protección.	El presente criterio no es de observancia para la promovente toda vez que lo descrito en el mismo no se llevara a cabo para el proyecto.
CU-22	Las aguas residuales deberán canalizarse hacia las plantas de tratamiento de aguas residuales operadas por la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado o el organismo operador autorizado por esta instancia. En el caso de que no existan plantas de tratamiento que puedan atender la demanda del proyecto, el promovente deberá instalar una planta que cumpla con las condiciones establecidas en la normatividad vigente en materia de aguas residuales tratadas.	El proyecto propuesto no contempla la descarga de aguas residuales, ya que durante las etapas de desarrollo del proyecto, hará uso de las instalaciones existentes.
CU-23	El manejo y disposición final de los lodos y otros residuos generados en el tratamiento de las aguas residuales es responsabilidad del propietario del sistema de tratamiento que los genere, quien deberá presentar un reporte semestral ante la autoridad correspondiente, turnando una copia a la SEDUMA para la inclusión de los resultados en la Bitácora Ambiental, que indique el volumen de agua tratado, tipo y características de los lodos y otros residuos generados, tratamiento aplicado a los lodos, resultados del análisis CRETIB y sitio o forma de disposición final.	El presente criterio no es de observancia para la promovente toda vez que lo descrito en el mismo no se llevara a cabo para el proyecto.
CU-24	En las áreas de aprovechamiento proyectadas se deberá mantener en pie la vegetación arbórea y palmas de la vegetación original que por diseño del proyecto coincidan con las áreas destinadas a camellones, parques, jardines, áreas verdes, áreas de donación o áreas de equipamiento, de tal forma que estos individuos se integren al proyecto.	Algunas de las obras en zona terrestre requerirán el desmonte de vegetación natural, para ello será necesario el cambio de uso de suelo. Se tratará en mantener en la medida de lo posible la vegetación arbórea y palmas de la vegetación original que por diseño del proyecto coincidan con las áreas destinadas a jardines o áreas verdes.
CU-25	La superficie de aprovechamiento de un predio, así como sus coeficientes de uso (CUS)	Cabe señalar que los coeficientes determinados por el PDUCP Playa del Carmen, no son aplicables debido a

MIA-R

CAPÍTULO III

Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

Criterio	Descripción	Vinculación con el proyecto
	y ocupación del suelo (COS), estarán en función de lo que determine el programa o plan de desarrollo urbano vigente que le aplique. Sólo se permite el desmonte de la superficie que resulte de multiplicar el Coeficiente de Modificación del Suelo por la superficie total del predio, para lo cual deberá obtener de manera previa la autorización por excepción del cambio de uso del suelo en terrenos forestales y las autorizaciones estatales y municipales respectivas. Será obligatorio mantener la superficie remanente con la vegetación original. En el caso que la superficie remanente se encuentre afectada o que carezca de vegetación, el promovente deberá procurar su restauración o reforestación.	que la naturaleza de las obras no corresponde a edificaciones o a un desarrollo hotelero turístico. El proyecto corresponde al desarrollo de un embarcadero.
CU-26	Para el aprovechamiento o uso de especies vegetales o animales silvestres o nativas, partes de ellas o subproductos de los mismos, así como de los recursos forestales, se requiere que estos productos provengan de UMA's o Productores Forestales autorizados y den cumplimiento a lo establecido en la normatividad aplicable.	El presente criterio no es de observancia para la promovente toda vez que lo descrito en el mismo no se llevara a cabo para el proyecto tales como el aprovechamiento o uso de especies vegetales o animales silvestres o nativas, partes de ellas o subproductos de los mismos, así como de los recursos forestales.
CU-27	Se deberán mantener en pie e integrar al diseño del proyecto los árboles con diámetro normal (1.30 cm del suelo) igual o mayor a 40 cm. Para evitar daño a las raíces deberá establecerse un radio de protección de 5 m alrededor del tronco del árbol.	Como se indicó con anterioridad algunas de las obras en zona terrestre requerirán el desmonte de vegetación natural, para ello será necesario el cambio de uso de suelo. Se tratará en mantener en la medida de lo posible la vegetación arbórea y palmas de la vegetación original particularmente los árboles con diámetro normal (1.30 cm del suelo) igual o mayor a 40 cm.
CU-28	Se permite la instalación temporal de plantas de premezclado, dosificadoras o similares dentro del área de desmonte permitida en el interior de predios para abastecer al proyecto, únicamente durante su construcción. Debiendo ser retiradas una vez que se concluya la construcción del mismo. El área ocupada por la planta deberá integrarse al proyecto.	El presente criterio no es de observancia para la promovente toda vez que lo descrito en el mismo no se llevara a cabo para el proyecto.
CU-29	Las plantas de premezclado, dosificadoras o similares deberán contar con un programa de cumplimiento ambiental autorizado por la SEDUMA para la regulación de emisiones a la atmósfera, ruido y generación de residuos	El presente criterio no es de observancia para la promovente toda vez que lo descrito en el mismo no se llevara a cabo para el proyecto.

MIA-R

CAPÍTULO III

Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

Criterio	Descripción	Vinculación con el proyecto
	<p>peligrosos, que dé cumplimiento a la normatividad vigente. Este programa se deberá presentar junto con la manifestación de impacto ambiental de la planta.</p>	
CU-30	<p>Se deberá instalar una malla perimetral para reducir la emisión de polvos hacia el exterior de las áreas de trabajo y reducir el impacto visual.</p>	<p>En todo momento se observará el criterio en comento, para evitar generar impactos al medio ambiente.</p>
CU-31	<p>Durante el transporte de materiales pétreos éstos deberán humedecerse y cubrirse con una lona antidispersante, la que se debe sujetarse adecuadamente y encontrarse en buen estado, con objeto de minimizar la dispersión de partículas de polvo.</p>	<p>El presente criterio no es de observancia para la promovente toda vez que lo descrito en el mismo no se llevara a cabo para el proyecto.</p>
CU-32	<p>En predios urbanos en los que existan manglares, deberá cumplirse lo establecido en la Ley General de Vida Silvestre y las Normas Oficiales Mexicanas aplicables.</p>	<p>El presente criterio no es de observancia para la promovente toda vez que lo descrito en el mismo no se llevara a cabo para el proyecto.</p>
CU-33	<p>En el desarrollo u operación de cualquier tipo de proyecto se debe evitar el derrame al suelo o cuerpos de agua de combustibles, lubricantes, grasas, aceites, pinturas u otras sustancias potencialmente contaminantes. De igual manera, se deberá evitar la disposición inadecuada de materiales impregnados con estas sustancias o de sus recipientes. En este sentido el promovente deberá manifestar el tipo de sustancias potencialmente contaminantes que se empleará en las distintas etapas del proyecto, así como las medidas de prevención, mitigación y, en su caso corrección, que aplicará.</p> <p>Para el almacenamiento de este tipo de sustancias se deberá contar con un almacén que cumpla con las especificaciones establecidas en la normatividad aplicable y se deberá llevar el registro de su manejo en la bitácora del almacén.</p>	<p>Esta estrategia se llevará a cabo, con la implementación en todo momento de los programas específicos para ello, con lo cual se tendrá contempladas acciones para evitar los supuestos establecidos en el presente criterio, tales como el Programa de Manejo Integral de Residuos.</p>

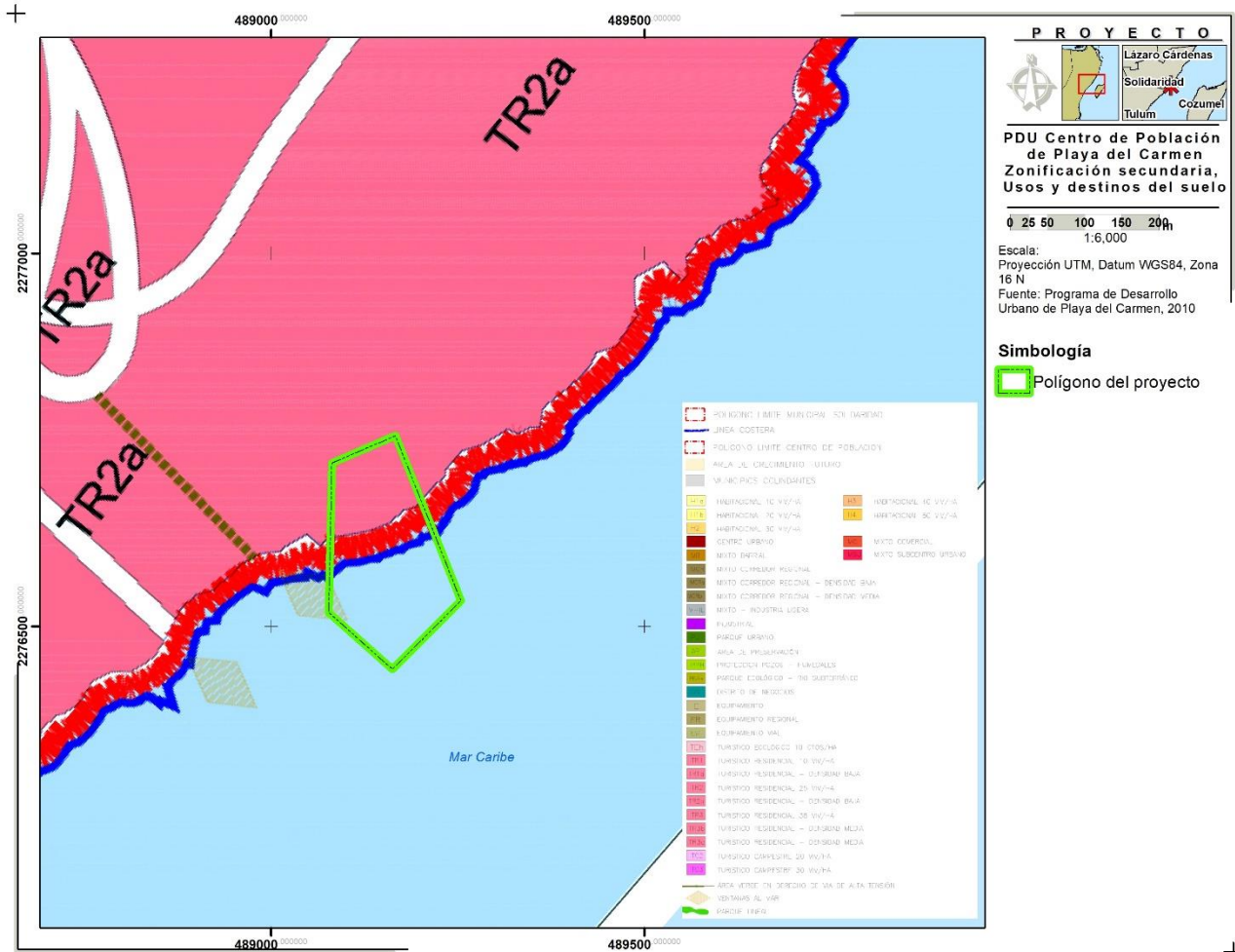
De acuerdo con la anterior vinculación, el proyecto se ajusta a los criterios aplicables por lo que se concluye que el mismo es procedente.

III.5.4. Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Playa del Carmen, Quintana Roo, 2010-2050

El Programa de Desarrollo Urbano del Municipio de Solidaridad (en donde se ubica el centro de población de Playa del Carmen) contiene una estrategia de desarrollo integral de gran visión, en un horizonte de planeación que abarca hasta el año 2050. En concordancia con lo anterior, para la instrumentación de las políticas, estrategias y acciones previstas en este Programa de Desarrollo Urbano de Playa del Carmen, se han considerado tres etapas de desarrollo: la primera, correspondientes al corto plazo, cubre el periodo 2010-2030; la segunda etapa, correspondiente al mediano plazo, cubre el periodo 2031-2040; y la tercera etapa al largo plazo correspondiente al periodo 2041-2050. La consideración respecto a la autorización de proyectos y obras se ajustará a la programación establecida en el Programa de Desarrollo Urbano y en su esquema de etapas de desarrollo.

Dentro del presente Programa publicado en el Periódico Oficial del gobierno del estado de Quintana Roo el 20 de diciembre del 2010, con una Fe de erratas publicada el 19 de enero del 2011, se han observado y se identificó el proyecto se localiza en una zona de uso TR2a, como se podrá ver en la siguiente imagen:

Figura III-13. Ubicación del proyecto en la zonificación del PDU del Centro de Población Playa del Carmen, Quintana Roo 2010-2050.



Como se puede observar, el proyecto que nos ocupa incide en el uso de suelo TR2a **Turístico-Residencial de Densidad Baja**. Para este uso en específico el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Playa del Carmen establece a la letra:

“Turístico Residencial de Densidad Baja, TR2a

Corresponde al Proyecto Puerto Xcaret aprobado en el Programa Parcial de Desarrollo Urbano “del Fuego y del Agua” 2008-2013.

MIA-R

Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

CAPÍTULO III

TR2a: Polígono Puerto Xcaret. Las densidades correspondientes, así como los parámetros urbanos de cada unidad en particular, son los establecidos en el Programa Parcial de Desarrollo Urbano “del Fuego y del Agua” 2008-2013.”

En este tenor, lo que respecta al uso de suelo TR2a (turístico residencial de densidad baja), se contempla en el Polígono Puerto Xcaret, mismo en el que se ubica el proyecto a continuación:

Figura III-14. Plano del Polígono Puerto Xcaret.



Como se podrá observar, el proyecto se localiza en las Unidades TR2a-02, TR2*a-01, TR2*a-08 y MSU-01, cuyo uso predominante en estas unidades es Turístico Residencial y Mixto Subcentral.

Asimismo, podremos consultar los usos y destinos permitidos como a continuación se muestra:

*Tabla III-27. Usos y Destinos permitidos en las Unidades TR2*A-01 y TR2*a-08 contenidos en el PDU del Centro de Población Playa del Carmen, Quintana Roo 2010-2050.*

Unidad	Uso dominante	Uso complementario	Usos y destinos permitidos
TR2a - 02	Turístico Residencial	Residencial y Alojamiento temporal	Residencial Unifamiliar, Plurifamiliar, Condominal, Áreas Verdes, Áreas recreativas afines, ciclistas, Hoteles, embarcaderos, Ventanas al Mar, club de playa. Áreas comerciales afines a la operación hotelera. Equipamiento para diversificación turística.
TR2*a 01	Turístico Residencial	Residencial y Alojamiento temporal	Residencial Unifamiliar, Plurifamiliar, Condominal, Áreas Verdes, Áreas recreativas afines, ciclistas, Hoteles, embarcaderos, Ventanas al Mar, club de playa. Áreas comerciales afines a la operación hotelera. Equipamiento para diversificación turística.
TR2*a - 08	Turístico Residencial	Residencial y alojamiento temporal. Comercial, recreativo. Equipamiento urbano. Prevención Ecológica y Arqueológica	Residencial Unifamiliar, Plurifamiliar, Condominal, Áreas Verdes, Áreas recreativas afines, ciclistas, Hoteles, Ventanas al Mar, club de playa. Áreas comerciales afines a la operación hotelera. Equipamiento para diversificación turística.
MSU-01	Mixto Subcentral	Turístico Residencial, comercial turístico, exposición cultural, transporte, estacionamiento,	Residencial Unifamiliar, Plurifamiliar, Condominal, Áreas Verdes, Áreas recreativas afines, ciclistas, pequeños hoteles, áreas comerciales afines a la operación hotelera.

Unidad	Uso dominante	Uso complementario	Usos y destinos permitidos
		conservación arqueológica.	

Asimismo, en la siguiente tabla se expresan los criterios urbanísticos propuestos para el Polígono Puerto Xcaret y cada uno de sus lotes.

TABLA PLAN MAESTRO PUERTO XCARET																									
UNIDAD	USO PREDOMINANTE	USO COMPLEMENTARIO	VIVIOTOS		CRITERIOS							RESTRICCIONES					USOS Y DESTINOS PERMITIDOS								
			Máximo permisible en viviendas locales	Máximo permisible en viviendas temporales	Coeficiente de ocupación del suelo (COS)	Coeficiente de utilización del suelo (CUS)	Coeficiente de modificación del suelo (CMS)	Superficie en forma del lote unifamiliar (m ²)	Superficie mínima del lote unifamiliar en parcelas frías	Viviendas máximo en terreno mínimo unifamiliares	Superficie en forma del lote plurifamiliar	Superficie mínima de lote plurifamiliar en parcelas frías	Viviendas máximo en terreno mínimo plurifamiliares	Altura máxima en metros	Altura máxima en metros	Altura máxima en metros		Altura máxima en metros	Altura máxima en metros						
TR2a - 01	Turístico Residencial	Residencial y Alojamiento temporal	235	470	0.20	0.35	0.25	600	20	1	1,500	24	3	10.5	3	1.5	2	1	50%	6.00	4.50	3.00	12.00	Playa	Residencial Unifamiliar, Plurifamiliar, Condominial, Áreas Verdes, Áreas recreativas afines, ciclistas, Hoteles, embarcaderos, Ventanas al Mar, club de playa, Áreas comerciales afines a la operación hotelera. Equipamiento para diversificación turística.
TR2a - 02	Turístico Residencial	Residencial y Alojamiento temporal	30	60	0.20	0.35	0.25	600	20	1	1,500	24	3	10.5	3	1.5	2	1	50%	6.00	4.50	3.00	12.00	Playa	Residencial Unifamiliar, Plurifamiliar, Condominial, Áreas Verdes, Áreas recreativas afines, ciclistas, Hoteles, embarcaderos, Ventanas al Mar, club de playa, Áreas comerciales afines a la operación hotelera. Equipamiento para diversificación turística.
TR2a - 05	Turístico Residencial	Prevención y recreación ecológica, Conservación arqueológica, Equipamiento cultural y recreativo	180	360	0.2	0.45	0.25	360	12	1	720	24	3	12	3	1.50	2	1	50%	6.00	1.50	3.00	N/A	Selva	Residencial Unifamiliar, Plurifamiliar, Condominial, Áreas Verdes, Áreas recreativas afines, ciclistas.
TR2a - 06	Turístico Residencial	Prevención y recreación ecológica, Conservación arqueológica	375	750	0.20	0.45	0.25	600	20	1	1,200	30	3	12	3	1.50	2	1	50%	6.00	1.50	3.00	N/A	Selva	Residencial Unifamiliar, Plurifamiliar, Condominial, Áreas Verdes, Áreas recreativas afines, ciclistas.
TR2a - 07	Turístico Residencial	Prevención y recreación ecológica, Conservación arqueológica	720	1,440	0.20	0.45	0.25	390	12	1	780	24	3	12	3	1.50	2	1	50%	6.00	1.50	3.00	N/A	Selva	Residencial Unifamiliar, Plurifamiliar, Condominial, Áreas Verdes, Áreas recreativas afines, ciclistas, pequeños hoteles.
TR2a - 08	Turístico Residencial	Residencial y alojamiento temporal, Comercial, recreativo, Equipamiento urbano, Prevención Ecológica y Arqueológica	1,025	2,050	0.20	0.45	0.25	390	12	1	780	24	3	12	3	1.50	2	1	50%	6.00	3.00	3.00	N/A	Playa	Residencial Unifamiliar, Plurifamiliar, Condominial, Áreas Verdes, Áreas recreativas afines, ciclistas, Hoteles, Ventanas al Mar, club de playa, Áreas comerciales afines a la operación hotelera. Equipamiento para diversificación turística.
MSU - 01	Mixto Subcentral	Turístico residencial, Comercial turístico, exposición cultural, Comunicación, Transporte, Estacionamiento, Conservación arqueológica.	1,025	2,050	0.20	0.45	0.25	390	12	1	780	24	3	12	3	1.50	2	1	50%	6.00	3.00	3.00	N/A	Pueblo	Residencial Plurifamiliar, Condominial, Áreas Verdes, Áreas recreativas afines, ciclistas, pequeños hoteles, áreas comerciales afines a la operación hotelera.

De acuerdo con lo visualizado en la ilustración anterior, el proyecto pretendido incide en una zonificación particular dentro del lote definido por el Polígono Puerto Xcaret.

A esto hay que agregar que el proyecto incide en una parte marina y otra terrestre, no obstante que no se prevé el desarrollo de cuartos hoteleros o viviendas por lo que no resultan vinculantes los parámetros urbanos del programa de desarrollo urbano en torno a densidades. Lo anterior en virtud de que no se contempla la construcción de ningún tipo de obra o infraestructura asociada a la actividad

residencial u hotelera, que implique la adecuación a los lineamientos o parámetros inherentes a densidades.

Por otro lado, retomando los conceptos de los coeficientes y dada la naturaleza de las obras incluidas en la presente solicitud de modificación, no resultan aplicables el Coeficiente de Ocupación de Suelo y el Coeficiente de Utilización del Suelo, ya que estos coeficientes únicamente resultan aplicables para obras de construcción techadas y no así para obras sin techar como son las obras de protección propuestas. Lo anterior en virtud de que ambos parámetros hacen referencia a la superficie edificable permitida y sólo resultan aplicables a obras que implican un cálculo de construcción en orden ascendente como lo es el caso de edificios.

Por cuanto hace al Coeficiente de Modificación del Suelo (CMS), en las normas particulares del presente ordenamiento se establece lo siguiente:

“Coeficiente de Modificación del Suelo

El coeficiente de modificación del suelo (CMS) corresponderá al total del predio. En esta área modificada se incluyen:

- El desplante de las edificaciones
- Obra exterior
- Vialidades y circulaciones
- Áreas verdes y
- Cualquier obra o servicio relativo al uso permitido

La superficie restante no modificada, se mantendrá en un 50% como área verde en estado natural y 50% como área verde modificada respetando el estrato arbóreo de más de 10 cm de diámetro.

Para todos los fraccionamientos de tipo Turístico Campestre, **Turístico Residencial**, Habitacional, Habitacional Campestre, **Mixtos**, Comerciales y de Servicios e Industriales, el coeficiente de modificación del suelo será del **0.90** por ciento de la superficie total del lote, debiendo tener el 10 por ciento como área no modificada del total del lote, de la cual, el 50 por ciento se mantendrá como área verde natural y el 50 por ciento como área verde modificada.”

En este tenor, puede concluirse que no se encontró restricción o limitante alguna para el desarrollo del proyecto, pues como se ha mencionado, los parámetros urbanos no son aplicables al proyecto dado que el mismo guarda relación con una infraestructura marina, cuya regulación esta al amparo de la legislación Federal competencia de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes pues como bien lo dice el presente instrumento es un Programa de Desarrollo Urbano cuyo alcance no es la zona federal, ni la zona marina, asimismo, considerando que en su caso se estimará como aplicable el CMS al proyecto, habrá de considerarse que el mismo se localizará en una zona terrestre y otra marina, cuyo fraccionamiento es Turístico Residencial y Mixto, donde el CMS es de 0.90, en este sentido se tiene lo siguiente:

Concepto	Total m ²	Marino	ZOFEMAT	Terrestre
Polígono del proyecto	36,088.31	21,709.25	2,841.73	11,537.33

Lo anterior, tendrá la siguiente distribución:

Concepto	m ²	Marino	ZOFEMAT	Terrestre
Rompeolas norte (incluye baliza)	5,105.39	4997.66	107.73	-
Rompeolas sur (incluye baliza)	737.70	610.27	127.43	-
Área de dragado /excavación (a los -3.00 m NBM)	18,910.59	7,988.15	2,191.09	8,731.35
Muelles flotantes (924.66 m ²)				
Muro de contención perimetral	923.63	-	46.18	877.45
Escaleras (2)	45.00	-	-	45.00

Total 25,722.31 13,596.08 2,472.43 9,653.80

Tomando en consideración la información anterior, la superficie total del predio en zona terrestre corresponde a 11,537.33 m², de los cuales se ocupará una superficie de 9,653.80 m², lo que se traduce en que el CMS de 0.90 corresponde a una superficie de 10,383.597 m², por lo que el proyecto ocupará una superficie menor a la permitida, acreditándose así, el cumplimiento al parámetro urbano identificado como CMS, ya que el proyecto pretende el aprovechamiento del 0.84.

Por lo antes expuesto, el presente proyecto se ajusta y da cumplimiento al Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Playa del Carmen por lo que no existe limitante en este rubro para el desarrollo del mismo.

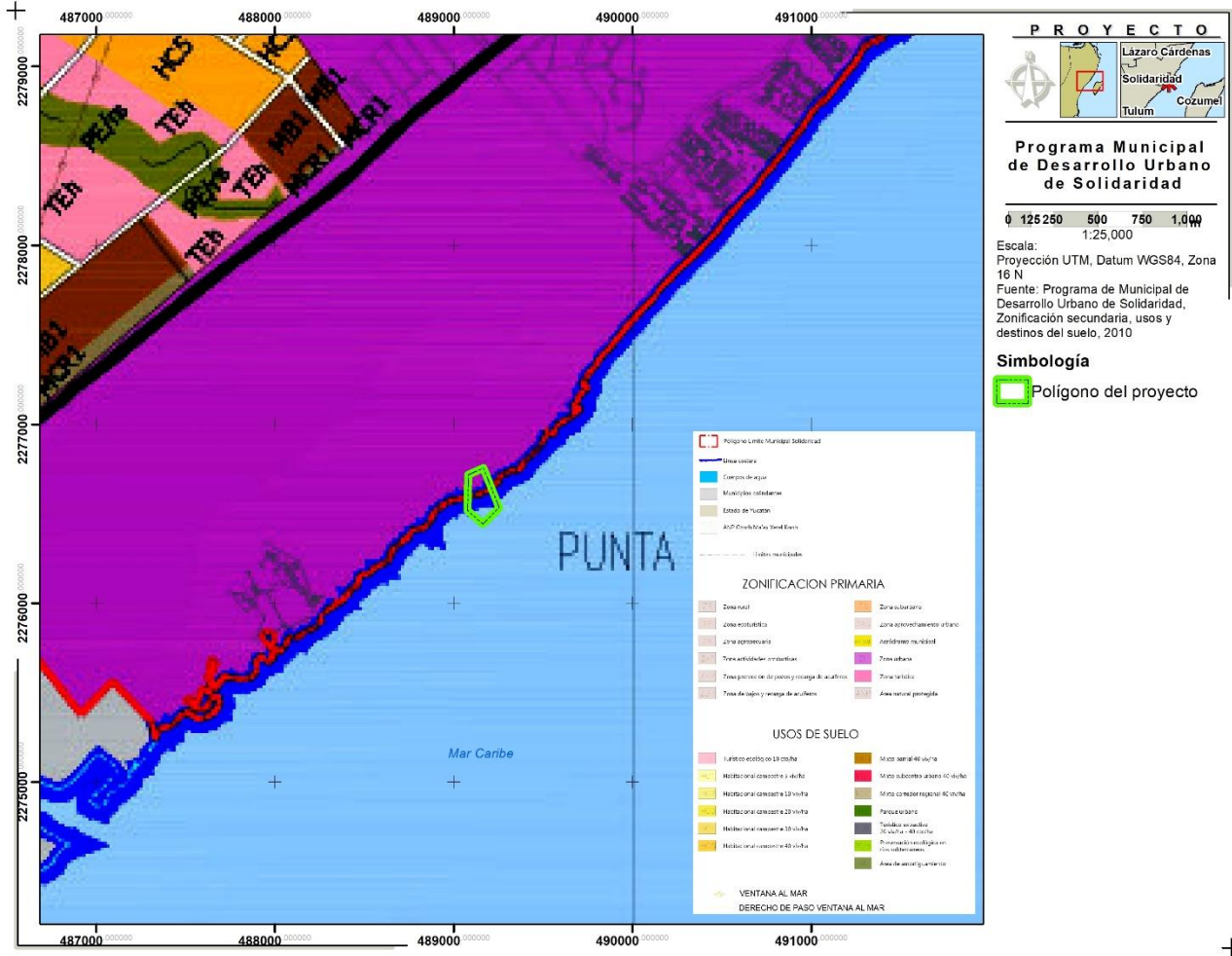
III.5.5. Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Solidaridad 2010-2050 (PMDUS)

El presente Programa se publicó en el Periódico Oficial del gobierno del estado de Quintana Roo el 20 de diciembre del 2010, en su contenido se ha planteado un conjunto de políticas generales dentro de las cuales se enmarca la estrategia para el desarrollo del Municipio Solidaridad, como es la Ecología, el Desarrollo Urbano, Vivienda, Desarrollo Turístico y Ordenamiento Territorial.

Este Programa Municipal de Desarrollo del Municipio de Solidaridad (PMDUS), considera las políticas y estrategias del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Solidaridad (POEL), siendo las principales el Aprovechamiento Sustentable y Urbano, Preservación del equilibrio ecológico, Protección de los Recursos Naturales y Conservación, por lo que en este PMDUS estas cinco políticas se reflejan en las 19 Unidades de Gestión Ambiental (UGA) que lo conforman, por

lo que se ha identificado que el presente proyecto se localiza en la UGA 10, denominada Zona Urbana de Playa del Carmen (ver siguiente imagen).

Figura III-15. Ubicación del proyecto en la zonificación del PMDU del Municipio de Solidaridad.



A continuación, se presenta un cuadro de análisis de los usos urbanos y suburbanos con respecto a su compatibilidad o incompatibilidad en cada una de las UGA´s que conforman el POEL:

Tabla III-28. Tabla de compatibilidades e incompatibilidades del PMDUS.

Usos del Suelo	Unidades de Gestión Ambiental																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Urbano			A					P	P	P									
	I	I	N	I	I	I	I	D	D	D	C	I	I	C	I	I	I	I	I
Suburbano			A					P	P	P									
	C	C	N	I	I	C	C	D	D	D	I	C	I	C	C	C	C	C	I
			P					U	U	U									

I. Incompatible. **C.** Compatible. **ANP.** Uso de suelo determinado el decreto y el Programa de manejo del área natural protegida Otoch Ma´ax Yetel Kooh. **PDU.** Uso de suelo determinado por el Programa de Desarrollo Urbano correspondiente a cada centro de población.

De la Tabla anterior se observa que para la UGA 10, el uso de suelo estará determinado por el Programa de Desarrollo Urbano correspondiente, por lo que al respecto el PMDUS establece que la UGA 10 denominada Zona Urbana de Playa del Carmen, tiene vocación de uso de suelo urbano con aprovechamiento sustentable y con usos condicionados e incompatibles establecidos el Plan Director de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Playa del Carmen 2002-2026 (P.O. 1 de abril de 2002), sin embargo dicho instrumento quedó sin efectos al publicarse el Programa de Desarrollo Urbano (PDU) del Municipio de Solidaridad y el Programa de Desarrollo Urbano (PDU) de Playa del Carmen, mismos que están siendo considerados en el presente Capítulo.

Asimismo, el PMDUS remire a que el POEL del Municipio de Solidaridad determina 33 Criterios de Regulación Ecológica Aplicables a las Áreas Urbanas, mismos que ya fueron vinculados con anterioridad, los cuales son compatibles con la realización del presente proyecto.

III.6. Vinculación con las políticas e instrumentos de planeación del desarrollo en la región.

De acuerdo con lo establecido en el Artículo 35 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), para la autorización de las obras y actividades a que se refiere el Artículo 28 de la citada Ley, la Secretaría revisará que se ajusten a las formalidades previstas en la misma Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas aplicables, y se sujetará a lo que establezcan los ordenamientos antes señalados, así como los programas de desarrollo urbano y de ordenamiento ecológico del territorio, las declaratorias de áreas naturales protegidas y las demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables. Por tal motivo, a continuación, se presenta la vinculación del **proyecto** con los instrumentos aplicables para su desarrollo.

En los sucesivos numerales se presenta el análisis correspondiente a los diversos instrumentos de política ambiental como son el Plan Nacional de Desarrollo y el Plan de Desarrollo Estatal.

III.6.1. Plan Nacional de Desarrollo 2013 - 2018

El Plan Nacional de Desarrollo se estructura bajo los siguientes ejes rectores:

1. México en Paz,
2. México Incluyente,
3. México con Educación de Calidad,
4. México Próspero y,
5. México con Responsabilidad Global.

En cuanto a los ejes rectores, mencionados con anterioridad, el proyecto se inserta en el eje denominado “México Próspero”, por lo que a continuación se vincula con sus objetivos estrategias y líneas de acción:

“Objetivo 4.11. Aprovechar el potencial turístico de México para generar una mayor derrama económica en el país.”

Tabla III-29. Estrategias y líneas de acción del PND vinculantes al proyecto.

Concepto	Vinculación con el proyecto
<p>Estrategia 4.11.2. Impulsar la innovación de la oferta y elevar la competitividad del sector turístico.</p> <p>Líneas de acción:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <u>Fortalecer la infraestructura y la calidad de los servicios y los productos turísticos.</u> ✓ <u>Posicionar adicionalmente a México como un destino atractivo en segmentos poco desarrollados, además del de sol y playa, como el turismo cultural, ecoturismo y aventura, salud, deportes, de lujo, de negocios y reuniones, cruceros, religioso, entre otros.</u> 	<p>Con el desarrollo del proyecto se pretende ampliar y mejorar la oferta de servicios turísticos, ampliando la diversidad con la apreciación y preservación natural de la región, complementando la experiencia de los turistas otorgando un servicio de alta calidad planteado por el proyecto. Finalmente se adhiere a la promoción de la belleza escénica de México, y lo presenta como un destino atractivo y de calidad, inclinándose a la experiencia innovadora del turismo en convivencia con el medio ambiente.</p>
<p>Estrategia 4.11.4. Impulsar la sustentabilidad y que los ingresos generados por el turismo sean fuente de bienestar social.</p> <p>Líneas de acción:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <u>Convertir al turismo en fuente de bienestar social.</u> 	<p>Con el proyecto se proponen actividades que integran elementos naturales característicos de la región, e impulsan el desarrollo nacional y el bienestar social, aunado a la preservación de sus recursos. Desde el punto de vista económico y social, la realización del proyecto tendrá un impacto benéfico en la zona, pues permitirá incrementar la generación de empleos temporales y permanentes, así como incrementar las actividades turísticas.</p>

Por los argumentos antes expuestos, se concluye que el proyecto es congruente con los objetivos, estrategias y líneas de acción antes invocadas.

III.6.2. Plan Estatal de Desarrollo de Quintana Roo 2016-2022

El Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022 establece un orden de la acción pública del gobierno en el corto, mediano y largo plazos; en su estructura se mantiene una relación estratégica entre ciudadanía y gobierno; está integrado por cinco ejes rectores:

- Desarrollo y Diversificación Económica con Oportunidades para Todos
- Gobernabilidad, Seguridad y Estado de Derecho
- Gobierno Moderno, Confiable y Cercano a la Gente
- Desarrollo Social y Combate a la Desigualdad
- Crecimiento Ordenado con Sustentabilidad Ambiental

El gobierno federal ha impulsado de manera prioritaria la industria turística, derivado de su crecimiento y la importancia que ha tomado como uno de los pilares del desarrollo económico nacional; por lo anterior, se han puesto en marcha programas para la modernización de la infraestructura y el incremento del sector de comunicaciones y transportes, con la finalidad de que más visitantes accedan a un mayor número de destinos. Asimismo, se han puesto en ejecución proyectos, creado productos y circuitos turísticos, con los que ha sido posible consolidar a los destinos clásicos de sol y playa en numerosos centros vacacionales localizados en ambas costas; de igual manera, se ha fomentado el turismo arqueológico con el objetivo de revalorizar el patrimonio ancestral de las culturas prehispánicas. Por su parte, el turismo cultural ha posibilitado comprender el proceso de la conquista española y la creación de ciudades coloniales, mientras que el turismo de cruceros en las costas del pacífico y el caribe ha cobrado auge debido al incremento de la demanda de los mercados nacional y extranjero.

Este instrumento establece una serie de objetivos y estrategias, de los cuales el proyecto y obras sujetas a evaluación, se insertan dentro del objetivo estratégico orientado a impulsar el Sector Económico particularmente para el sector turístico.

“Programa 4 Diversificación y Desarrollo del Turismo”

Objetivo

Consolidar a Quintana Roo como un destino competitivo y líder de la actividad turística y que como motor del desarrollo económico del estado genere bienestar para todos.

Estrategia:

Impulsar la actividad turística mediante el fondo de las inversiones, el desarrollo y modernización de la infraestructura, la mejora en la calidad de la prestación de servicios, el mejoramiento del marco regulatorio y la diversificación a través de la puesta en valor del patrimonio cultural y natural del estado.

Meta:

Incrementar un 2% la actividad turística en el estado, durante el primer año de gobierno.

Líneas de acción:

17. Consolidar el turismo en sus diferentes líneas de producto e impulsar nuevas ofertas turísticas.

Es en esta estrategia en particular, donde el proyecto se vincula directamente con lo indicado, en virtud por la naturaleza de las obras, ya que el sector turístico

representa un sector estratégico y fundamental tanto a nivel regional como para el Estado correspondiente, por lo tanto, el proyecto impulsará la competitividad turística que se han venido desarrollando en la región, garantizando la creación de nuevos empleos, incrementando la infraestructura y los ingresos de la zona, y fomentando una cultura de cuidado del patrimonio natural.

El proyecto plantea una alternativa para otorgar un servicio a las embarcaciones, que permita apreciar la belleza escénica de los recursos naturales, lo que conlleva a que la empresa promotora ejecute el proyecto bajo un contexto del desarrollo sustentable, fomentando el crecimiento de los servicios que en ella se ofrecen, e integrando la preservación de los recursos naturales en sus actividades, por ejemplo la implementación de programas ambientales en el manejo de flora y fauna, entre otras acciones orientadas al cuidado del medio ambiente.

Por lo antes mencionado, se concluye que el proyecto es congruente con los objetivos y estrategias citadas en el Plan Estatal de Desarrollo de Quintana Roo, en virtud de que sus obras y actividades están orientadas a consolidar el desarrollo del sector turístico, el cual es uno de los sectores económicos relevantes en el Estado de Quintana Roo.

III.7. Áreas Naturales Protegidas

En México existen diversos tipos de áreas protegidas: federales, estatales, municipales y Áreas de Conservación Voluntarias. Las Áreas Naturales Protegidas (ANP's), son las áreas bajo la administración de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).

Los instrumentos que determinan las estrategias de conservación y uso de las áreas naturales protegidas a nivel mundial se han conceptualizado como planes o programas de manejo, programas de conservación, programas de conservación y

manejo, planes rectores, planes directores, etc. En nuestro país estos instrumentos se denominaban planes de manejo, programas de trabajo, programas integrales de desarrollo, programas operativos anuales y/o programas de conservación y manejo.

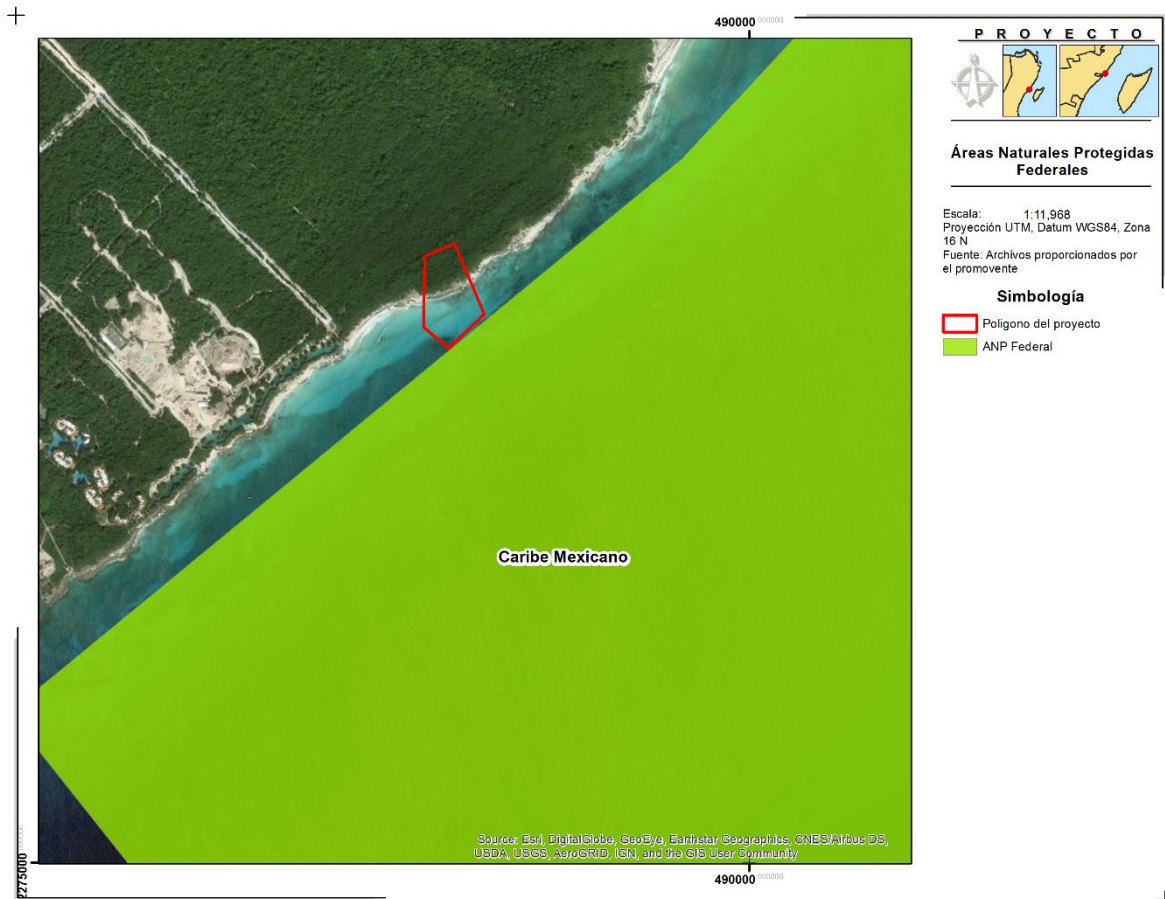
Derivado de la importancia del tema y para efectos de documentar las distancias del proyecto con estas áreas, se realiza a continuación el análisis de las ANP´s que se identificaron a nivel federal y estatal con mayor proximidad al proyecto, dado que el mismo no incide sobre ninguna de ellas como se mostrará líneas adelante.

III.7.1. Áreas Naturales protegidas de jurisdicción Federal cercanas al proyecto

De acuerdo a la ubicación del proyecto, el Área Natural Protegida de carácter Federal que guarda proximidad con el mismo es la Reserva de la Biósfera del “Caribe Mexicano”, publicada mediante Decreto en el Diario Oficial de la Federación el 07 de diciembre del 2016, mismo que a la fecha no cuenta con un Programa de Manejo.

En concordancia de lo anterior se muestra la siguiente imagen:

Figura III-16. Ubicación del proyecto con respecto al ANP Reserva de la Biosfera denominada “Caribe Mexicano”.



De la imagen anterior, puede verse que el proyecto, colinda con la Reserva de la Biósfera del “Caribe Mexicano”, sin embargo no se localiza dentro de la misma, situación que no puede traducirse en una afectación directa a dicha área, motivo por el cual la Autoridad podrá observar que no se interferirá de ninguna forma con el Área Natural Protegida, siendo importante destacar que la Reserva del a Biósfera del “Caribe Mexicano”, no cuenta con un Programa de Manejo, además de que dentro del Decreto de la misma, no se establece una zona de influencia o restricción sobre la misma, citándose en su artículo Décimo Sexto lo siguiente:

“ARTÍCULO DÉCIMO SEXTO. La Secretaría, por conducto de la Comisión, delimitará en el programa de manejo la zona de influencia de la reserva de la

MIA-R

CAPÍTULO III

Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

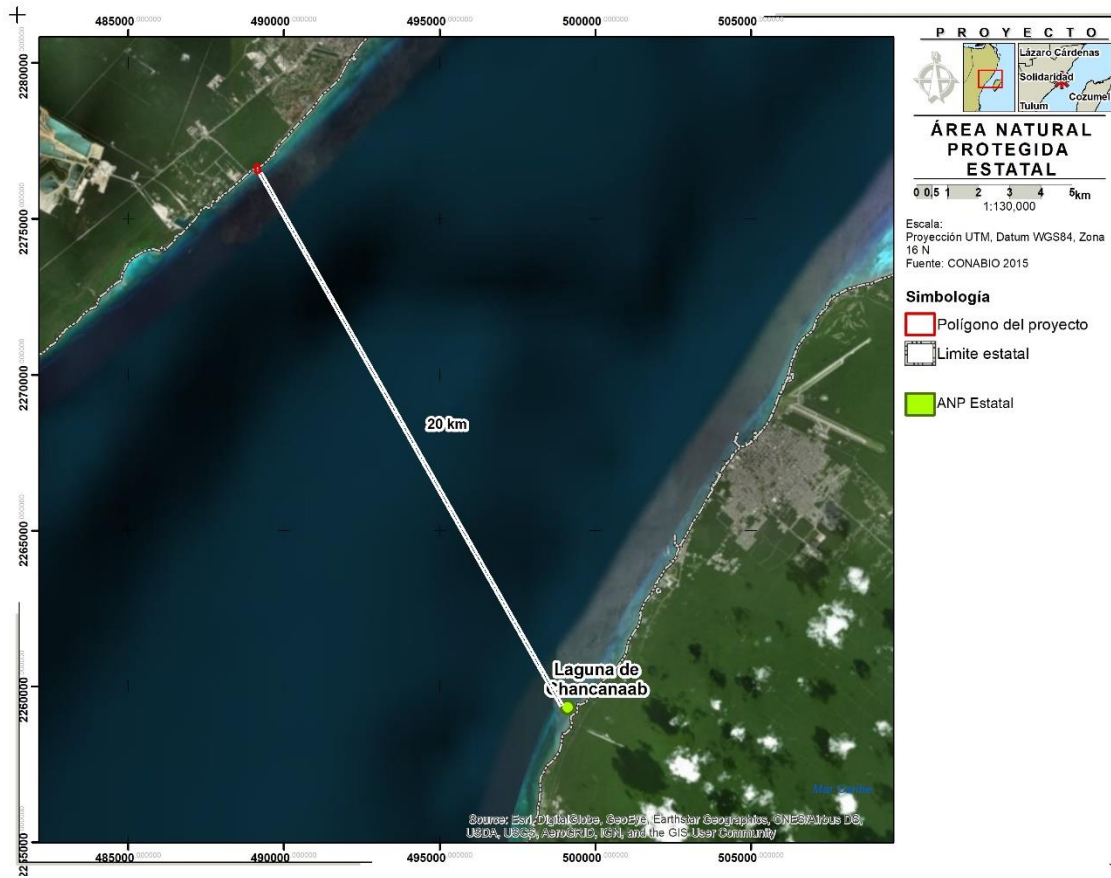
biosfera Caribe Mexicano, con el propósito de generar nuevos patrones de desarrollo regional sustentable acordes con la presente declaratoria y promover que las autoridades, que regulen o autoricen el desarrollo de actividades en dicha zona, consideren la congruencia entre éstas y la categoría de manejo asignada a la reserva de la biosfera Caribe Mexicano.”

Con la anterior información, podemos concluir que **NO** se contraviene el Decreto de la Reserva de la Biósfera del “Caribe Mexicano”, dado que el proyecto no se localiza dentro del ANP.

III.7.2. Áreas Naturales Protegidas de jurisdicción Estatal cercanas al proyecto.

Tomando en consideración nuevamente el polígono del proyecto éste no incidirá en ningún Área Natural Protegida de competencia Estatal, ya que las más cercanas se localizan a 20 km como se muestra en la siguiente imagen:

Figura III-17. Ubicación del proyecto con respecto al ANP Estatal el Parque Natural “Laguna Chankanaab”.

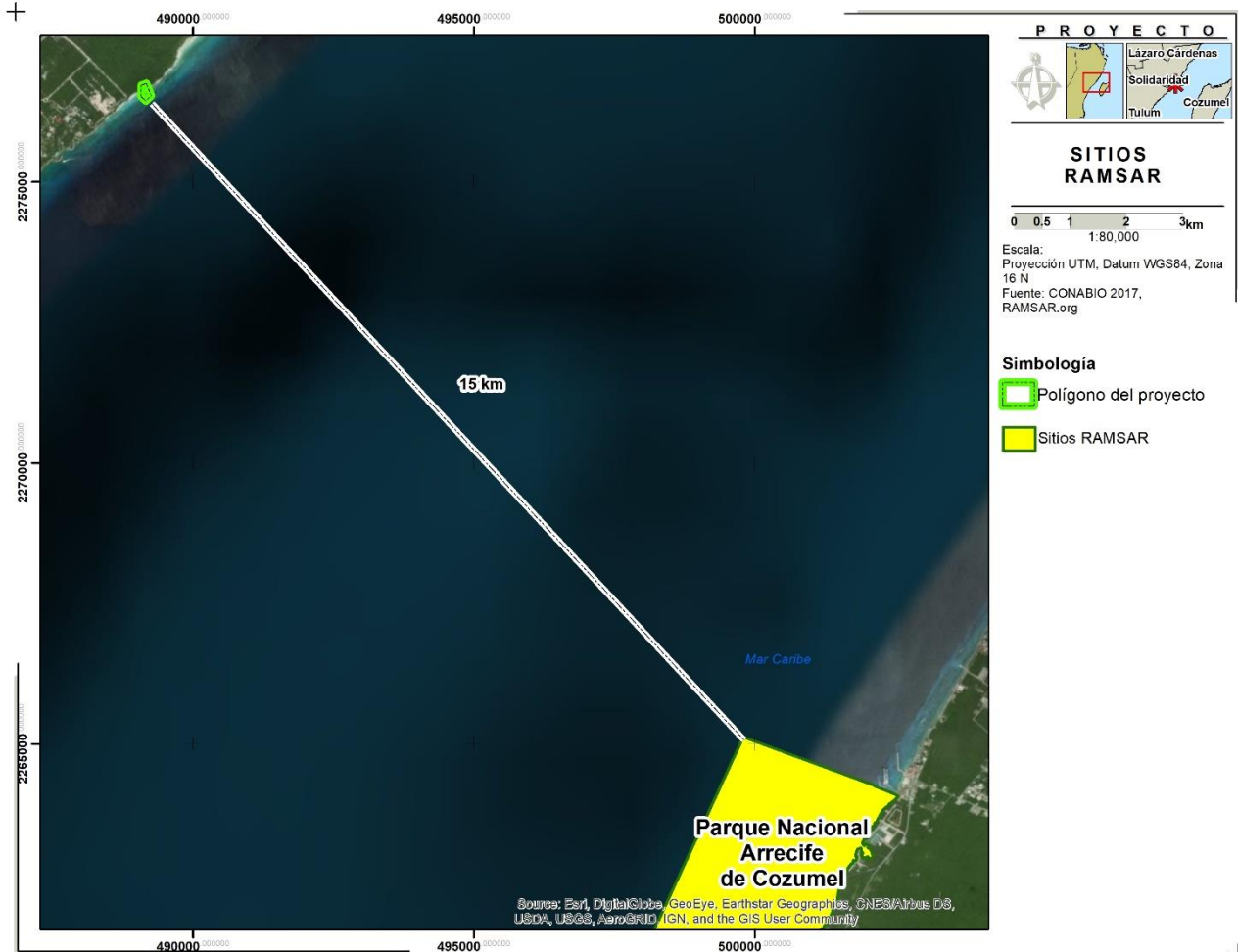


De la anterior imagen, se corrobora que el proyecto se localiza como ya se mencionó fuera de Áreas Naturales Protegidas de competencia Estatal.

III.8. Sitios Ramsar

El proyecto no incide con ningún sitio Ramsar, siendo el más próximo al proyecto a una distancia de 15 km del Parque Nacional Arrecife de Cozumel, como se podrá ver en la siguiente imagen.

Figura III-18. Ubicación del proyecto con relación a los sitios RAMSAR.



La Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional (Ramsar, Irán, 1971) identificada como "Convención de Ramsar" es un tratado intergubernamental en el que se consagran los compromisos adquiridos por las partes (países miembros) cuyo objetivo es incentivar y mantener las características ecológicas de sus Humedales de Importancia Internacional y planificar el "uso racional", de todos los humedales situados en sus territorios.

Este acuerdo internacional es el primer instrumento (convenio) en materia de medio ambiente que se centra en un ecosistema específico, los humedales, cuyo objetivo o interés original se orientó a la conservación y uso racional en relación a las aves acuáticas, sin embargo, ha reconocido la importancia de estos ecosistemas como fundamentales en la conservación global y el uso sostenible de la biodiversidad, con importantes funciones (regulación de la fase continental del ciclo hidrológico, recarga de acuíferos, estabilización del clima local), valores (recursos biológicos, pesquerías, suministro de agua) y atributos (refugio de diversidad biológica, patrimonio cultural, usos tradicionales).

La misión de la Convención es “la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo”.

A. Partes Contratantes, o Estados Miembros, de la Convención de Ramsar.

De conformidad con el Artículo 9.2 de la Convención sobre los Humedales “Todo miembro de la Organización de las Naciones Unidas o de una de sus agencias especializadas, o de la Agencia Internacional de la Energía Atómica, o Parte de los Estatutos de la Corte Internacional de Justicia, puede ser Parte Contratante en esta Convención”, esto es, todo país puede ser suscriptor y convertirse en parte del presente convenio, siempre y cuando dentro de los límites territoriales de éste existan humedales.

La adhesión a la Convención señala un compromiso por parte del gobierno nacional de trabajar activamente en apoyo de los “tres pilares” de la Convención:

- Garantizar la conservación y el uso racional de los humedales que ha designado como Humedales de Importancia Internacional.
- Incluir en la planificación ambiental nacional el uso racional de todos los humedales en la mayor medida posible, y
- Entablar consultas con otras Partes acerca de la aplicación de la Convención, especialmente en lo que concierne a los humedales transfronterizos, los sistemas hídricos compartidos y las especies compartidas.

Bajo este contexto, son relevantes y de interés a discusión los puntos referentes a:

- Resolución VII.16. La Convención Ramsar y la evaluación de impacto - estratégico, ambiental y social.
- Resolución VIII.3. Cambio climático y humedales: impactos, adaptación y mitigación.
- Resolución VIII.9. Directrices para incorporar los aspectos de la diversidad biológica a la legislación y/o los procesos de evaluación del impacto ambiental y de evaluación ambiental estratégica” aprobadas por el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) y su pertinencia para la Convención de Ramsar.
- Resolución X.12. Principios para las asociaciones entre la Convención de Ramsar y el sector empresarial.
- Manual 16. Evaluación del Impacto Ambiental.

B. Resolución VII.16. La Convención Ramsar y la evaluación de impacto estratégico, ambiental y social

Se precisa en el pedimento lo siguiente:

“PIDE a las Partes Contratantes que fortalezcan y consoliden sus esfuerzos para asegurarse de que todo proyecto, plan, programa y política con potencial de alterar el carácter ecológico de los humedales incluidos en la Lista Ramsar o de impactar negativamente a otros humedales situados en su territorio, sean sometidos a procedimientos rigurosos de estudios de impacto y formalizar dichos procedimientos mediante los arreglos necesarios en cuanto a políticas, legislación, instituciones y organizaciones;”

C. Resolución VIII.3. Cambio climático y humedales: impactos, adaptación y mitigación.

La resolución invocada precisa en su pedimento lo siguiente:

“PIDE a las Partes Contratantes que administren los humedales de forma que aumente su resiliencia al cambio climático y a los fenómenos climáticos extremos y se reduzca el riesgo de inundaciones y sequías en los países vulnerables, entre otras formas, promoviendo la protección y la restauración de los humedales y de las cuencas hidrográficas;”

Asimismo:

“HACE UN LLAMADO a todos los países concernidos para que adopten medidas para minimizar la degradación, así como para promover el restablecimiento y mejorar las prácticas de manejo, de aquellas turberas y otros tipos de humedales que son depósitos importantes de carbono o tienen la capacidad de secuestrar

carbono y son considerados como factores de mitigación, así como para aumentar la capacidad de adaptación de la sociedad para responder a los cambios en estos ecosistemas debidos al cambio climático”

En particular, dichas políticas en cita No es de observancia el criterio en cita al proyecto que nos ocupa, en virtud de que éste no pretende llevar a cabo ningún tipo de infraestructura en el manglar o que pudiera afectarlo.

D. Resolución VIII.9. Directrices para incorporar los aspectos de la diversidad biológica a la legislación y/o los procesos de evaluación del impacto ambiental y de evaluación ambiental estratégica aprobadas por el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) y su pertinencia para la Convención de Ramsar.

La resolución en comento cita a la letra:

“INSTA a las Partes Contratantes a valerse, según proceda, de las Directrices para incorporar los aspectos de la diversidad biológica a la legislación y/o los procesos de evaluación del impacto ambiental y de evaluación ambiental estratégica aprobadas por la COP del CDB en su sexto período de sesiones en la Decisión VI/7, con la asistencia de las orientaciones preparadas por el GECT e insertadas en el texto de las Directrices del CDB, reproducidas en el anexo de la presente Resolución; y a fomentar la participación plena de las comunidades locales y de los pueblos indígenas, en armonía con estos lineamientos, los Lineamientos para establecer y fortalecer la participación de las comunidades locales y de los pueblos indígenas en el manejo de los humedales (Resolución

VII.8), y los Nuevos lineamientos para la planificación del manejo de los sitios Ramsar y otros humedales (Resolución VIII.14)”

Los ordenamientos legales en México hacen suyos los principios antes precisados, ya que en ellos se incorporan los aspectos de la biodiversidad, siendo estrictamente evaluados a través del proceso de evaluación de impacto ambiental.

Es importante precisar que en nuestro país existe un procedimiento de evaluación de impacto ambiental que hace suyos los principios fundamentales de la conservación y cuidado del medio ambiente, procedimiento que cumple con los más altos estándares de análisis técnico y científico, de tal suerte que con ello se garantiza una debida aplicación de los marcos legales nacionales, así como de referencias internacionales.

E. Resolución X.12. Principios para las asociaciones entre la Convención de Ramsar y el sector empresarial.

Las Partes Contratantes de Ramsar alientan a la Secretaría a que pongan en práctica los principios orientadores que figuran a continuación y sigan estableciendo asociaciones con el sector empresarial, conforme al espíritu de la Estrategia 1.10 del Plan Estratégico para 2009-2015, a fin de fomentar la cooperación con vistas al mantenimiento de los valores ecológicos de los humedales, como condiciones favorables para el desarrollo sostenible.

Objetivos

- Mejorar las prácticas empresariales ambientalmente sostenibles, intensificando el diálogo y la comprensión de los beneficios socioeconómicos y las oportunidades empresariales que ofrecen los servicios de ecosistemas de los sistemas de humedales plenamente funcionales.

- Ampliar la base de recursos de la Convención y sus actividades estableciendo relaciones mutuamente beneficiosas con el sector empresarial.
- Promover el compromiso directo del sector empresarial con la conservación y el uso racional de los humedales.
- Facilitar el diálogo entre las empresas y los principales interesados directos de los humedales, en particular los gobiernos y las comunidades pertinentes, con miras a generar confianza, y estimular y desarrollar determinadas actividades de asociación.
- Aumentar las inversiones locales, nacionales y regionales en la promoción de la conservación, uso racional, restauración y rehabilitación de humedales.
- Fomentar una mejor comprensión de los valores de los humedales y de la misión de la Convención.
- Fortalecer e intensificar las sinergias entre las necesidades ecológicas para el desarrollo sostenible y los beneficios socioeconómicos derivados del manejo racional de los humedales.
- Examinar nuevas esferas de cooperación y elaborar medidas de sostenibilidad adecuadas a fin de mejorar la cooperación entre el gobierno y el sector privado en el plano nacional.
- Identificar y aplicar métodos para compensar de forma innovadora la pérdida de humedales, en la medida de lo posible en las mismas áreas que desempeñen las mismas funciones ecológicas, en conformidad con la Convención.

El proyecto, es congruente con las políticas antes mencionadas ya que éste busca y pretende desarrollar un proyecto congruente y sustentable, fundamentado en la

preservación de los humedales y manglares, haciendo hincapié en que la zona de manglar más cercana al desarrollo del proyecto se localiza a 33.7 km y 17.5 km respectivamente.

F. Manual 16 EIA.

Cita la Convención de RAMSAR:

“Las Partes en estas COP, y en sus precedentes, han adoptado lineamientos sobre varios temas que han servido de base para la preparación de una serie de manuales para asistir a quienes tengan interés o estén directamente implicados en la aplicación de la Convención en los planos internacional, regional, nacional, subnacional o local. Cada manual recoge, tema tras tema, las diversas orientaciones pertinentes adoptadas por las Partes, a las que se han añadido material adicional de las notas informativas de las COP, estudios de caso y otras publicaciones pertinentes, con objeto de ilustrar los aspectos esenciales de los lineamientos.”

En el caso concreto, el Manual de Evaluación de Impacto Ambiental, establece las directrices de aplicación de la evaluación del impacto para la conservación y el uso racional de los humedales reconocidos como RAMSAR, así como de aquellos de alto valor ambiental.

El objetivo del presente manual es:

“El objetivo de este proyecto de directrices es proporcionar asesoramiento general sobre la incorporación de los aspectos de la diversidad biológica a procedimientos nuevos, o ya existentes, de evaluación del impacto ambiental, tomando nota de que en los actuales procedimientos de evaluación del impacto ambiental se tiene en cuenta la diversidad biológica de varios modos. Se ha

elaborado un proyecto de marco para atender a las fases de clasificación y de ámbito de la evaluación del impacto ambiental.”

Tal y como se ha precisado, el proyecto sujeto a evaluación en materia de impacto ambiental, no pretende la intervención de ninguna de las comunidades de manglar registradas como sitio RAMSAR, ni de aquellos no registrados que representan altos valores ambientales, por lo que es importante su cuidado y conservación.

En este orden de ideas y respetando el principio de autonomía y soberanía de las Naciones, en México existe un procedimiento de evaluación de impacto ambiental regulado en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, el cual se comprende de manera por demás completa y exhaustiva de una serie de pasos entre los que destaca el estudio científico y la caracterización ambiental de la zona, con lo cual sobresalen los valores ambientales de la misma.

Asimismo, comprende la proyección y establecimientos de pronósticos, así como la implementación de medidas de mitigación, compensación e inclusive la proyección de restauración. El procedimiento de impacto ambiental en México está diseñado como un sistema a través del cual se detalla y describe la condición actual de la zona, así como su proyección a futuro con el desarrollo de la actividad humana.

Bajo este orden de ideas, la promovente ha formulado la presente manifestación de impacto ambiental, a través de la legislación ambiental mexicana, la cual llevó a cabo la caracterización y descripción ambiental, así como la evaluación de los escenarios actuales y futuros del sitio en relación con el proyecto, con lo cual se observa el cumplimiento a los lineamientos generales del Manual 16 de Evaluación de Impacto Ambiental, precisando que el proyecto no contraviene dicho Manual por no existir obra o actividad alguna que impacte en el ecosistema de humedales en la zona de estudio, ni de la comunidad de manglar en dicha zona.

CAPÍTULO IV

Abiótico

**DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y
SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y
DETERIORO DE LA REGIÓN**

Manifestación de Impacto Ambiental,

Modalidad Regional

Proyecto “Sol de Selva”

CONTENIDO

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN	7
IV.1. CRITERIOS DE DELIMITACIÓN DEL SAR TERRESTRE	7
IV.2. CRITERIOS DE DELIMITACIÓN DEL SAR MARINO	10
IV.3. MEDIO ABIÓTICO	16
IV.3.1. Caracterización del Sistema Ambiental Regional (SAR) Terrestre y Marino	16
IV.3.1.1. Clima	16
IV.3.1.2. Fenómenos meteorológicos	18
IV.3.1.3. Geología	19
IV.3.1.4. Fisiografía	22
IV.3.1.5. Suelos	24
IV.3.1.6. Hidrología Superficial	25
IV.3.1.7. Hidrología subterránea	27
IV.3.2. Caracterización del Sistema Ambiental Regional (SAR) Marino	49
IV.3.2.1. Batimetría	50
IV.3.2.2. Corrientes regionales	57
IV.3.2.3. Oleaje	71
IV.3.2.4. Vientos	109
IV.3.2.5. Mareas	119
IV.3.2.6. Características físico – químicas del agua marina	124
IV.3.2.7. Geomorfología costera	151
IV.3.2.8. Sedimentación regional	154
IV.3.2.9. Calidad del aire	163
IV.4. MEDIO BIÓTICO	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
IV.5. MEDIO PERCEPTUAL - PAISAJE	165
IV.5.1. Calidad del paisaje	171
IV.5.2. Visibilidad del paisaje	171
IV.6. MEDIO SOCIOECONÓMICO	173
IV.6.1. Actividades socioeconómicas	177
IV.6.1.1. Pesca	177
IV.7. DIAGNÓSTICO	181

FIGURAS

Figura IV-1. Localización del proyecto.	8
Figura IV-2. Límite del SAR terrestre.	9
Figura IV-3. Localización del proyecto.	10
Figura IV-4. Batimetría del sitio donde se pretende emplazar el proyecto.	11
Figura IV-5. Fisiografía costa rocosa, característica del sitio donde se emplaza el proyecto.	13
Figura IV-6. Ambiente de playa en el límite norte del sitio de estudio.	14
Figura IV-7. Límite del Sistema Ambiental Regional (SAR) Marino.	15
Figura IV-8. Climograma de Playa del Carmen, Q. Roo. SMN	18
Figura IV-9. Geología de la Península de Yucatán (Tomada de Instituto de Geografía, 2007).	20
Figura IV-10. Geomorfología de la Península de Yucatán.	22
Figura IV-11. Provincia y subprovincias fisiográficas del estado de Quintana Roo.	23
Figura IV-12. Tipos de suelos presentes en el SAR.	25
Figura IV-13. Cuenca y subcuenca hidrológica del SAR.	26
Figura IV-14. Límite del acuífero regional.	27
Figura IV-15. Localización de líneas de geofísica en el predio del proyecto.	29
Figura IV-16. Tomografía Eléctrica L1.	31
Figura IV-17. Tomografía Eléctrica L2.	32
Figura IV-18. Tomografía Eléctrica L3.	33
Figura IV-19. Tomografía Eléctrica L4.	34
Figura IV-20. Tomografía Eléctrica L5.	35
Figura IV-21. Tomografía Eléctrica L6.	35
Figura IV-22. Columnas litológicas de barrenos exploratorios.	37
Figura IV-23. Variación del potencial hidráulico en S1.	39
Figura IV-24. Variación del potencial hidráulico en S2.	40
Figura IV-25. Perfiles comparativos de la temperatura.	41
Figura IV-26. Perfiles comparativos de Conductividad eléctrica.	42
Figura IV-27. Perfiles comparativos de oxígeno disuelto.	43
Figura IV-28. Perfiles comparativos de Sólidos Totales Disueltos.	44
Figura IV-29. Resultados de inyección en Sondeo S1BIS	45
Figura IV-30. Sistema de fracturas regionales en la península de Yucatán.	46
Figura IV-31. Se evidencia la presencia de fracturas en el estrato rocoso.	47
Figura IV-32. Estratificación del agua, en Calica.	49
Figura IV-33. Batimetría del Caribe Mesoamericano.	51
Figura IV-34. Zonificación Geográfica UTM Para el Sitio de Estudio (Zona 16)	52
Figura IV-35. Planificación de los Transectos en el frente marítimo donde se ubicará el SAR.	53
Figura IV-36. Área levantamiento Batimétrico del frente marítimo de Xcaret, Quintana Roo.	54
Figura IV-37. Diagrama de conexión de equipo para levantamiento batimétrico	55

Figura IV-38. Recorridos en Lancha, siguiendo líneas planeadas	55
Figura IV-39. Levantamiento Batimétrico del frente marítimo de Xcaret.	56
Figura IV-40. Batimetría en el área del proyecto.	57
Figura IV-41. Patrón de corrientes y temperatura superficial para la región del Caribe Mexicano de enero a junio de 2015.	59
Figura IV-42. Patrón de corrientes y temperatura superficial para la región del Caribe Mexicano de julio a diciembre de 2015.	60
Figura IV-43. Series de tiempo de temperatura, salinidad, variación del nivel del mar y componentes de la velocidad para un ciclo anual (2015) en la zona del SAR (-87.101468W, 20.584933N).	61
Figura IV-44. Localización de las estaciones.	62
Figura IV-45. Series de tiempo de temperatura, variación de la superficie libre, componentes u (E-W) y v (N-S) registradas en la estación ADCP Aquadop entre el 2 y el 6 de agosto del 2016.	64
Figura IV-46. Rosas de corriente en superficie, medio y fondo, registradas en la estación ADCP Aquadop entre el 2 y el 6 de agosto del 2016.	64
Figura IV-47. Series de tiempo de temperatura, variación de la superficie libre, componentes u (E-W) y v (N-S) registradas en la estación ADCP RDI entre el 2 y el 6 de agosto del 2016.	65
Figura IV-48. Rosas de corriente en superficie, medio y fondo, registradas en la estación ADCP RDI entre el 2 y el 6 de agosto del 2016.	66
Figura IV-49. Veleta para medición de corrientes	68
Figura IV-50. Trayectoria de las corrientes superficiales	69
Figura IV-51. Dirección y Velocidad de la corriente obtenida por el método LAGRANGIANO utilizando una Veleta para medición de corrientes	70
Figura IV-52. Histograma de Altura de ola, región, Quintana Roo.	75
Figura IV-53. Probabilidad de Excedencia del Oleaje.	76
Figura IV-54. Histograma de Altura de ola entre 0 y 3 m de la región de Quintana Roo.	77
Figura IV-55. Comparación de la Altura de oleaje significativa $H_{1/3}$ anual vs Altura de ola significativa mensual, en aguas profundas de la región de Quintana Roo.	79
Figura IV-56. Comparación de la Altura de oleaje significativa $H_{1/3}$ anual vs la Altura significativa estacional, en aguas profundas de Quintana Roo.	81
Figura IV-57. Histograma de Periodo de ola, en el frente marítimo de la región de Quintana Roo.	82
Figura IV-58. Comparación del periodo de oleaje significativo $T_{1/3}$ anual vs la Altura de ola significativa mensual, en la región de Playa del Carmen, Quintana Roo.	84
Figura IV-59. Comparación del periodo de oleaje significativo $T_{1/3}$ anual vs la Altura de ola significativa estacional, en la región de Playa del Carmen, Quintana Roo.	85
Figura IV-60. Dirección de oleaje, Frente marítimo, Quintana Roo.	87
Figura IV-61. Dirección de oleaje mensual, Frente marítimo de Playa del Carmen, Quintana Roo.	88
Figura IV-62. Dirección de oleaje estacional, Frente marítimo de Playa del Carmen, Quintana Roo.	89

Figura IV-63. Acercamiento de la zona de estudio (Playa del Carmen, Quintana Roo) que muestra las trayectorias de huracanes con presencia a una longitud máxima de 100 kilómetros de la zona de estudio durante el periodo de 1852 a 2016.	98
Figura IV-64. Gráfico de eventos en un radio de 100 km de la zona de estudio, 1852 a 2016 (NOAA).	99
Figura IV-65. Trayectoria Huracán Wilma 2004, (1852 a 2016 NOAA).	100
Figura IV-66. Diagrama de frecuencias “n” anual y estacionales, para la región de Cozumel.	109
Figura IV-67. Diagrama de “Lenz” anual y estacionales para la región de Cozumel.	112
Figura IV-68. Diagrama de “Vmáx” anual y estacionales para la región de Cozumel.	114
Figura IV-69. Diagrama de “vientos dominantes” Velocidad máxima cuadrática anual y estacionales para la región de Cancún.	116
Figura IV-70. Planos o Niveles de Marea, Cozumel, Q. Roo.	120
Figura IV-71. Validación de Mareas, Modelo de Simulación	122
Figura IV-72. Nuevo Puerto Durante la llenante	123
Figura IV-73. Nuevo Puerto durante la vaciante.	123
Figura IV-74. Estaciones de monitoreo de calidad del agua y sedimentos del medio marino.	124
Figura IV-75. Temperatura anual en el Golfo de México y Mar Caribe (NOAA).	126
Figura IV-76. Variación A) anual y por B) época climática de la temperatura superficial del mar Caribe (SST) durante el año 2015.	127
Figura IV-77. Relación entre la temperatura ambiental y la temperatura superficial del mar durante 2015. Datos tomados de la boya 42056 - Yucatán Basin - 120 NM ESE of Cozumel, MX.	129
Figura IV-78. Variación A) anual y por B) época climática de la salinidad superficial del mar Caribe (SSS) durante los años 2014 y parte de 2015.	131
Figura IV-79. Perfil vertical del oxígeno disuelto (ml/l) en la plataforma de la península de Yucatán.	134
Figura IV-80. Variación de la concentración de oxígeno disuelto y el porcentaje de saturación en la región central del Caribe y la región noroeste de la península de Yucatán (PN) según datos de WOA09_Annual collection.	135
Figura IV-81. Estaciones de monitoreo de calidad del agua y sedimentos del medio marino.	137
Figura IV-82. Perfil vertical de los Nitratos en la surgencia de Progreso, Yucatán (Ramos, 1990).	139
Figura IV-83. Variación A) anual y por B) época climática de la clorofila a superficial del mar Caribe durante 2015.	141
Figura IV-84. Estaciones de monitoreo de calidad del agua y sedimentos del medio marino.	142
Figura IV-85. Perfil vertical de los A) Fosfatos y B) Silicatos frente a Quintana Roo (Merino, 1992).	147
Figura IV-86. Variación de los nitratos, fosfatos y silicatos en la parte central del Caribe y la parte noroeste de la península de Yucatán (PN) según datos de WOA09_Annual collection.	148
Figura IV-87. Fisiografía costa rocosa, característica del SAR.	151
Figura IV-88. Fisiografía producida por la erosión diferencial.	152

Figura IV-89. Ambiente de playa en el límite norte del SAR.	153
Figura IV-90. Dinámica de la zona costera y procesos dominantes en las playas (Tomada de Instituto de Geografía, 2007).	156
Figura IV-91. Estaciones de monitoreo de calidad del agua y sedimentos del medio marino.	157
Figura IV-92. Tamaño gráfico promedio de los sedimentos marinos.	158
Figura IV-93. Distribución del tamaño gráfico promedio de los sedimentos marinos encontrados en el SAR Marino.	160
Figura IV-94. Clasificación de los sedimentos marinos.	161
Figura IV-95. Grado de asimetría de los sedimentos marinos.	162
Figura IV-96. Curtosis de los sedimentos marinos.	163
Figura IV-97. Playa rocosa a lo largo de la costa del SAR.	167
Figura IV-98. Segmentos de playa arenosa en el medio costero.	167
Figura IV-99. Rutas de senderos existentes en el SAR del proyecto.	169
Figura IV-100. Elementos antrópicos en el SAR terrestre. A la izquierda palapas, y a la derecha caminos existentes.	170
Figura IV-101. Localidades urbanas y turísticas en el Área de Referencia.	174
Figura IV-102. Crecimiento urbano Playa del Carmen.	175
Figura IV-103. Variaciones de la captura de los principales recursos pesqueros registrada en las Oficinas de Pesca de Cancún (Zona Norte); Tulum, Cozumel y Punta Allen (Zona Centro), durante el periodo enero 2006 a diciembre 2014. Se aprecia que la mayor parte del volumen se registra en Cancún y Cozumel. Unidades kg de producto desembarcado.	178

TABLAS

Tabla IV-1. Extensión superficial y distribución porcentual de las subprovincias fisiográficas que conforman la Península de Yucatán, en el interior del estado de Quintana Roo.	23
Tabla IV-2. Recorrido piezométrico en el predio del proyecto.	38
Tabla IV-3. Coordenadas de instalación de los ADCP.	63
Tabla IV-4. Datos de las mediciones de corrientes.	70
Tabla IV-5. Frecuencia (%) de los rangos de alturas de oleaje de la región Quintana Roo.	74
Tabla IV-6. Frecuencia (%) de los rangos de alturas de oleaje regular de 0 a 3 m de la región de Quintana Roo.	76
Tabla IV-7. Altura de ola significativa anual y mensual, en la región de Quintana Roo.	78
Tabla IV-8. Altura de ola significativa anual y estacional, en la región de Quintana Roo.	79
Tabla IV-9. Frecuencia de Periodos de oleaje, para la región de Quintana Roo.	82
Tabla IV-10. Periodo de ola significativa anual y mensual, Quintana Roo.	83
Tabla IV-11. Periodo de ola significativa anual y estacional, Quintana Roo.	83

Tabla IV-12. Frecuencia de alturas de oleaje por dirección, de la región, Quintana Roo.	86
Tabla IV-13. Direcciones significativas de oleaje del frente marítimo en Playa del Carmen.	90
Tabla IV-14. Referencias cruzadas Altura vs Dirección de Ola en el frente marítimo de Quintana Roo	92
Tabla IV-15. Referencias cruzadas Periodo vs Dirección de Ola en el frente marítimo de Playa del Carmen, Quintana Roo	93
Tabla IV-16. Referencias cruzadas con igual frecuencia para Altura y Periodo de Ola en el frente marítimo de Playa del Carmen, Quintana Roo	95
Tabla IV-17. Alturas de ola para diferentes periodos de retorno. Larras	96
Tabla IV-18. Escala de clasificación de huracanes de Saffir-Simpson2	97
Tabla IV-19. Estadística de eventos en un radio de 100 km de la zona de estudio, 1852 a 2016 (NOAA).	99
Tabla IV-20. Resumen de las Aturas y periodos de oleaje ciclónico	103
Tabla IV-21. Datos estimados para oleaje significativo en condiciones extraordinarias.	105
Tabla IV-22. Características del oleaje.	106
Tabla IV-23. Datos de altura de ola normal y extraordinaria.	107
Tabla IV-24. Análisis de frecuencias de vientos para la región de Cancún.	110
Tabla IV-25. Resultados del análisis de Lenz para la región de Cozumel (kph).	111
Tabla IV-26. Resultados del análisis de V_{max} en (kph) para la región de Cancún.	113
Tabla IV-27. Análisis de viento dominante “ $V_{máx2}$ ” para la región de Cozumel.	115
Tabla IV-28. Resumen de resultados de viento para la región de estudio.	119
Tabla IV-29. Resumen estadístico de las variables físico químicas registradas en el SAR, durante agosto de 2016.	128
Tabla IV-30. Concentración de las condiciones físico químicas en diferentes localidades del mar Caribe y Península de Yucatán durante la época de lluvias.	133
Tabla IV-31. Resumen estadístico de los nutrientes registrados durante agosto de 2016.	143
Tabla IV-32. Concentración de nutrientes en diferentes localidades del mar Caribe y Península de Yucatán durante la época de lluvias.	149
Tabla IV-33. Tamaño gráfico promedio de los sedimentos marinos del SAR Marino.	158
Tabla IV-34. Captura pesquera (peso desembarcado). Tomada de INEGI (2012).	178

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN

IV.1. CRITERIOS DE DELIMITACIÓN DEL SAR TERRESTRE

Las obras del proyecto que incidirán en el medio terrestre son prácticamente de logística. Estas obras se localizarán en un polígono con vegetación secundaria de selva; sin embargo, este polígono con vegetación se encuentra delimitado por elementos de carácter antrópico, tales como son: al suroeste el Parque de Xcaret; al noreste Playacar y Playa del Carmen; al noroeste la carretera Federal Tulum – Cancún (ver las siguientes figuras).

Figura IV-1. Localización del proyecto.

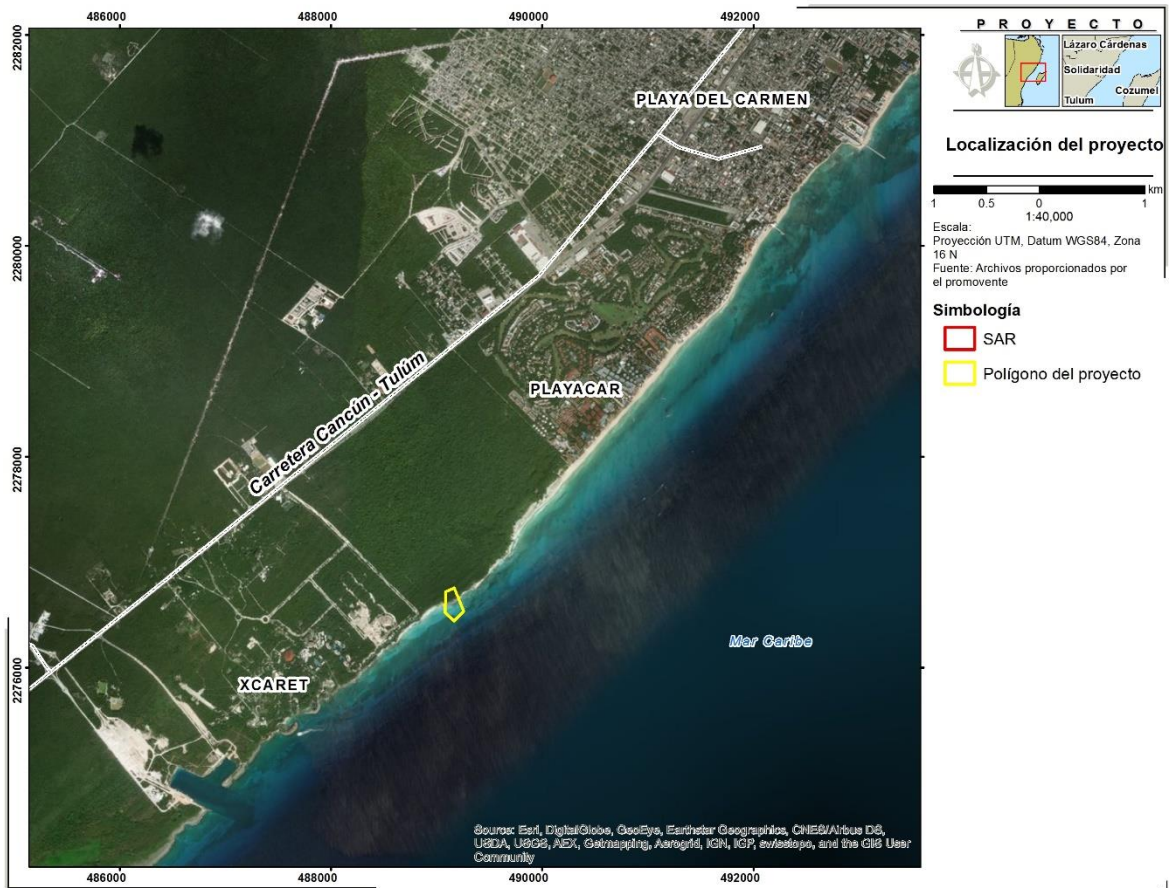
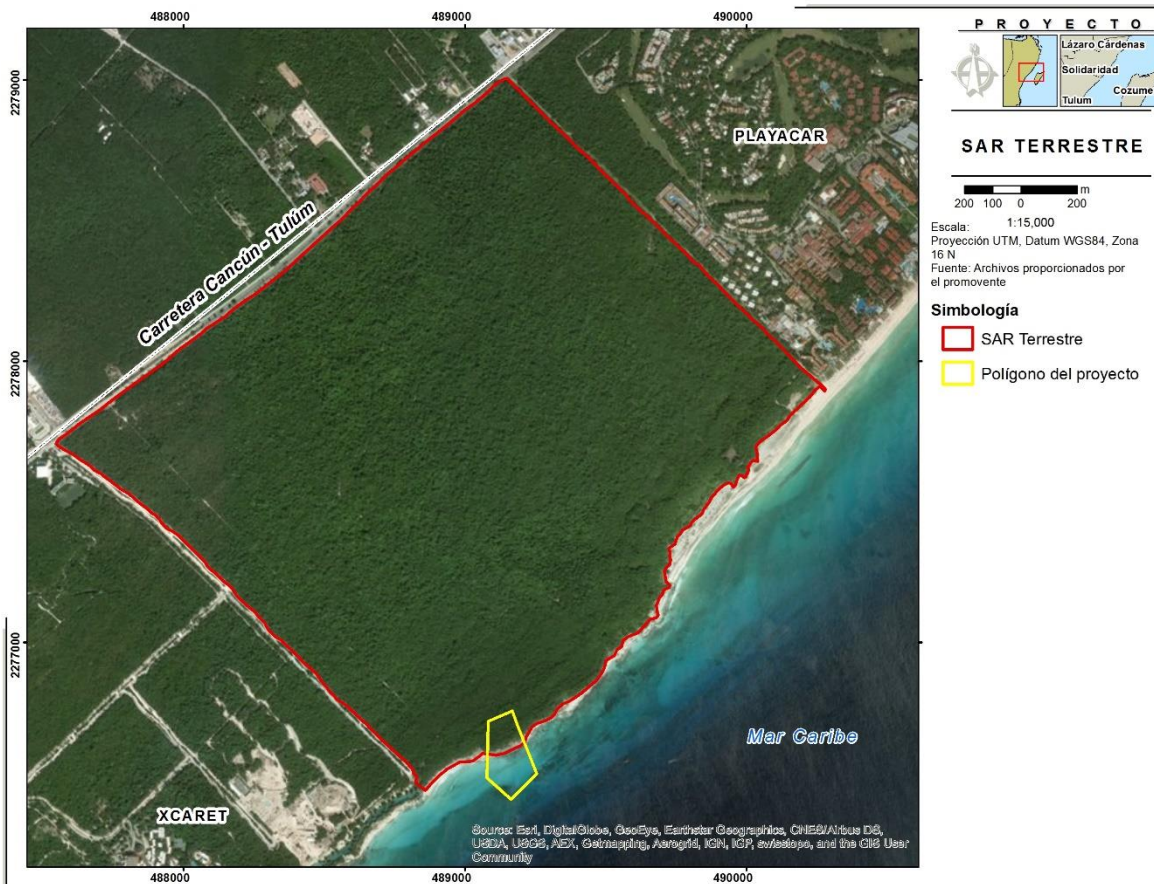


Figura IV-2. Límite del SAR terrestre.



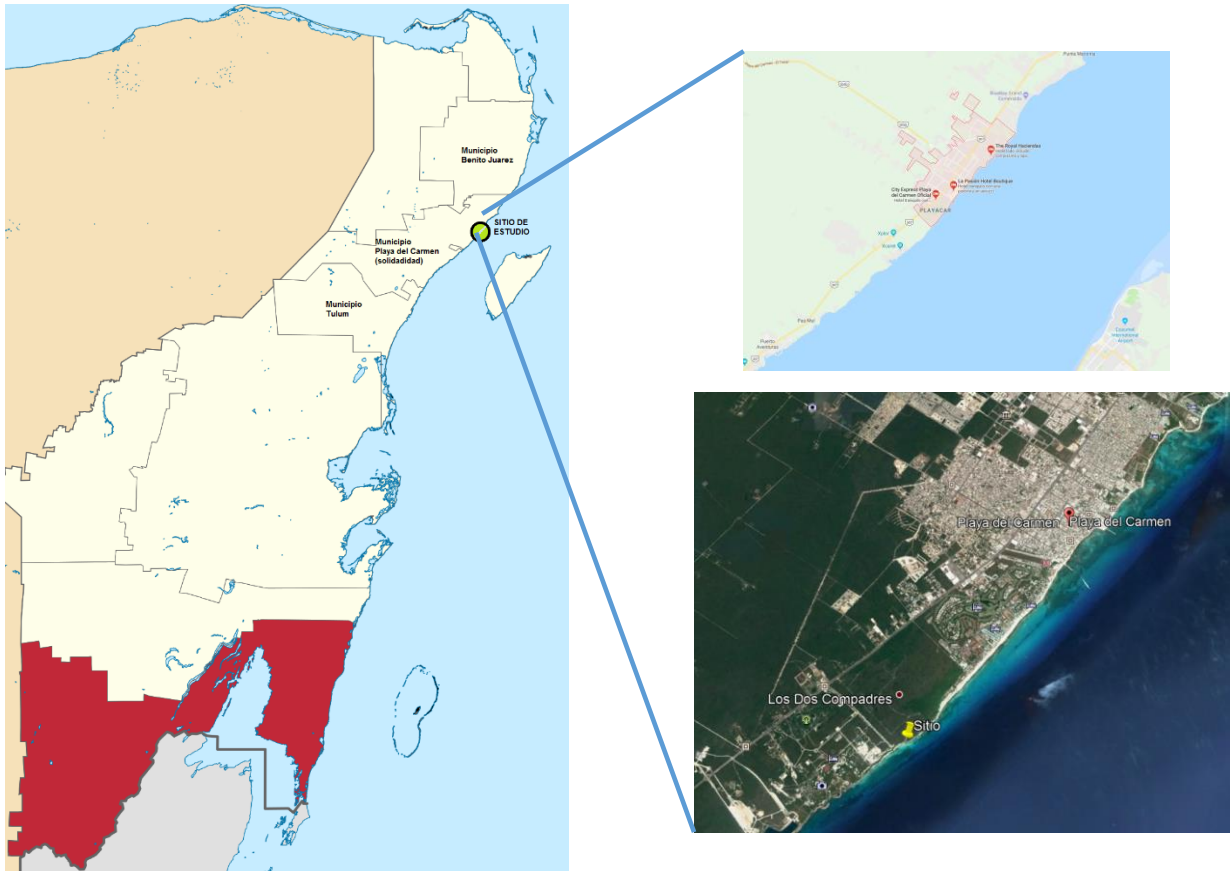
Por lo anterior, la continuidad de la vegetación existente se encuentra limitada e interrumpida por elementos antrópicos, desde este punto de vista es que los criterios de delimitación del SAR terrestre fueron meramente de carácter antrópico.

En la siguiente figura se muestra el límite establecido del SAR terrestre. La superficie del SAR terrestre es de **345.28 hectáreas**, por lo que las obras dentro del SAR terrestre tan sólo representan el **0.6%** de éste.

IV.2. CRITERIOS DE DELIMITACIÓN DEL SAR MARINO

El proyecto dentro del medio marino se localizará en la Riviera Maya, entre el Parque Xcaret y Playa del Carmen, frente a la isla de Cozumel, en el estado de Quintana Roo (ver la siguiente figura).

Figura IV-3. Localización del proyecto.

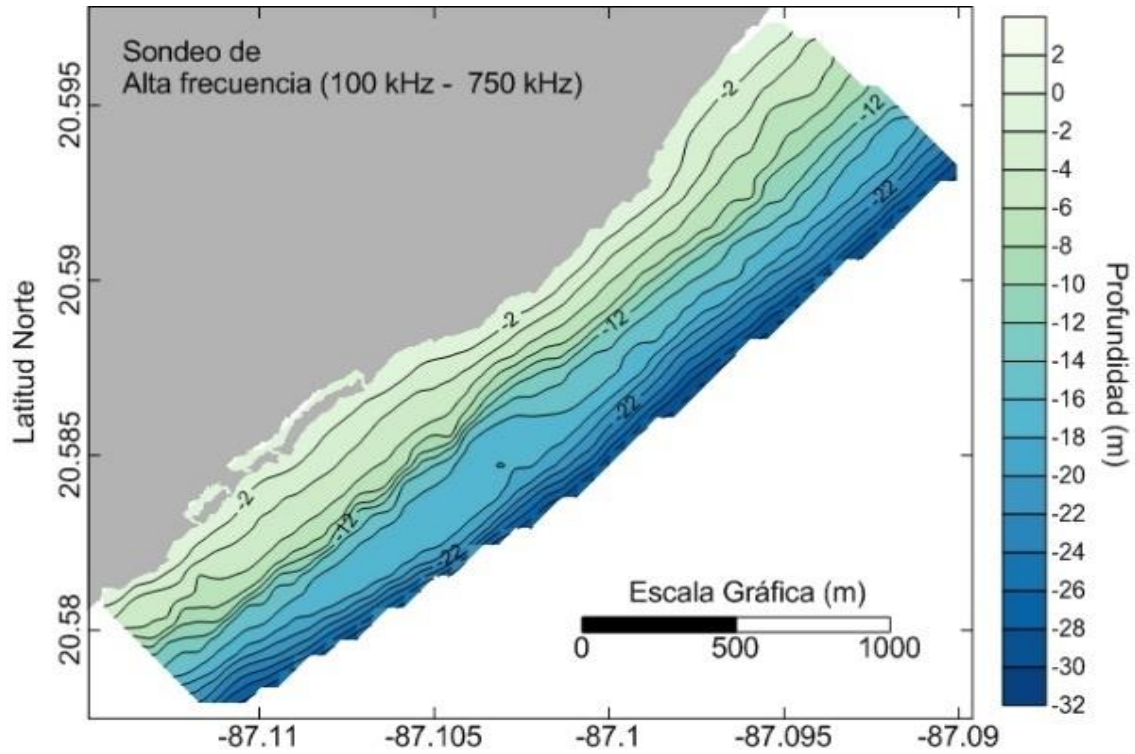


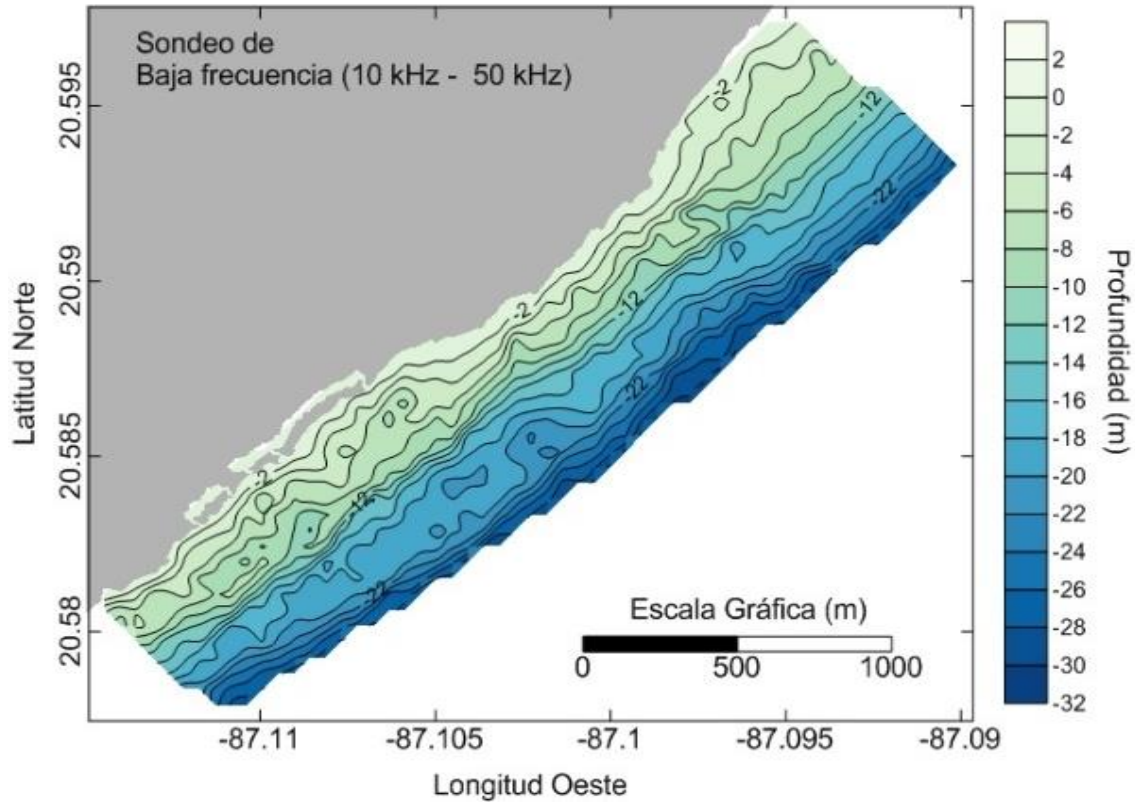
Para delimitar el SAR marino, se consideraron los rasgos geomorfológicos y físicos, que están presentes en la zona de interés.

Los límites del SAR marino son al oeste la línea de costa del estado de Quintana Roo, al este el borde oeste del Canal de Cozumel tomando como referencia la

isobata de los 30 m de profundidad (ver la siguiente figura), al norte el cambio geomorfológico entre el ambiente de costa rocosa y la playa, y al sur el paralelo 20.57°.

Figura IV-4. Batimetría del sitio donde se pretende emplazar el proyecto.





Con respecto al límite geomorfológico, el proyecto se localizará dentro de un banco calcáreo, en un estrato sólido de calizas con fuerte proceso de karstificación y un característico plano y bajo relieve con playas y caletas rocosas (ver la siguiente figura).

Figura IV-5. Fisiografía costa rocosa, característica del sitio donde se emplaza el proyecto.



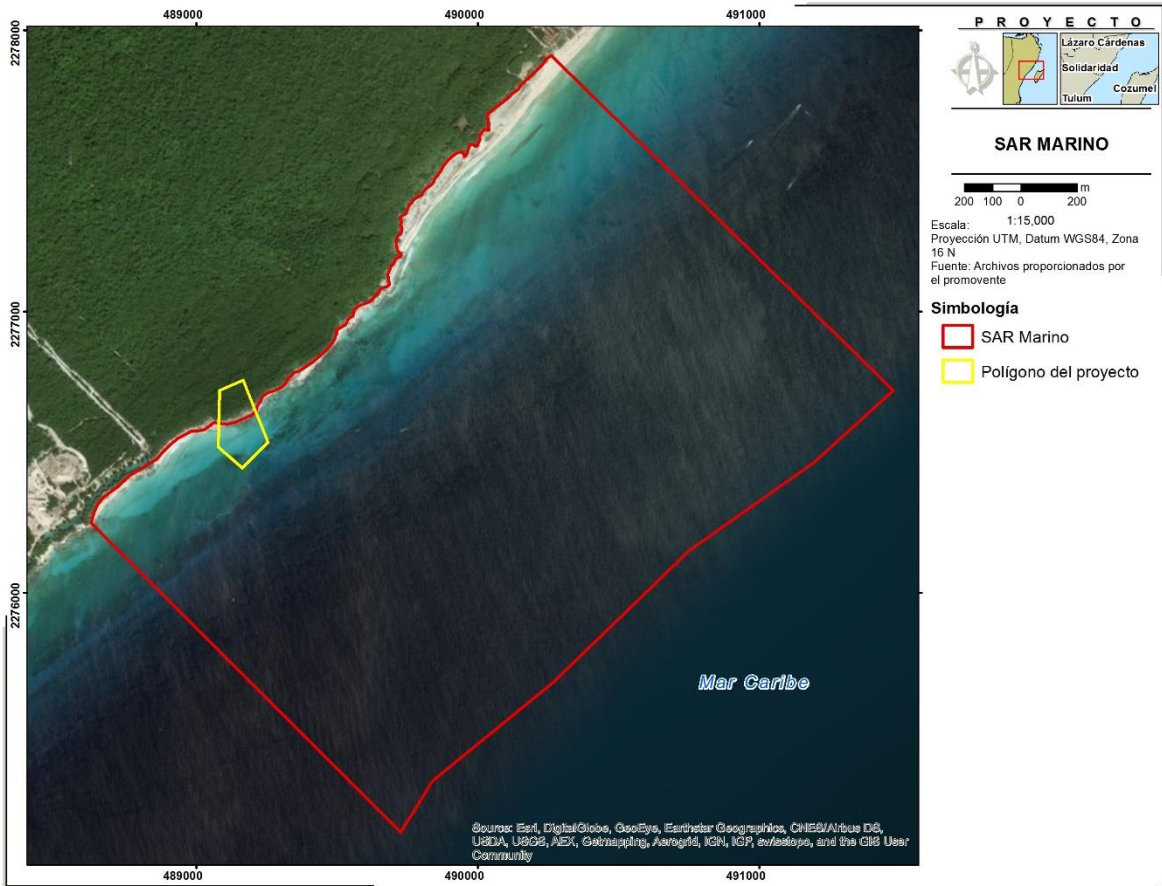
El sitio de estudio limita al norte donde termina la costa rocosa y comienza una playa extensa (ver la siguiente figura). Este cambio geomorfológico en la costa es indicativo de un cambio en la dinámica litoral, debido a que las playas se forman cuando la cantidad de material disponible sobrepasa el volumen de sedimento que puede ser transportado por el oleaje y las corrientes litorales (Castro, et al., 2005).

Figura IV-6. Ambiente de playa en el límite norte del sitio de estudio.



Una vez tomados en cuenta los aspectos anteriores, es que se obtuvo el siguiente límite del SAR marino cuya superficie es de **359.16 hectáreas**.

Figura IV-7. Límite del Sistema Ambiental Regional (SAR) Marino.



MIA-R

CAPÍTULO IV

Descripción del Sistema Ambiental Regional y Señalamiento de Tendencias del Desarrollo y Deterioro de la Región

IV.3. MEDIO ABIÓTICO

IV.3.1. Caracterización del Sistema Ambiental Regional (SAR) Terrestre y Marino

Para una mejor comprensión y manejo de la información del Capítulo IV, este se ha dividido en los siguientes apartados:

- ✚ Medio abiótico, que incluye también el apartado socioeconómico y el paisaje.
- ✚ Medio biótico.
- ✚ Diagnóstico Ambiental y Tendencias de Deterioro.

Medio Abiótico

A continuación, se describen los componentes y procesos suprarregionales que definen las características actuales del SAR terrestre y marino, en términos climáticos, geológico – geomorfológicos, así como los procesos hidrodinámicos.

IV.3.1.1. Clima

En el SAR el clima es de tipo cálido subhúmedo, con lluvias en verano y parte del invierno, una temperatura media anual de 27°C y precipitación entre 1,200 y 1,300 mm y una estación seca bien definida de marzo a abril.

El comportamiento de la precipitación y la temperatura, en términos de sus características a través del tiempo, además de otros elementos como evaporación,

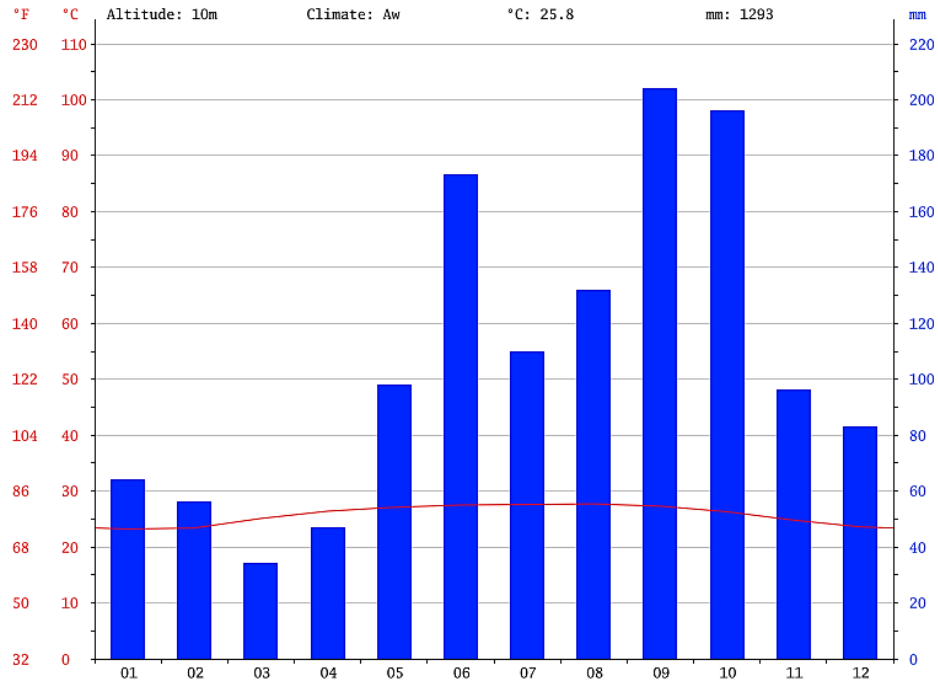
humedad relativa, entre otros, son la base para la clasificación de los diversos tipos y subtipos climáticos que rigen en Quintana Roo.

En el extremo norte del estado, entre Puerto Morelos y Chiquilá, se manifiesta el subtipo climático cálido subhúmedo Aw0, que es el más seco de los cálidos subhúmedos con régimen de lluvias en verano, con temperatura media anual de 26.6 °C, con una variación de la media mensual entre el mes más frío y más caliente, menor a 5 °C, por lo que es isotermal y tiene un promedio de precipitación anual de 1,012.87 mm. En la franja costera occidental, desde Puerto Morelos hasta Xcalak, rige el más húmedo de los cálidos subhúmedos, el subtipo Aw2, con temperatura media anual de 25.8°C, isotermal, con una precipitación media anual de 1,288 .2 mm. (Elizondo et al, 2011).

De acuerdo con la estación de Playa del Carmen (clave 23163), que es la estación climática más cercana al proyecto, la temperatura media anual es de 25.8°C, las temperaturas más bajas se registran en el mes de enero con 17.9°C y las máximas se alcanzan en el mes de agosto con 32.9°C. Los vientos predominantes son los del sureste. La precipitación pluvial anual se encuentra en 1,331.2 mm con estación de lluvia de junio a noviembre. El mes más seco es marzo, con 34 mm de lluvia. La mayor parte de la precipitación se concentra en septiembre, promediando 204 mm (ver la siguiente figura).

El clima se ve afectado por los ciclones o huracanes, que aumentan la precipitación sobre todo en el verano. La temporada de huracanes se extiende del 1 de junio al 30 de noviembre de cada año.

Figura IV-8. Climograma de Playa del Carmen, Q. Roo. SMN



IV.3.1.2. Fenómenos meteorológicos

El SAR se ubica dentro de la franja con mayor incidencia de las trayectorias de huracanes, lo que hace altamente vulnerable a los mismos. La ocurrencia de eventos meteorológicos extremos en los últimos años, ha ocasionado cuantiosos daños a la infraestructura hotelera y ha afectado significativamente la estabilidad de las playas.

Se considera que el huracán Gilberto en 1988 y el Wilma en el 2005, son dos de los huracanes que han impactado más fuertemente a la costa de Quintana Roo.

En septiembre de 1988, el paso del huracán Gilberto de categoría 5 en la escala Saffir – Simpson afectó principalmente a Cancún, generando una pérdida considerable de playa. En octubre de 2005, se presentó el huracán Wilma de

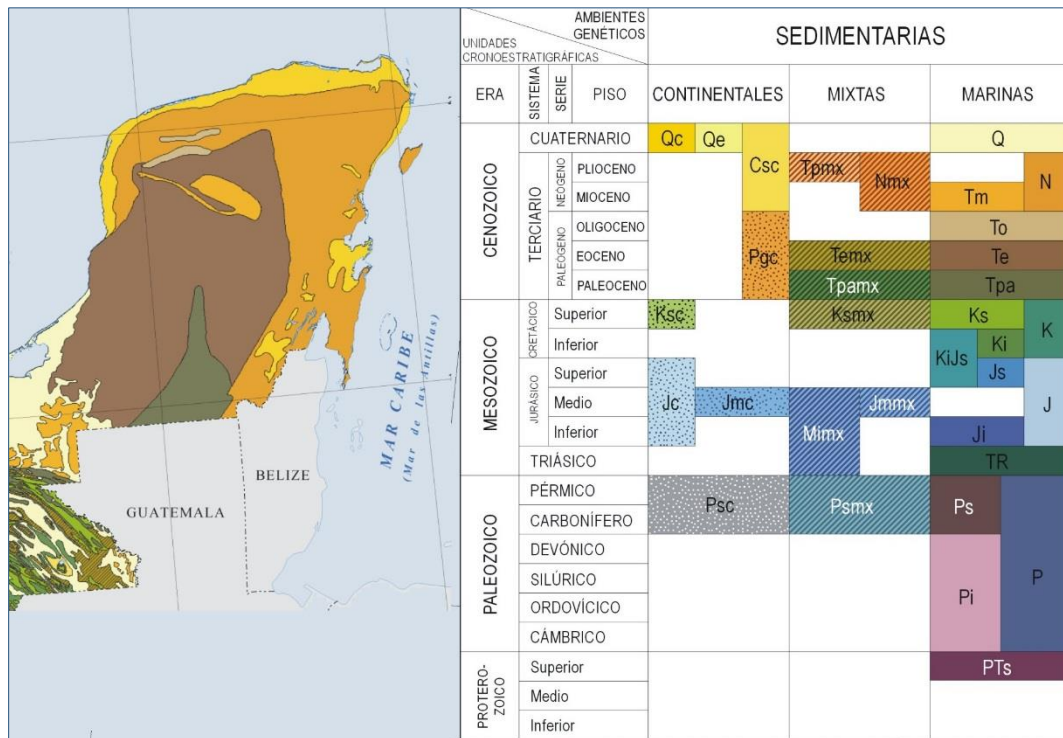
categoría 4. Las consecuencias fueron un marcado decremento en los anchos de la playa de la zona hotelera. Siendo necesaria la implementación de obras para la recuperación de playas.

En el SAR no existen importantes áreas de playa, pues predomina la costa rocosa; sin embargo, los pequeños sectores con playa arenosa están sujetas a los procesos de erosión – acresión; la ocurrencia de estos procesos estará en función de la ocurrencia de estos fenómenos hidrometeorológicos.

IV.3.1.3. Geología

De acuerdo a Butterlin y Bonet (1960), la Península de Yucatán está constituida por sedimentos calcáreos de origen marino del periodo Terciario y Cuaternario; siendo las del periodo Terciario las predominantes que ocupan mayor extensión superficial, y las del Cuaternario, se ubican en la zona litoral. Por otro lado, las rocas más antiguas se localizan al sur del estado de Yucatán y corresponden al Paleoceno-Eoceno.

Figura IV-9. Geología de la Península de Yucatán (Tomada de Instituto de Geografía, 2007).



La columna estratigráfica regional es la siguiente:

La morfología dominante de la región es resultado del intenso intemperismo que actúa sobre las formaciones rocosas de origen calcáreo del Terciario, que sufren una intensa disolución, propiciando la formación de una superficie kárstica.

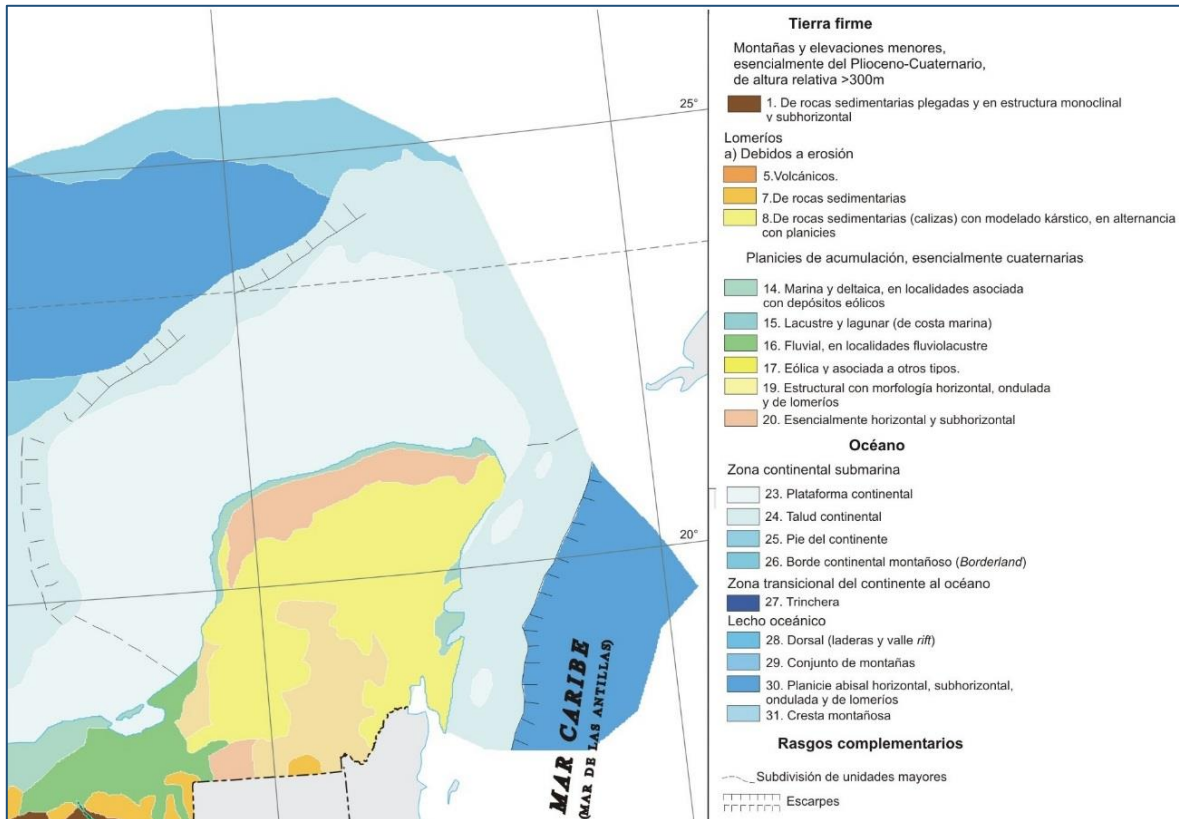
El origen de la parte norte de la península de Yucatán corresponde al Mioceno y Plioceno. Mientras que, la plataforma continental se originó en el Holoceno, debido a la transgresión postglacial, dicha plataforma acorta su extensión de norte a sur y presenta terrazas que posiblemente sean antiguas líneas de costa (Castro, 1976).

La Península de Yucatán es una plataforma parcialmente emergida, constituida por rocas carbonatadas y evaporíticas del mesozoico tardío y Cenozoico, que se ha dividido en dos áreas principales:

1. Una gran plataforma sumergida limitada por escarpes, la cual es somera y amplia formando el banco de Yucatán-Campeche, corresponde a la porción de la plataforma masiva carbonatada de la Península. De acuerdo a Logan et al. (1975), la Península se encuentra inclinada de sur a norte y limitada sobre sus tres lados, por pendientes continentales y escalonadas que caen bruscamente en las profundidades abisales del Golfo de México. La característica principal es la presencia de arrecifes de coral, alojados en la periferia y la presencia de terrazas sumergidas relacionadas con antiguas líneas de costa (Ver la siguiente figura).
2. Una plataforma emergida limitada por las costas y dividida por a) una planicie interior al norte y al este y b) un área de elevaciones (cerros y lomas) que se extiende hacia el sur hasta el norte de Guatemala. Esta plataforma ha sido descrita como una plataforma masiva de calizas horizontalmente estratificadas. El drenaje superficial es deficiente, por lo que el agua de lluvia se infiltra a través de las dolinas y de otras aberturas que se encuentran en el terreno rocoso, el suelo se encuentra en pequeños y delgados manchones y como relleno en las fisuras de las rocas. Sin embargo, soporta una vegetación tropical muy densa compuesta de árboles altos, maleza y plantas trepadoras.

Figura IV-10. Geomorfología de la Península de Yucatán.

(Tomado de Instituto de Geografía, 2007).



IV.3.1.4. Fisiografía

La Península de Yucatán está conformada por tres subprovincias fisiográficas: 1) Carso Yucateco, 2) Carso y Lomeríos de Campeche y 3) Costa baja de Quintana Roo (Ver la siguiente figura y tabla).

El SAR del proyecto se encuentra dentro de la Subprovincia del Carso Yucateco, la cual se despliega por el norte y centro del estado, limitando con el estado de Yucatán y el litoral del Mar Caribe hacia el oriente, es una planicie calcárea con

ligeras ondulaciones y un declive imperceptible que desciende desde los cinco metros sobre el nivel del mar hacia la costa caribeña.

Figura IV-11. Provincia y subprovincias fisiográficas del estado de Quintana Roo.

(Tomada de INEGI, 2000).

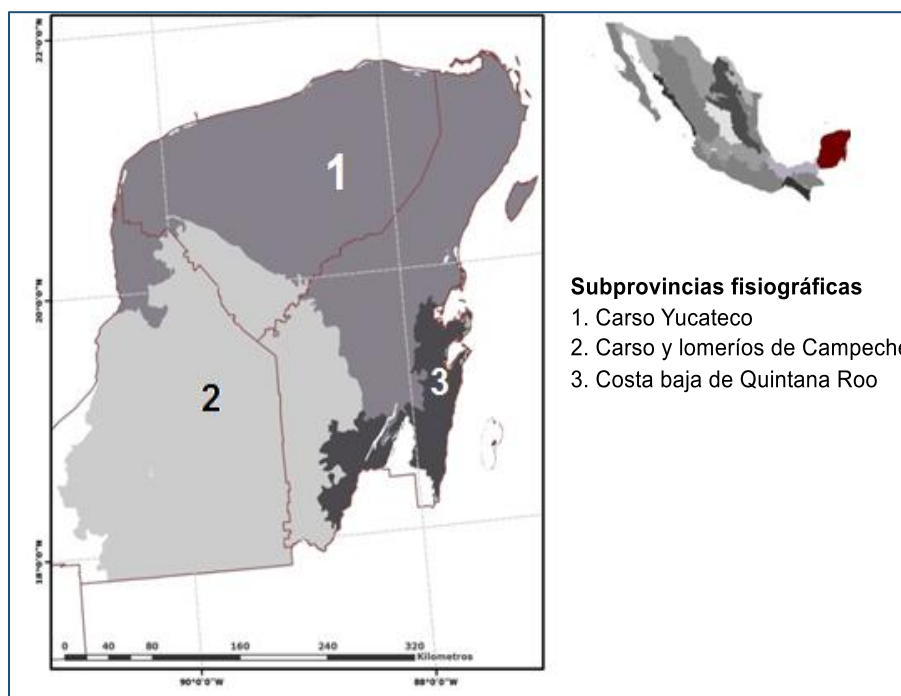


Tabla IV-1. Extensión superficial y distribución porcentual de las subprovincias fisiográficas que conforman la Península de Yucatán, en el interior del estado de Quintana Roo.

Subprovincia	Superficie (km ²)	% superficie
Carso Yucateco	23, 147.47	54.3
Carso y lomeríos de Campeche	10, 569.06	24.8
Costa baja de Quintana Roo	8,825.88	20.9
Total	42, 642.40	100.0

Ahora bien, a escala del SAR, la unidad fisiográfica en la que se encuentra, corresponde al banco calcáreo de la Península de Yucatán, en un estrato sólido de calizas con fuerte proceso de karstificación y un característico plano y bajo relieve con playas y caletas rocosas.

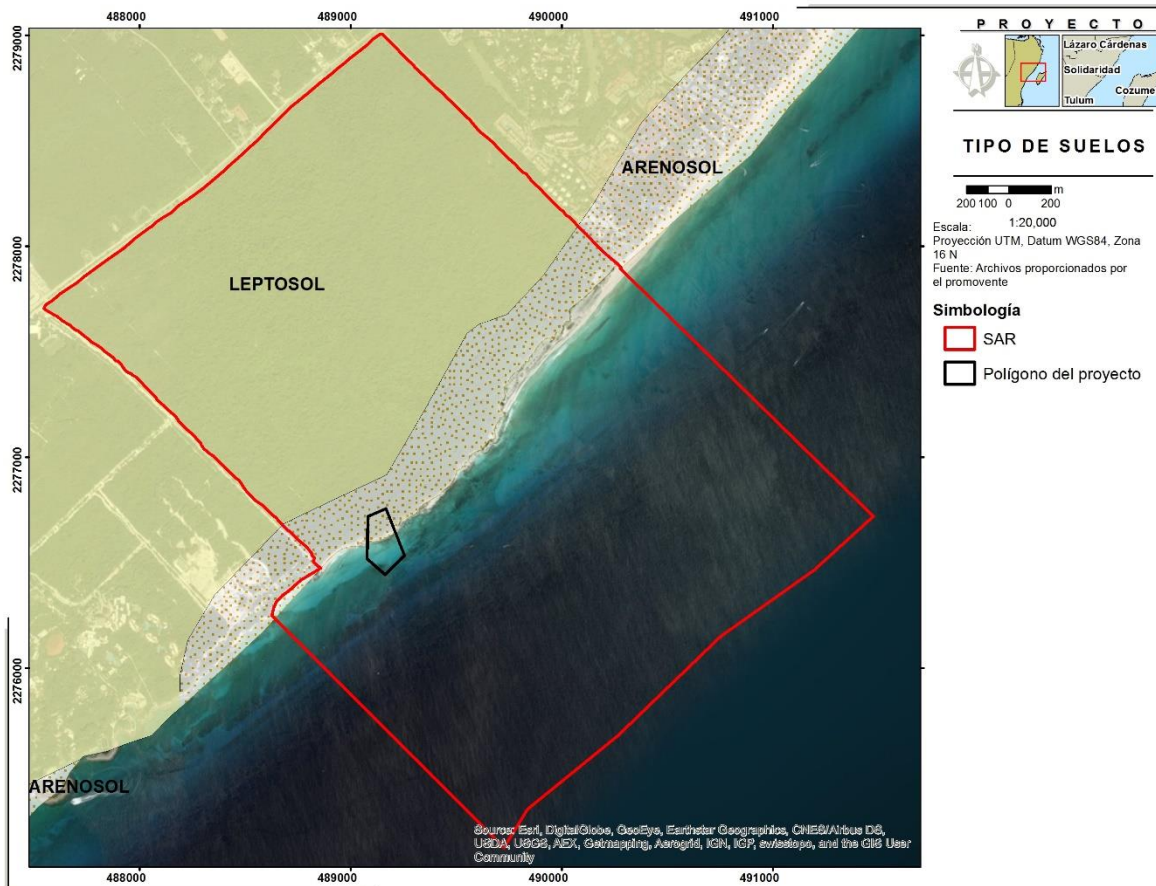
IV.3.1.5. Suelos

A escala del SAR son dos los tipos de suelos presentes, hacia la zona costera se presentan los suelos arenosoles y hacia la zona más continental se presenta una asociación de suelos leptosoles y cambisoles (ver la siguiente figura).

Los suelos arenosoles se presentan sobre materiales no consolidados de textura gruesa y de origen calcáreo. Se caracterizan por ser de textura gruesa, con más del 65% de arena al menos en el primer metro de profundidad. Estos suelos tienen una alta permeabilidad, pero muy baja capacidad para retener agua y almacenar nutrientes. La susceptibilidad a la erosión en los arenosoles va de moderada a alta.

El SAR terrestre se encuentra cubierto de suelos arenosoles, por lo que una de las debilidades del SAR terrestre es la vulnerabilidad del suelo por la contaminación de residuos y su consecuente infiltración hacia el subsuelo, estrato rocoso y en el agua subterránea.

Figura IV-12. Tipos de suelos presentes en el SAR.



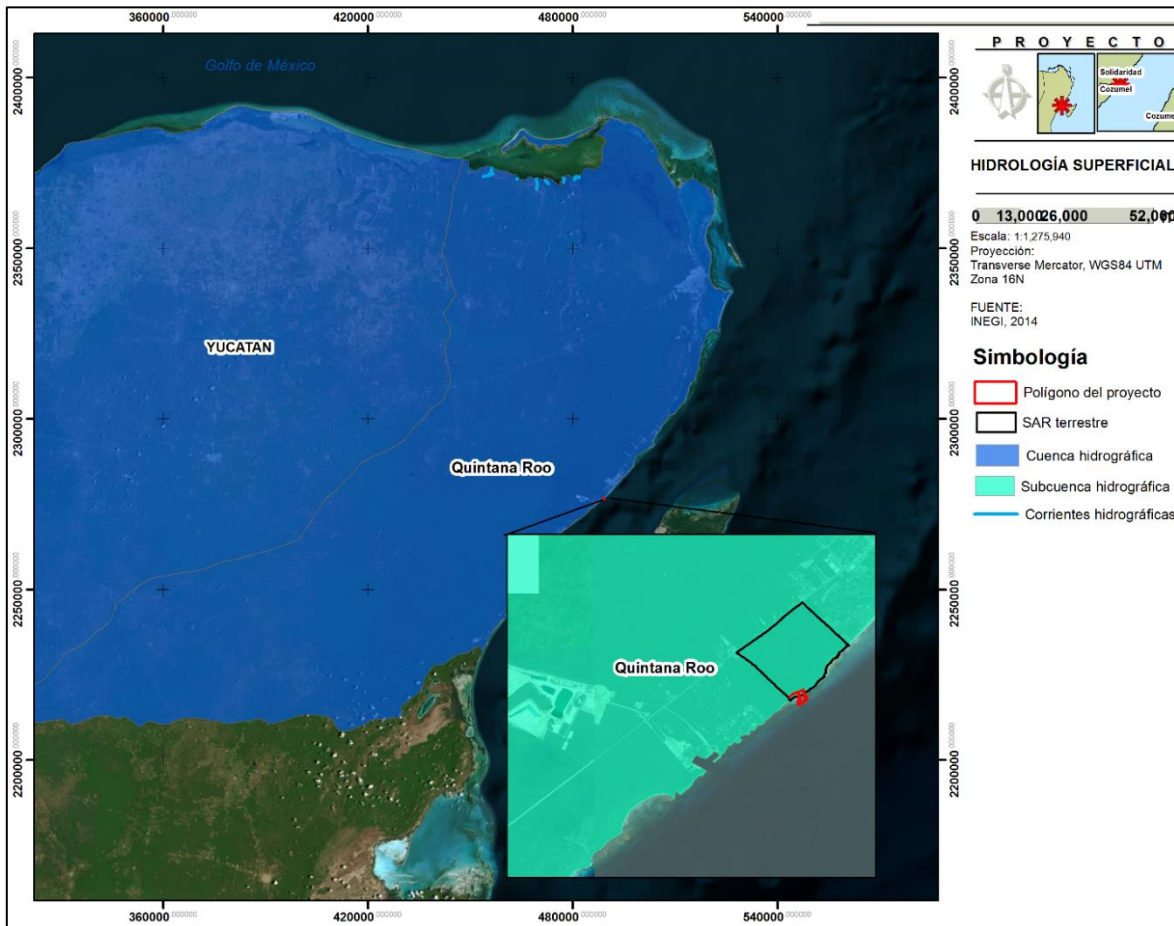
IV.3.1.6. Hidrología Superficial

El SAR terrestre se caracteriza por presentar un relieve muy suave, asociado a su origen kárstico, esto le transfiere a la hidrología superficial una característica poco desarrollada, prácticamente incipiente a lo largo de toda la península de Yucatán y por ende en el SAR terrestre del proyecto.

El estado de Quintana Roo se encuentra inmerso al interior de dos Regiones Hidrológicas (RH): Yucatán Norte (32) y Yucatán Este (33).

El SAR terrestre del proyecto se localiza en la Región Hidrológica 32, Yucatán norte y corresponde a una porción de la cuenca 32A Quintana Roo (Ver la siguiente figura). Su coeficiente de escurrimiento es mínimo (0 a 5%) y la infiltración es alta, lo que se evidencia porque el SAR terrestre no presenta cuerpos de agua superficial.

Figura IV-13. Cuenca y subcuenca hidrológica del SAR.

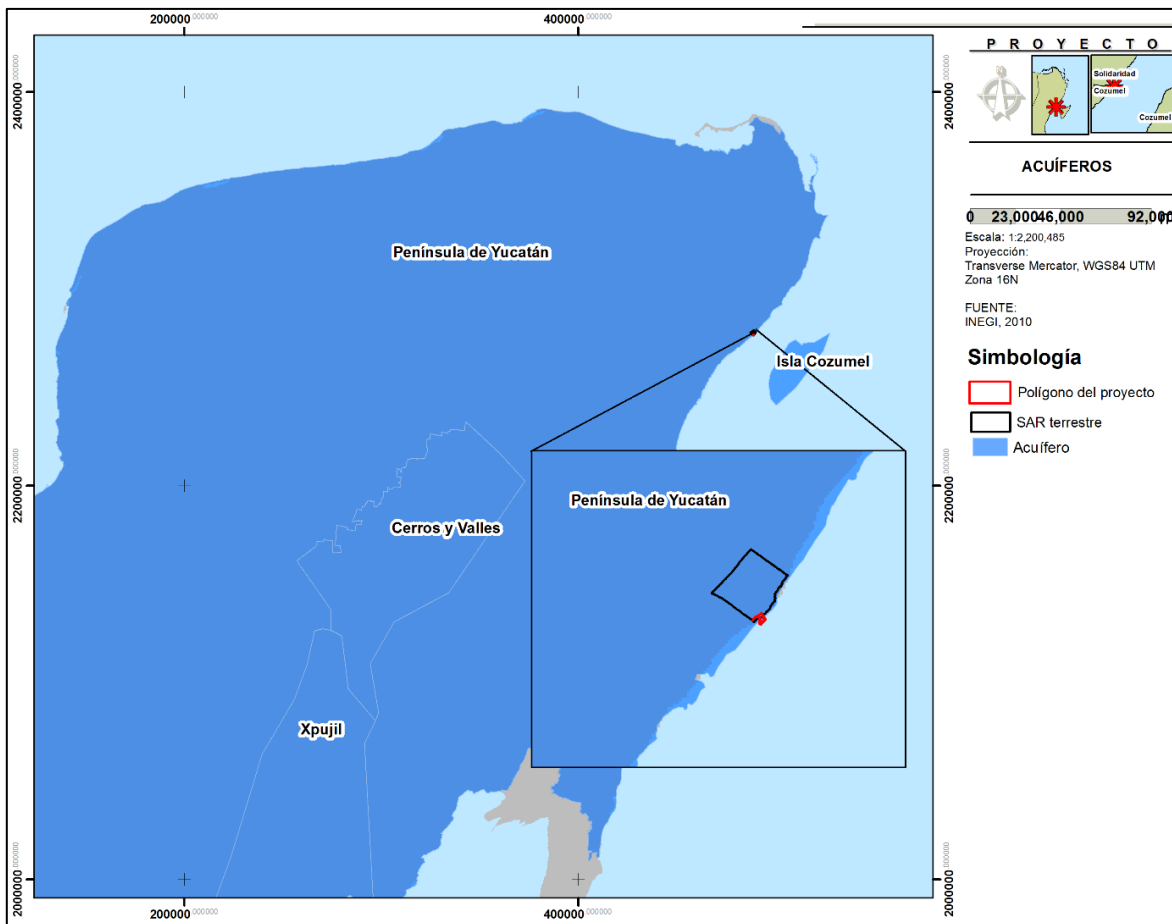


IV.3.1.7. Hidrología subterránea

El SAR se emplaza en el acuífero regional 3105 – Península de Yucatán el cual se extiende a lo largo de la península de Yucatán. Este acuífero está constituido por calizas de textura variable en estratos intercalados y cruzados, con arreglo horizontal. Presenta fracturamiento moderado y permeabilidad alta.

Es un acuífero regional, libre, con recarga pluvial y subterránea, la calidad del agua extraída es aceptable para el consumo humano.

Figura IV-14. Límite del acuífero regional.



A una escala regional y de acuerdo con el estudio hidrogeológico existente para la zona (Programa de Monitoreo de Aguas Subterráneas del Parque de Xcaret y sus alrededores, Quintana Roo. UNAM), la dirección del flujo de agua subterránea es de oeste a este, es decir de la zona continental hacia la costa. Las fracturas son el principal conducto de desplazamiento del agua subterránea.

El acuífero clástico costero está formado por una secuencia de depósitos recientes de calizas arrecifales en la parte inferior y arenas calcáreas finas poco compactadas y con algunos horizontes cementados en la parte superior que presenta buena permeabilidad. Estos resultados son confirmados por el estudio hidrogeológico denominado Modelo de flujo de agua subterránea y de simulación de transporte de sales. Caso de estudio proyecto “Sol de Selva” Riviera Maya, Q. Roo. Se trata de un estudio hidrogeológico que se llevó a cabo en el predio del proyecto, para el desarrollo del mismo.

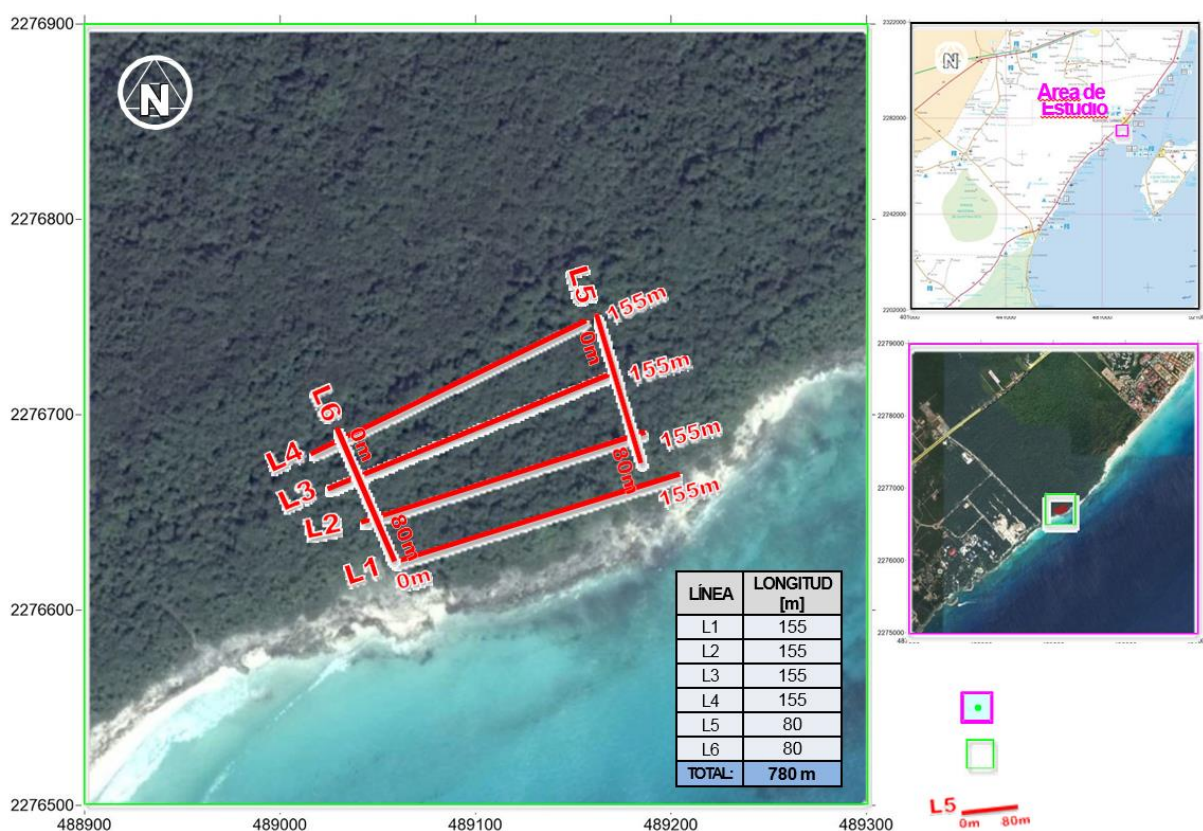
El estudio tiene como objetivos mostrar el modelo conceptual del acuífero para implementar un modelo numérico; esto con la finalidad de definir la estructura y funcionamiento del acuífero, así como la modelación de los escenarios con y sin la presencia del proyecto.

El modelo conceptual de Xcaret es un acuitardo colgado semilibre que hacia la costa, que semiconfina el acuífero regional de calizas arrecifales. La capa de calcarenitas es semipermeable y tiene cierto contenido de agua subterránea; sin embargo, la mayor cantidad de agua se encuentra en la capa de caliza arrecifal; por lo que estas zonas son más permeables y mejor aprovechables. El agua del predio es de origen regional y en la superficie existe una mezcla de agua regional y meteórica (únicamente en la capa de calcarenita); en general el agua regional de la zona de estudio está influenciada por agua marina y su familia de agua es sódico clorurada. La litología es compleja debido a que los estratos tienen una inclinación

similar al relieve topográfico del terreno. Con la finalidad de caracterizar de manera indirecta los materiales del subsuelo se realizaron estudios de resistividad eléctrica mediante tomografías eléctricas con el arreglo Dipolo/Dipolo. Los resultados de estos sondeos permitieron conocer la forma y distribución de las unidades geoelectricas en el subsuelo.

En la siguiente figura se muestran la localización de líneas o secciones geofísicas realizadas en el predio del proyecto.

Figura IV-15. Localización de líneas de geofísica en el predio del proyecto.



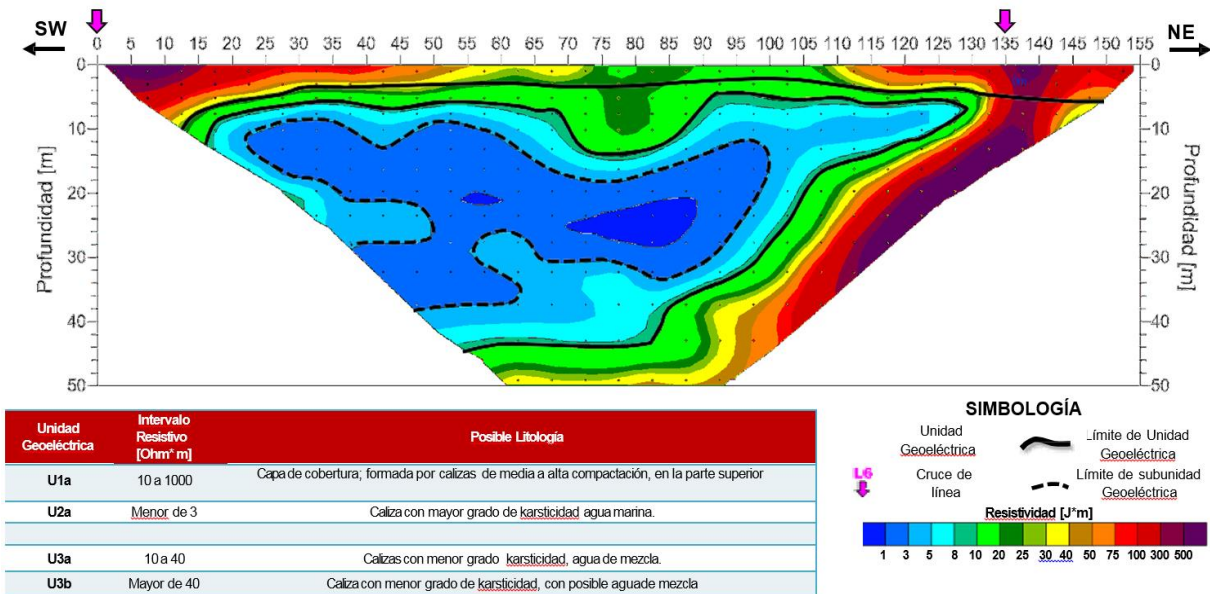
La metodología completa del estudio hidrogeológico puede ser consultada dentro de los anexos del capítulo VIII de la presente MIA-R.

A continuación se incluyen los resultados del estudio hidrogeológico.

La Tomografía Eléctrica L1 tiene una distancia de 155 m aproximadamente, la sección tiene una dirección NE/SW. En la sección se puede observar primeramente una capa resistiva con valores entre 100 y 300 ohm*m, con elementos inmersos altamente resistivos con valores mayores de 500 ohm*m, con un espesor aproximado de 10 m a 12 m. Estos valores se asocian a la presencia de arenas y roca compacta en los primeros 6 metros (zona insaturada) y arenas más compactas en la zona saturada (por debajo del nivel freático). Por debajo de esta capa la resistividad eléctrica decrece a valores intermedios del orden de 10 a 40 ohm*m, condición asociada a la presencia de caliza con huellas y conductos de disolución por donde circula agua dulce de mezcla. Las zonas de menor registro de resistividad eléctrica se observan entre 12 y 40 m de profundidad, con valores menores de 3 ohm*m asociados a la presencia de agua de intrusión marina. Entre 135 y 140 m se observa una discontinuidad importante posiblemente asociada a evidencia de carstificación.

Es necesario recordar que a la profundidad del proyecto °se afectará la primera capa de calcarenitas, sin llegar hacia la capa de las calizas arrecifales donde se localiza el acuífero regional.

Figura IV-16. Tomografía Eléctrica L1.



La Tomografía Eléctrica L2 (ver la siguiente figura) tiene una distancia de 155 m aproximadamente, la sección tiene una dirección NE/SW. En la sección se puede observar primeramente una capa resistiva con valores entre 100 y 300 ohm*m, con elementos inmersos altamente resistivos con valores mayores de 500 ohm*m, con un espesor aproximado de 8 m a 10 m. Estos valores se asocian a la presencia de arenas y roca compacta en los primeros 6 metros (zona insaturada) (zona donde se emplazará el proyecto), y arenas más compactas en la zona saturada (por debajo del nivel freático). Por debajo de esta capa la resistividad eléctrica decrece a valores intermedios del orden de 10 a 40 ohm*m, condición asociada a la presencia de caliza con huellas y conductos de disolución por donde circula agua dulce de mezcla. Las zonas de menor registro de resistividad eléctrica se observan entre 12 y 40 m de profundidad, con valores menores de 3 ohm*m asociados a la presencia de agua de intrusión marina. Se observa una disminución de la unidad resistiva superficial U1 con respecto a la tomografía L1.

Figura IV-17. Tomografía Eléctrica L2.

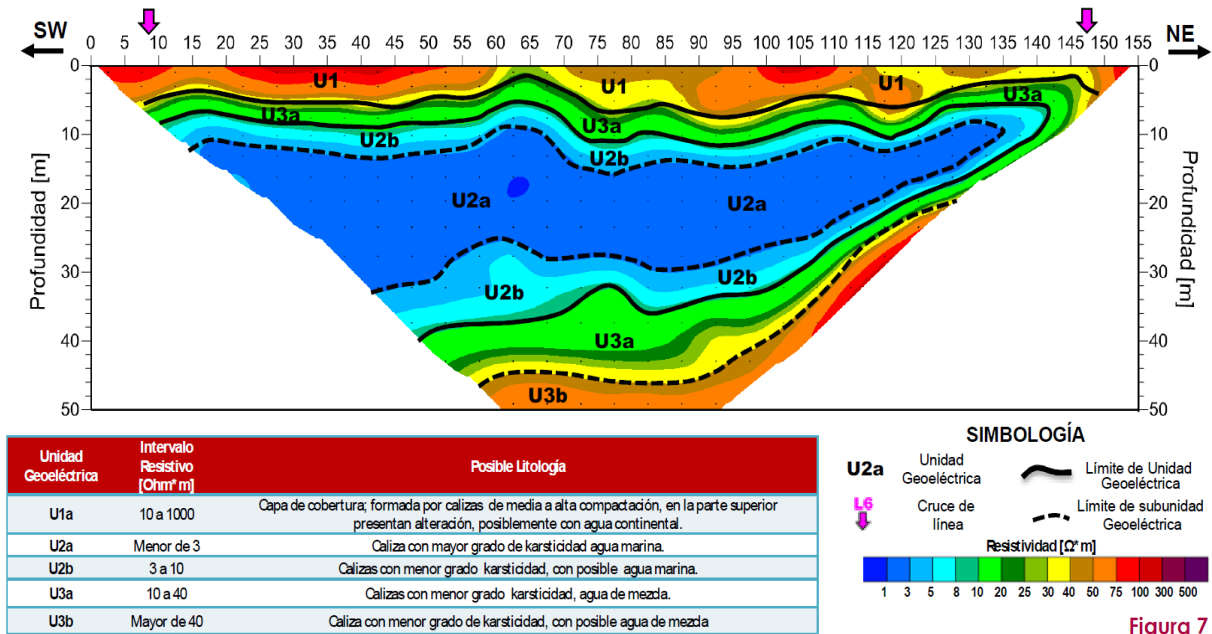
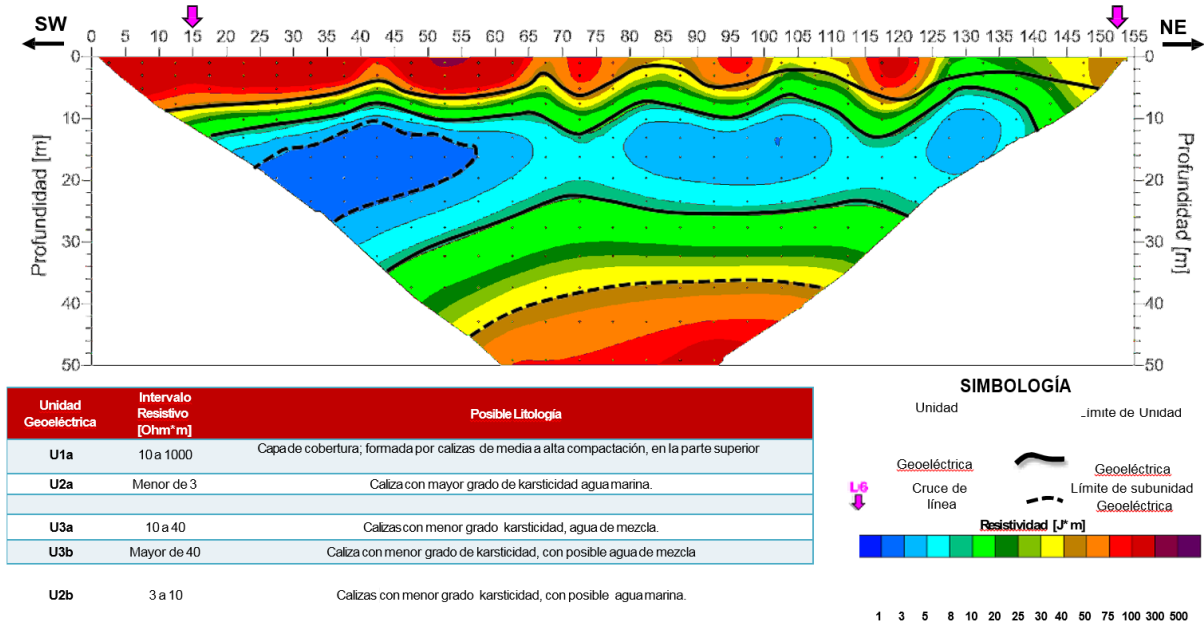


Figura 7

La Tomografía Eléctrica L3 tiene una distancia de 155 m aproximadamente, la sección tiene una dirección NE/SW. En la sección se puede observar primeramente una capa resistiva con valores entre 100 y 300 ohm*m, con elementos inmersos altamente resistivos con valores mayores de 500 ohm*m, con un espesor aproximado de 10 m a 13 m. Estos valores se asocian a la presencia de arenas y roca compacta en los primeros 6 metros (zona insaturada) y arenas más compactas en la zona saturada (por debajo del nivel freático). Por debajo de esta capa la resistividad eléctrica decrece a valores intermedios del orden de 10 a 40 ohm*m, condición asociada a la presencia de caliza con huellas y conductos de disolución por donde circula agua dulce de mezcla. Las zonas de menor registro de resistividad eléctrica se observan entre 13 y 35 m de profundidad, con valores menores de 3 ohm*m asociados a la presencia de agua de intrusión marina (ver la siguiente figura). Se observa que el espesor resistivo superficial aumenta de nuevo con respecto a las tomografías L1 y L3. De lo anterior cabe resaltar que el proyecto solo

llegará a una profundidad en la que no se espera llegar a la profundidad donde se encuentra inmersa la cuña salina.

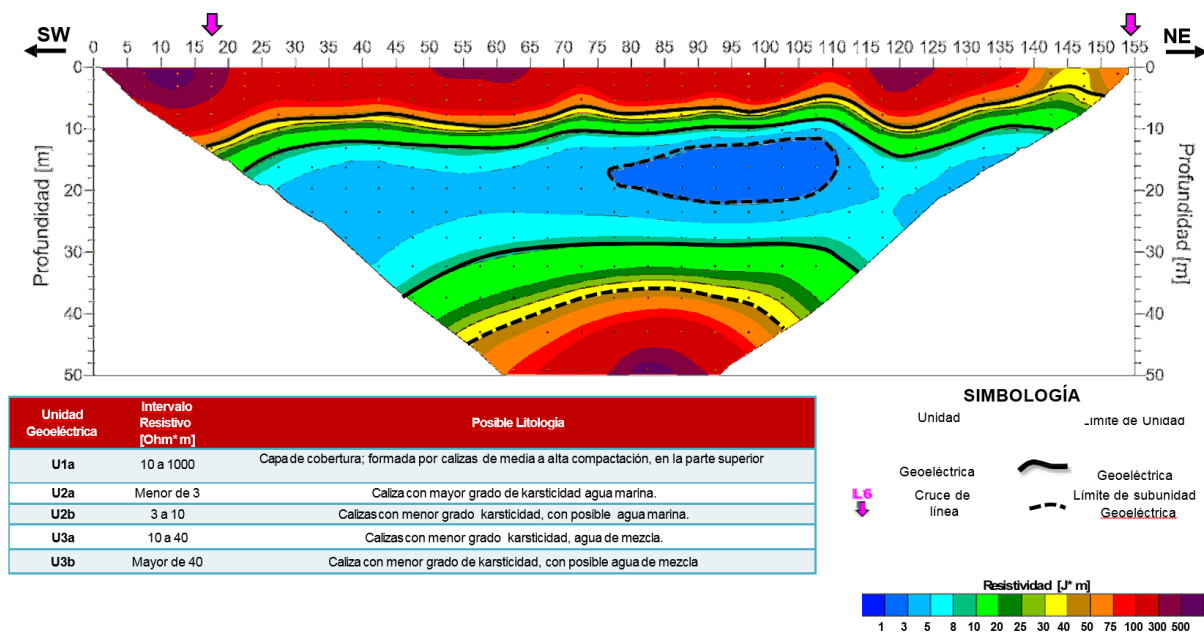
Figura IV-18. Tomografía Eléctrica L3.



La Tomografía Eléctrica L4 tiene una distancia de 155 m aproximadamente, la sección tiene una dirección NE/SW. En la sección se puede observar un comportamiento resistivo similar a L3; primeramente, una capa resistiva con valores entre 100 y 300 ohm*m, con elementos inmersos altamente resistivos con valores mayores de 500 ohm*m, con un espesor aproximado de 10 m a 13 m. Estos valores se asocian a la presencia de arenas y roca compacta en los primeros 6 metros (zona insaturada) y arenas más compactas en la zona saturada (por debajo del nivel freático). Por debajo de esta capa la resistividad eléctrica decrece a valores intermedios del orden de 10 a 40 ohm*m, condición asociada a la presencia de caliza con huellas y conductos de disolución por donde circula agua dulce de mezcla. Las zonas de menor registro de resistividad eléctrica se observan entre 13

y 35 m de profundidad, con valores menores de 3 ohm*m asociados a la presencia de agua de intrusión marina (ver la siguiente figura).

Figura IV-19. Tomografía Eléctrica L4.



Las Tomografías Eléctricas L5 y L6 fueron hechas en dirección a la costa y tienen una distancia de 80 m aproximadamente, la sección tiene una dirección N/S. En la sección se puede observar un comportamiento resistivo similar a las tomografías hechas paralelas a la costa identificando 3 unidades; una capa resistiva con valores entre 100 y 300 ohm*m en superficie, con elementos inmersos altamente resistivos con valores mayores de 500 ohm*m; por debajo de esta capa la resistividad eléctrica decrece a valores intermedios del orden de 10 a 40 ohm*m, condición asociada a la presencia de caliza con huellas y conductos de disolución por donde circula agua dulce de mezcla y finalmente, una capa entre 13 y 35 m de profundidad, con valores menores de 3 ohm*m asociados a la presencia de agua de intrusión marina (Ver las siguientes 2 figuras).

Figura IV-20. Tomografía Eléctrica L5.

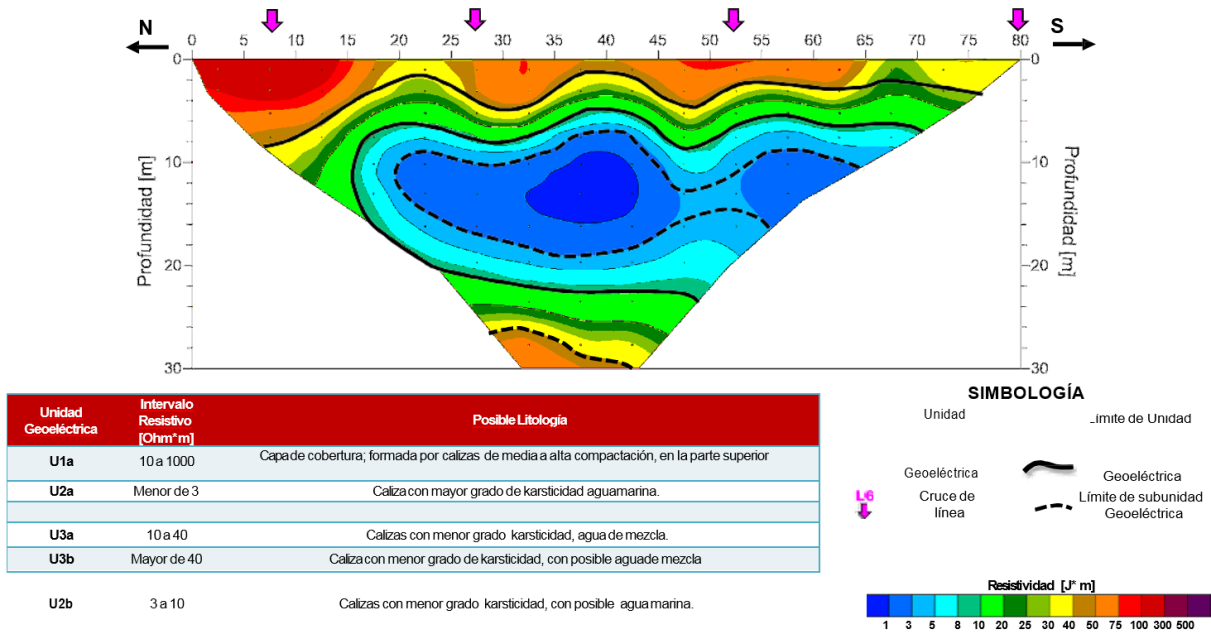
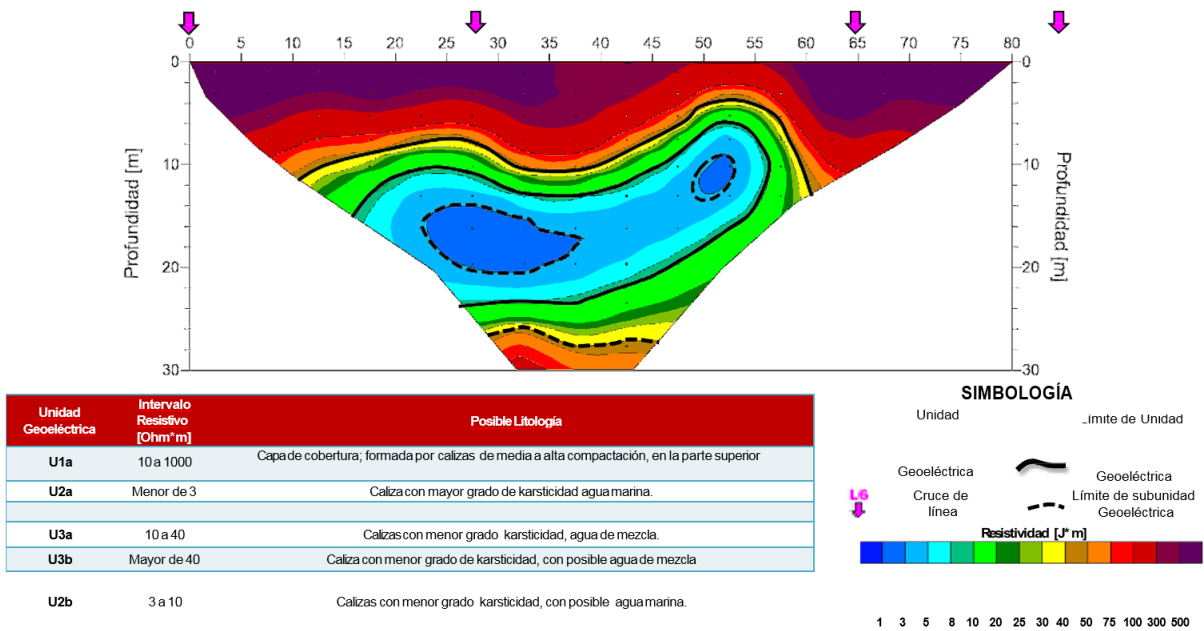


Figura IV-21. Tomografía Eléctrica L6.



Se observa que en ambas tomografías hacia la zona de costa la U1 resistiva disminuye y este comportamiento es más evidente en la zona de L5, al Este del predio; es decir se espera que en la zona de L5 se tenga un menor espesor de calizas compactas con respecto a L6 al Oeste del predio. Esto es importante, ya que la continuidad de esta unidad conforma el acuitardo ya estudiado con anterioridad en la zona de estudio.

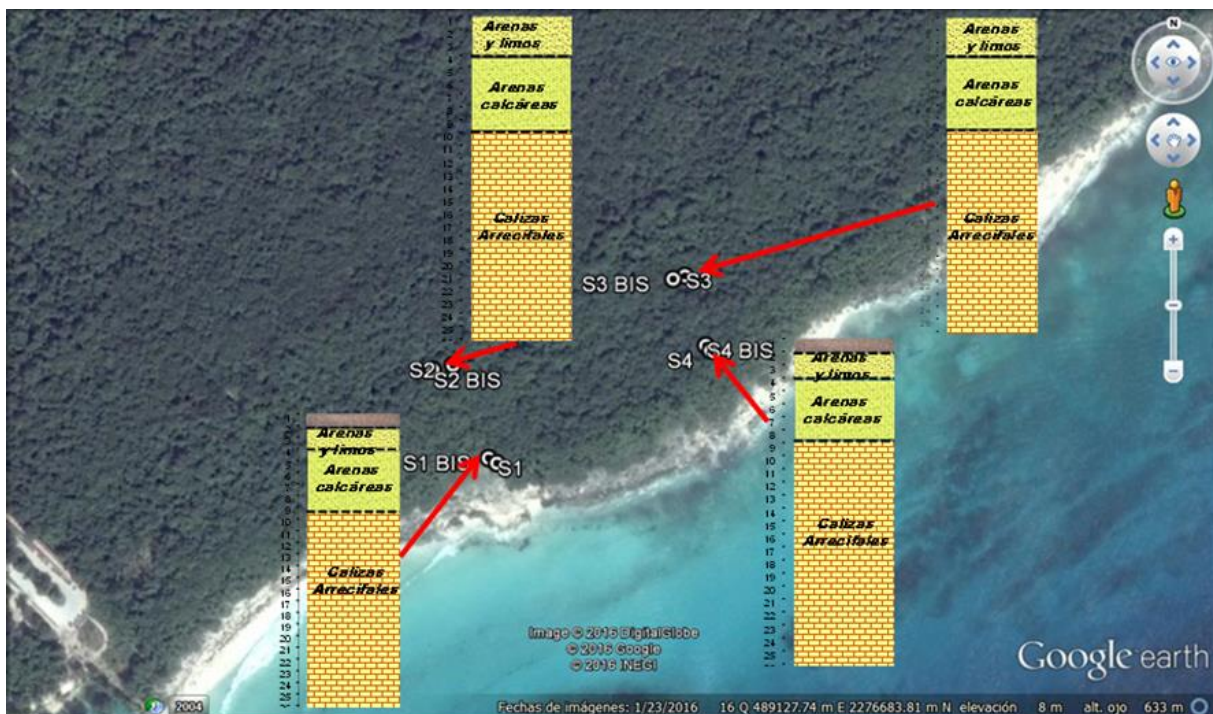
a) Características físicas del acuífero a partir de barrenos exploratorios

Las características físicas del acuífero están en función del tipo de materiales que lo conforma, en especial de sus propiedades de porosidad y permeabilidad que permiten el flujo del agua subterránea. Por lo anterior y con la finalidad de caracterizar los materiales del subsuelo de forma directa para la definición del modelo hidrogeológico del sitio y al mismo tiempo la calibración del modelo geoelectrico, se perforaron 4 sondeos exploratorios localizados en la periferia del predio atravesando hasta el acuífero regional y 4 sondeos más cortos hasta /4 msnm (profundidad requerida para el desarrollo del proyecto).

Del muestreo realizado durante la exploración se tiene que el subsuelo está conformado primeramente por una capa discontinua de suelo orgánico depositada sobre una capa de arenas y limos con espesores entre 2 y 3 m. Subyaciendo a la unidad anterior se identificó un paquete de Calizas laminares (calcarenitas) de color crema a blanco, con partículas bien clasificadas y lentes de caliza compacta recristalizada con espesores entre 5 y 6 m. Por la cohesión, distribución y tamaño de los granos que la componen las calcarenitas se consideran de permeabilidad baja, sin embargo dentro de la misma unidad se identificaron horizontes de caliza

recristalizada compacta fracturada de poco espesor infiriendo que en los planos de contacto se forman zonas de debilidad formándose discontinuidades y/o pequeñas cavidades secas si estas se encuentran por arriba del nivel freático, y/o saturadas o parcialmente saturadas de agua si estas están por debajo. Bajo la formación anterior se cortaron calizas compactas de origen arrecifal con presencia de fósiles y huellas de disolución lo que la hace muy porosa y permeable y con condiciones favorables para el libre movimiento del agua subterránea. El techo de las calizas arrecifales se ubica a una profundidad entre 8 y 9 m medidos a partir del nivel del terreno (Ver la siguiente figura). Los resultados observados son completamente coincidentes con los observados en el proyecto Destinos Xcaret ubicados al SW del predio, por lo que se confirma la continuidad de capas en el acuífero.

Figura IV-22. Columnas litológicas de barrenos exploratorios.



b) Registro del nivel estático del acuífero

Se tiene que el nivel estático en el acuífero tiene un potencial asociado a la elevación del nivel de agua con respecto al nivel medio del mar; dicho lo anterior, se ha estudiado el acuífero del predio del proyecto para entender la interacción de este potencial con efectos diurnos como las mareas y estacionales de corto y largo plazo como las tormentas y períodos de recargas y descargas del acuífero.

Se programaron recorridos piezométricos consistentes en la medición del nivel freático en cada punto de la red piezométrica de monitoreo, para posteriormente calcular la elevación del nivel de agua subterránea con respecto al nivel medio del mar; los días 9 de septiembre de 2016, se midieron todos los puntos en un lapso no mayor de dos horas. Esta información se presenta en la tabla siguiente.

Tabla IV-2. Recorrido piezométrico en el predio del proyecto.

ID	Coordenadas UTM 16Q		Cota (msnm)	Nivel Freático (m)	Potencial (msnm)	Profundidad Total (m)	Hora HH:MM	Fecha DDMMHAA
	X	Y						
SONDEO 1	489,059	2,276,625	3.276	2.814	0.462	13.00	11:14	09HsepH16
SONDEO 1 BIS	489,054	2,276,628	3.267	2.785	0.482	8.30	11:16	09HsepH16
SONDEO 2	489,033	2,276,683	6.274	5.618	0.656	22.50	11:27	09HsepH16
SONDEO 2 BIS	489,021	2,276,680	6.309	5.687	0.622	9.00	11:28	09HsepH16
SONDEO 3	489,170	2,276,737	3.635	2.859	0.776	23.00	11:39	09HsepH16
SONDEO 3 BIS	489,163	2,276,735	3.994	3.228	0.766	7.00	11:38	09HsepH16
SONDEO 4	489,186	2,276,693	2.546	1.778	0.768	25.00	11:44	09HsepH16
SONDEO 4 BIS	489,183	2,276,696	2.375	1.614	0.761	7.00	11:45	09HsepH16

Se observa que el potencial hidráulico en el predio del proyecto ronda entre 46 y 76 cm por encima del nivel medio del mar y disminuye rápidamente en dirección a la costa como el modelo conceptual de zona de descarga descrito en la teoría.

Se concluye que el potencial hidráulico del acuífero está en fase con la marea (Ver las siguientes figuras). La amplitud de la marea se registra de 12 cm en promedio, en ciclos de marea viva; y las amplitudes de los puntos S1 y S2 son entre 8 y 10

cm, respectivamente. Se observa que el acuífero regional es mucho más responsivo a efectos diurnos como la marea que a efecto de precipitaciones y recargas locales; por lo que se infiere que la zona de calcarenitas acumula el agua de precipitación, pero no tiene contacto con el acuífero regional en conexión hidráulica directa.

Figura IV-23. Variación del potencial hidráulico en S1.

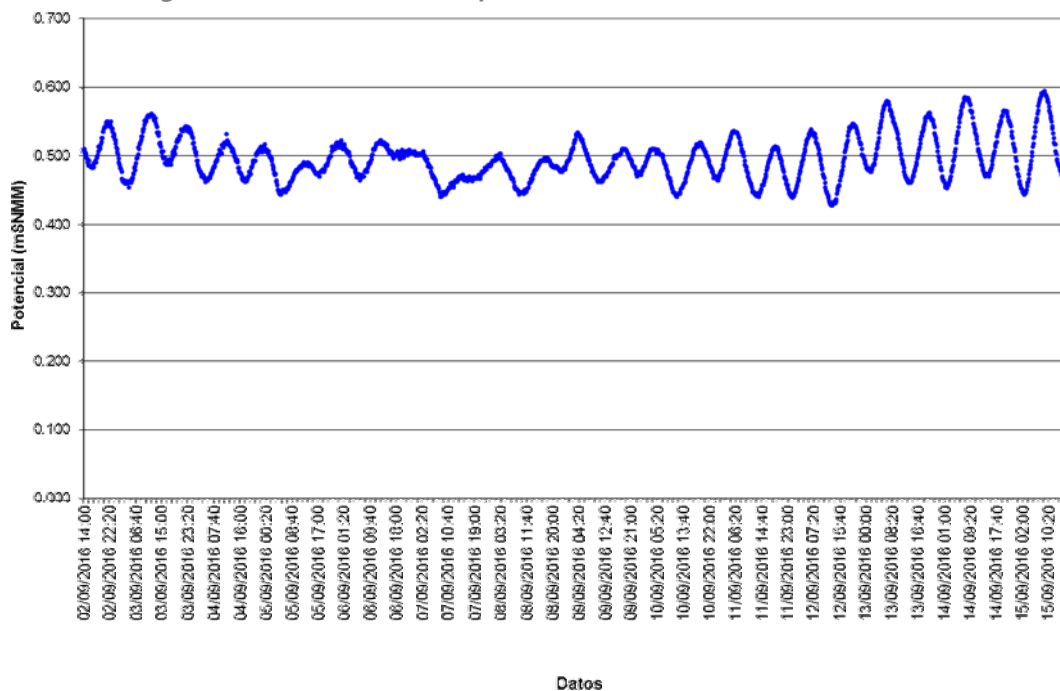
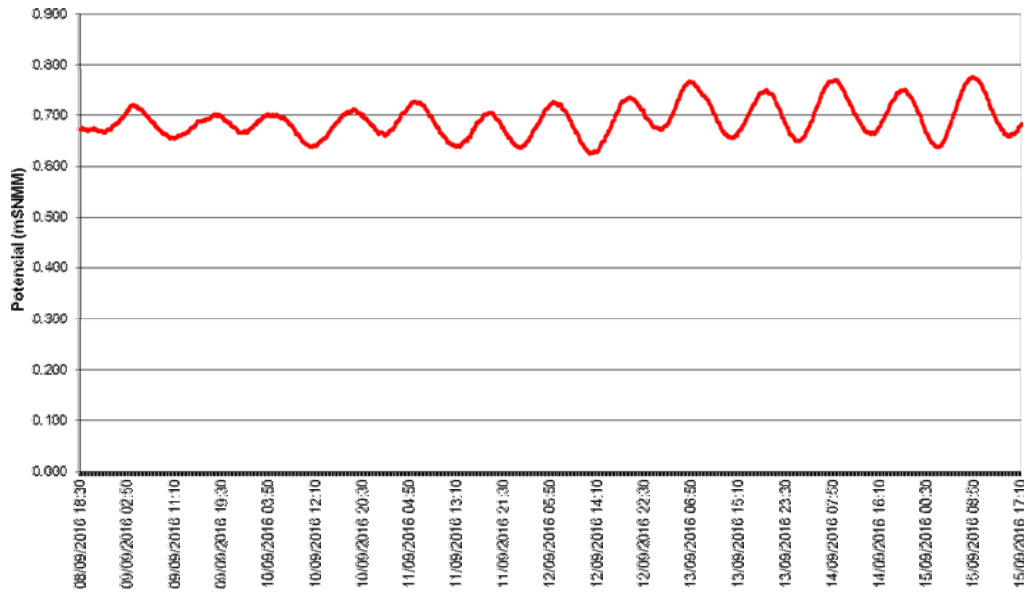


Figura IV-24. Variación del potencial hidráulico en S2.



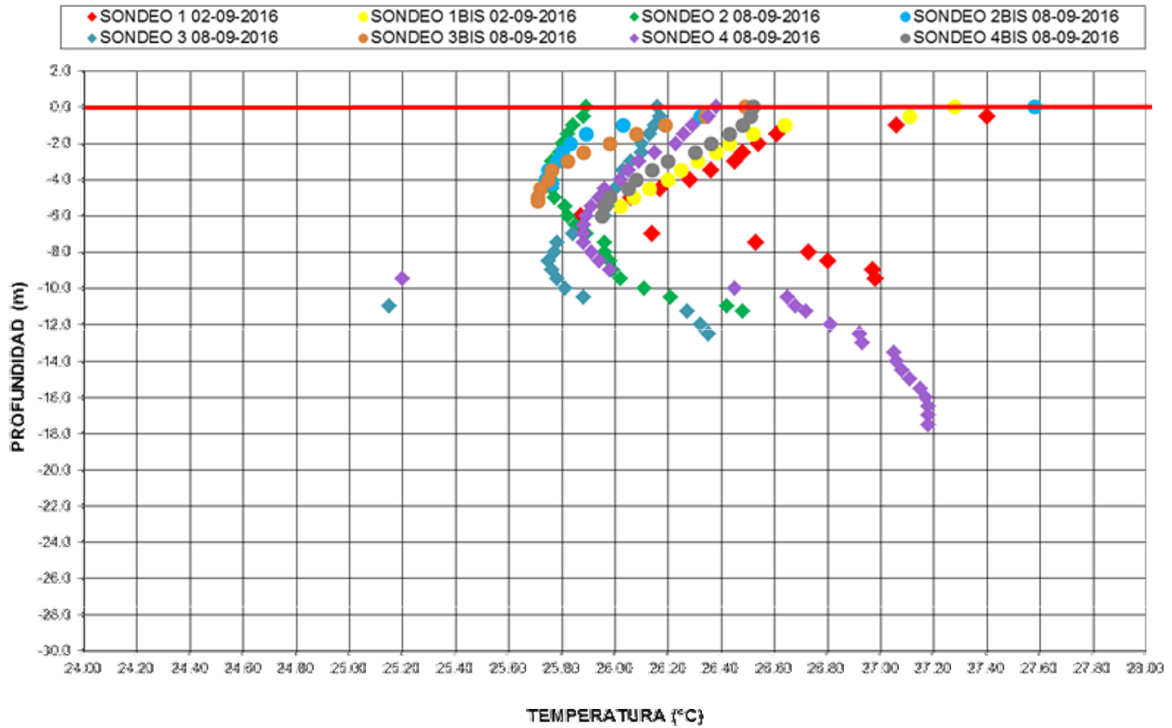
Datos

c) Calidad de agua en el acuífero

Temperatura

La temperatura en el predio del proyecto registro a nivel freático un valor de hasta 27.80°C; conforme se profundiza en el acuífero la temperatura decrece gradualmente hasta estabilizarse en 25.80 °C., en la cota de /6 msnm, Se observa un umbral de gradiente de temperatura asociado al acuífero regional (Ver la siguiente figura).

Figura IV-25. Perfiles comparativos de la temperatura.



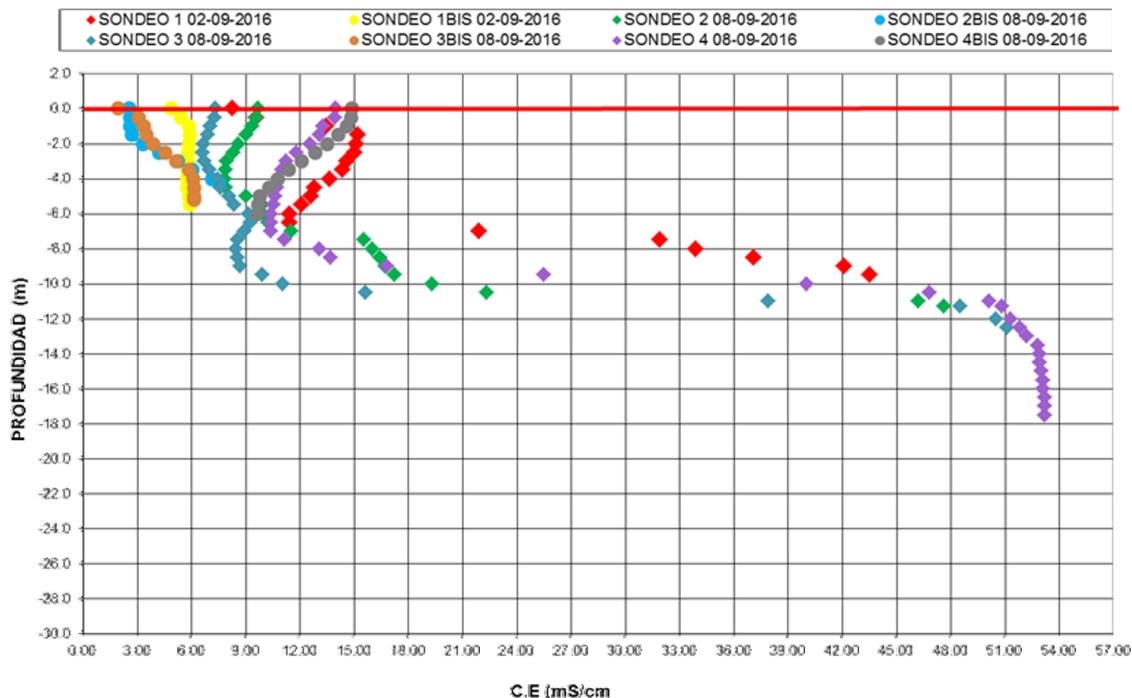
Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica se define como la capacidad de un agua para conducir electricidad; se mide como la conductividad que existe entre dos electrodos paralelos de 1 cm² de superficie cada uno y separados 1 cm, situados en el seno del agua a medir de forma que el medio se pueda considerar infinito. La conductividad crece con la temperatura y es preciso tomar una temperatura de referencia.

La conductividad eléctrica en el predio del proyecto registra valores a nivel freático entre 3 000 y 15 000 US/cm; el mayor se presentó en el Sondeo 1. La influencia del

agua marina se observa a partir de /9.0 msnm; la interface salina ha sido detectada en /11 msnm en el predio del proyecto. (Ver la siguiente figura).

Figura IV-26. Perfiles comparativos de Conductividad eléctrica.

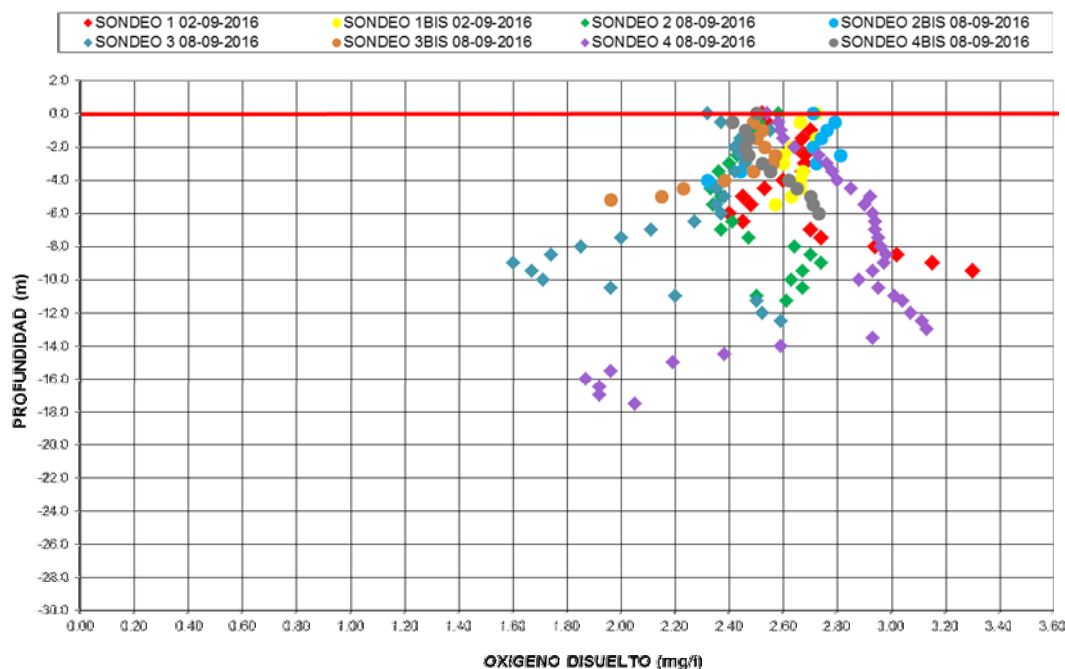


Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto, produce un medio oxidante y juega un papel de gran importancia en la solubilización o insolubilización de iones que cambian con facilidad de valencia, así como en la actividad de los microorganismos, su ausencia produce un medio llamado anaerobio. Se consume con facilidad al existir sustancias oxidables, tales como materia orgánica. Previamente a la infiltración el agua puede estar sobresaturada, pero en cuanto se infiltra al subsuelo este se consume. La mayoría de las aguas subterráneas tienen entre 0 y 5 mg/l frecuentemente por debajo de 2 mg/l.

El oxígeno disuelto en el acuífero de la región registra valores a nivel freático entre 2.20 y 3.00 mg/l, se observa un buen grado de oxigenación en el acuífero con valores por encima de 2.0 mg/L; descartando la presencia de ambientes reductores asociados a la presencia de materia orgánica en el acuífero y la interacción con microorganismos (Ver la siguiente figura).

Figura IV-27. Perfiles comparativos de oxígeno disuelto.



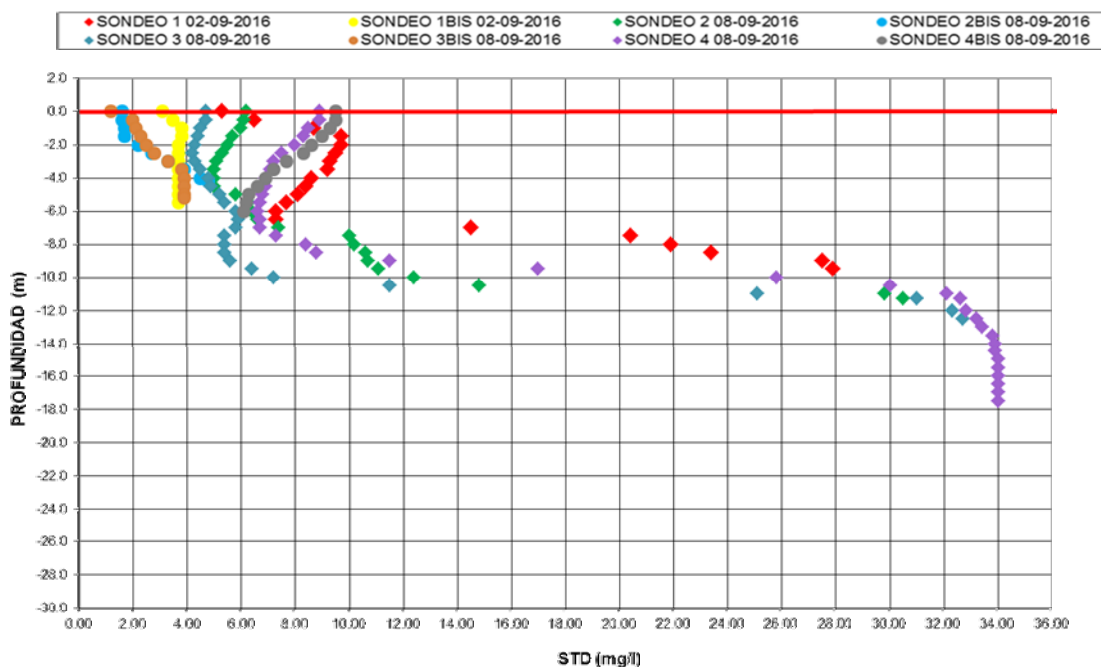
Sólidos Totales disueltos

Los sólidos totales disueltos se componen de moléculas orgánicas e inorgánicas así como iones que se encuentran presentes en disolución verdadera en el agua. Los valores en el agua subterránea oscilan entre 150 y 1500 mg/l en aguas dulces, pudiendo llegar a 300,000 en salmueras. El agua de mar tiene alrededor de 35,000 mg/l. Los sólidos totales disueltos determinan las profundidades de uso del agua con relación a las normas y al contenido permisible para su uso,

que es de 1,500 mg/l máximo para agua dulce y en el caso del agua salobre para tratar y desalinizar se exige un mínimo de 5000 mg/l.

Los sólidos totales disueltos en el predio registran valores a nivel freático entre 2 000 y 10 000 mg/l; el mayor se presentó en el sondeo 1. El parámetro permanece constante hasta la cota de /9 msnm y a partir de ahí aumenta abruptamente, por la influencia de la cuña salina del acuífero. Los sólidos se incrementan hasta alcanzar un valor final de 34 000 mg/l en la cota de /16 msnm. (Ver la siguiente figura).

Figura IV-28. Perfiles comparativos de Sólidos Totales Disueltos.

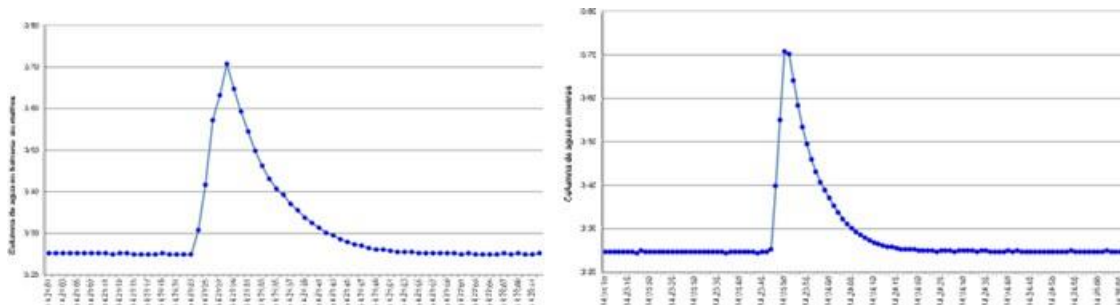


Pruebas hidráulicas en el acuífero

De acuerdo con el modelo conceptual del acuífero mostrado en el apartado anterior, se observó que la capa de calcarenita tiene una base entre las elevaciones /4 y /6 msnm. Se espera que los barrenos cortos estén contruidos en un espesor de calcarenitas de baja permeabilidad. La inyección será realizada a gravedad con una cubeta de 20 litros mismos que generan un aumento del nivel estático en el agua subterránea en los alrededores del pozo y dependiendo de la recuperación y el tiempo de respuesta del pozo se puede calcular la conductividad hidráulica del acuífero.

Los resultados de las pruebas hidráulicas indican en la mayoría de los casos, una respuesta instantánea del acuífero a la inyección y un tiempo de estabilización de hasta 15 segundos. Los resultados de los sondeos se muestran en la siguiente figura.

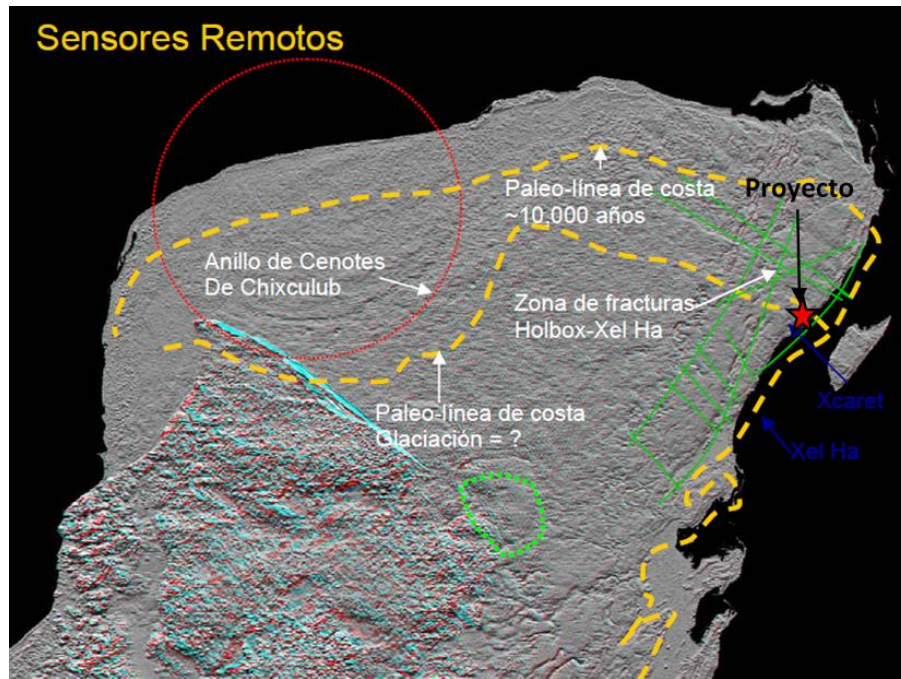
Figura IV-29. Resultados de inyección en Sondeo S1B1S



Entre los rasgos más sobresalientes a nivel regional destacan: el anillo de cenotes, mismos que deben su origen al cráter de Chicxulub, líneas de paleo-costa, y la zona de fracturas regionales de Holbox (con dirección aproximada de norte a sur), así

como la zona de fracturas de Xel-Ha, con dirección aproximada de oeste a este. Cabe mencionar que los dos últimos sistemas de fracturas son los que tienen incidencia dentro del SAR terrestre del proyecto (Ver la siguiente figura).

Figura IV-30. Sistema de fracturas regionales en la península de Yucatán.



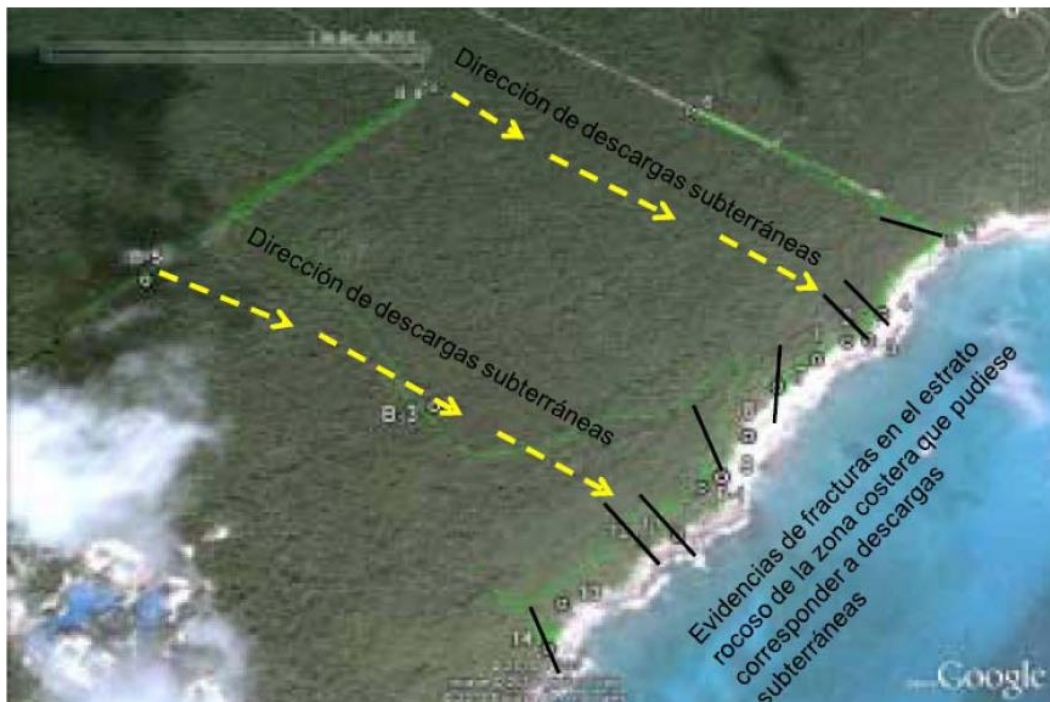
Fuente: Programa de Monitoreo de Aguas Subterráneas del Parque de Xcaret y sus alrededores, Quintana Roo. UNAM.

En el predio aledaño al proyecto (Ver la siguiente figura), se identificó una zona rocosa muy erosionada con estratificación paralela a la línea de costa fuertemente fracturada. La roca corresponde a facies arrecifales con conductos de disolución en el centro del predio y areniscas compactas con estratos delgados y en algunos casos estratificación cruzada. Se identificaron fracturas importantes en dirección perpendicular a la costa cortando la estratificación de la roca. La dirección predominante del fracturamiento en la zona rocosa costera es hacia el NW-SE y

corresponde a fracturas con gran extensión hacia el subsuelo formando conexiones o descargas subterráneas de agua continental hacia la costa.

En la siguiente figura se identifican estructuras en la costa alemana al área del proyecto.

Figura IV-31. Se evidencia la presencia de fracturas en el estrato rocoso.



Por lo anterior, se puede concluir que el predio del proyecto se encuentra influenciado por la presencia de fracturamientos locales, que sirven como conductos de disolución o zona de cavidades por donde circula el agua subterránea y de forma horizontal para su posterior descarga hacia el mar. Lo anterior, se evidencia con el estudio marino que se llevó a cabo para el proyecto, ya que cerca de la costa en el medio marino se corroboró la entrada de agua dulce a nivel superficial (estaciones 4, 5 y 8); sin embargo, de acuerdo con el mismo estudio marino, la descarga de esta

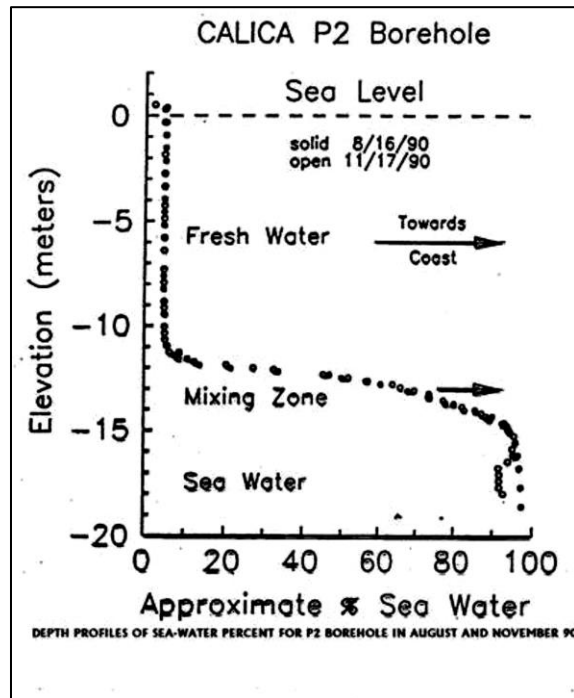
agua dulce **NO** aporta nutrientes al mar debido al efecto de disolución que se da en dirección continente – mar.

d) Intrusión salina

Para el caso particular del noroeste de Yucatán, la intrusión salina ha sido detectada a más de 100 km de la costa (Steinich y Marín, 1996). El acuífero en la costa este de la Península es libre, y el espesor del lente de agua dulce es de apenas unas decenas de metros. Cabe mencionar que el SAR del proyecto se localiza al noreste de la península de Yucatán.

Al noreste de la península de Yucatán se presenta el Sistema de fracturas Ox Bel Ha, en uno de los puntos de descarga de este sistema existe un manantial con un espesor de agua dulce de 11 metros. En la siguiente figura se muestra la estratificación del agua dulce y el agua salada (marina) en Calica (sitio cercano al sur del SAR), en donde es posible observar que el espesor de agua dulce es de aproximadamente 11 metros para después observar una zona de mezcla de agua salobre.

Figura IV-32. Estratificación del agua, en Calica.



IV.3.2. Caracterización del Sistema Ambiental Regional (SAR) Marino

La información que se incluye en el presente capítulo IV de la MIA-R, corresponde por un lado a trabajo de gabinete, lo cual consistió en la búsqueda y análisis de información existente para el SAR; y por otro lado, con la finalidad de obtener datos más precisos del comportamiento de los procesos y componentes del SAR, es que se llevó a cabo un estudio marino dirigido al desarrollo del proyecto.

A partir del estudio marino, se determinaron diversos parámetros que permitieron caracterizar la batimetría, las corrientes litorales, la calidad del agua marina, la sedimentación, y los componentes bióticos. Así mismo, se realizó la modelación de la evolución de la línea de costa, sin el proyecto y con la presencia del proyecto.

A lo largo del presente documento se exponen los resultados expuestos en el mencionado estudio marino. La metodología completa puede ser consultada en el capítulo VIII de la presente MIA-R.

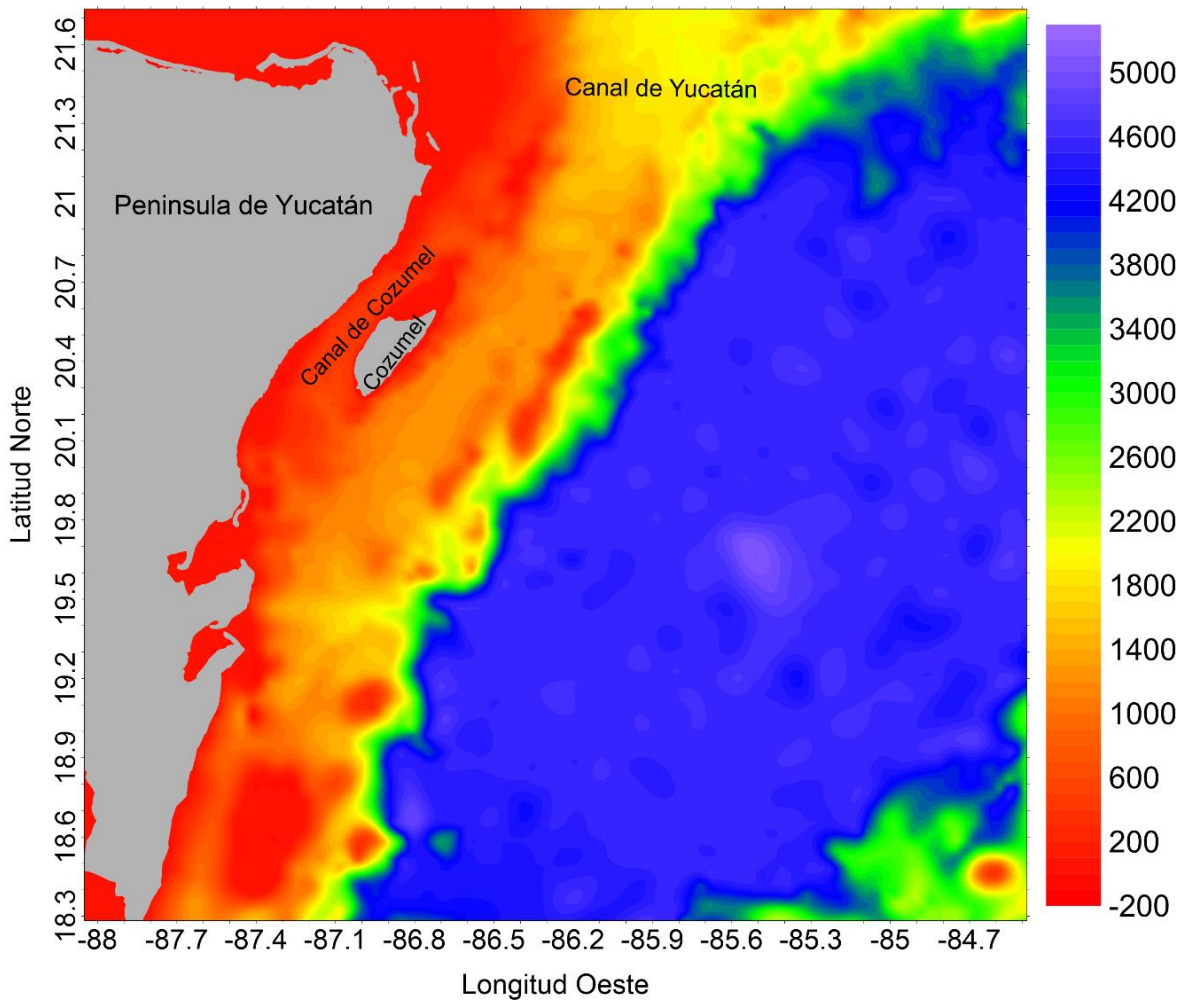
IV.3.2.1. Batimetría

El relieve submarino de la plataforma y el talud del Caribe Mesoamericano se caracteriza por dos canales paralelos a la línea de costa:

El Canal de Yucatán con una profundidad cercana a los 2,040 m y se localiza entre la península de Yucatán y Cuba. El canal de Cozumel con un ancho de 18 km y 400 m de profundidad, se localiza entre la Isla de Cozumel y la costa de Quintana Roo (CONANP, 2016).

El SAR del proyecto se ubica en la zona litoral entre el canal de Cozumel y la línea de costa de Quintana Roo (Ver la siguiente figura). Un canal es una geoforma que se caracteriza por una depresión alargada de pendiente continua, limitada por bordos, se forma entre islas y tierra (de la Lanza-Espino, et al, 1998).

Figura IV-33. Batimetría del Caribe Mesoamericano.



Para obtener mayor resolución y detalle de la configuración del fondo en los sitios de arriba, se realizaron levantamientos batimétricos.

Dentro de cualquier levantamiento, Topográfico o Batimétrico es necesario conocer las referencias del sitio para trabajar en un sistema de coordenadas acorde a los estándares mundiales.

Los parámetros cartográficos básicos, comúnmente utilizados son: las coordenadas Geográficas, la proyección UTM, la esfericidad terrestre, la representación terrestre y el DATUM.

Para el caso de Xcaret, Quintana Roo, que es donde incidirá el proyecto se georreferenció con los siguientes datos:

2.- Elipsoide correspondiente al sistema **WGS84**.

2.- Datum, y proyección de la zona, la cual es denominada Universal Transversal de Mercator (**UTM**).

3.- Zona geográfica correspondiente a la zona 16, como se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura IV-34. Zonificación Geográfica UTM Para el Sitio de Estudio (Zona 16)



Determinación de las líneas planeadas (transectos)

Se procedió a la determinación de transectos o líneas planeadas, las cuales sirvieron en campo para el trayecto que debe seguir la embarcación.

En el caso de levantamiento en el frente marítimo de la playa “Xcaret”, se determinó realizar la planeación de líneas en una zona general del frente perpendiculares a la playa, esto con la finalidad de que el oleaje de la zona permitiera trabajar sin complicaciones.

Para la zona general del frente marítimo, se determinó realizar los transectos perpendiculares a la playa y con una separación de 50 m equidistantes entre ellos, y así obtener una mayor perspectiva del terreno natural del frente playero.

Para la zona donde será ubicada la boca de entrada a la marina, se determinó realizar un levantamiento con mayor detalle haciendo la planeación de líneas con una separación entre ellas de 20 m.

La planeación de las líneas se puede apreciar en la siguiente figura.

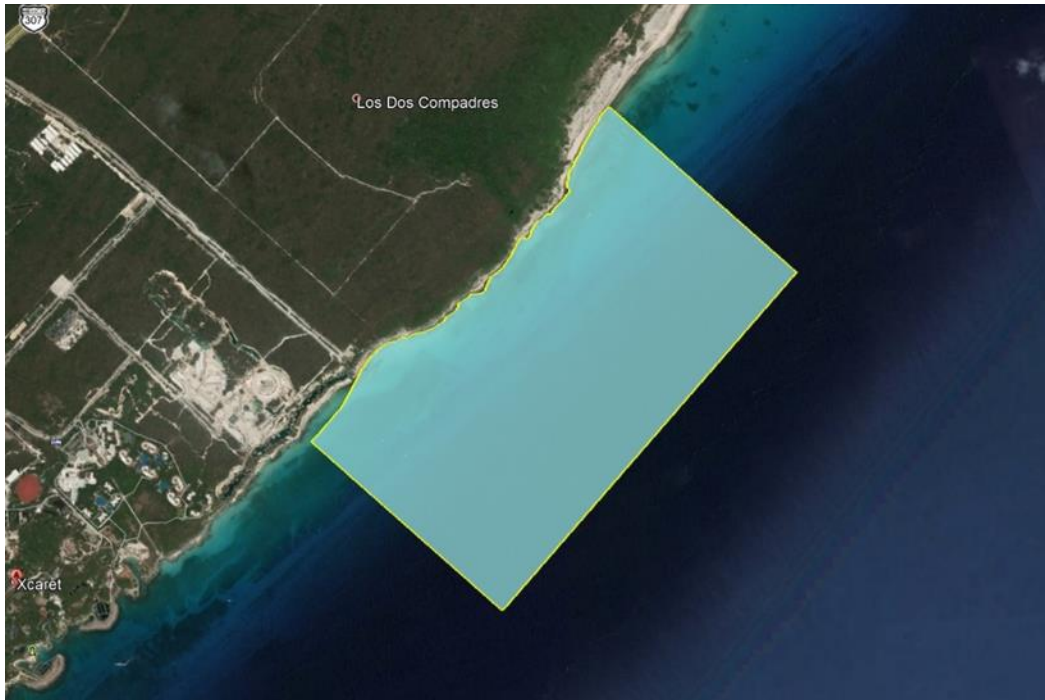
Figura IV-35. Planificación de los Transectos en el frente marítimo donde se ubicará el SAR.



Estas líneas planeadas se incorporan al programa Hypack 2014 para los trabajos en campo.

En la siguiente figura se muestra el área donde se llevó a cabo el levantamiento batimétrico.

Figura IV-36. Área levantamiento Batimétrico del frente marítimo de Xcaret, Quintana Roo.



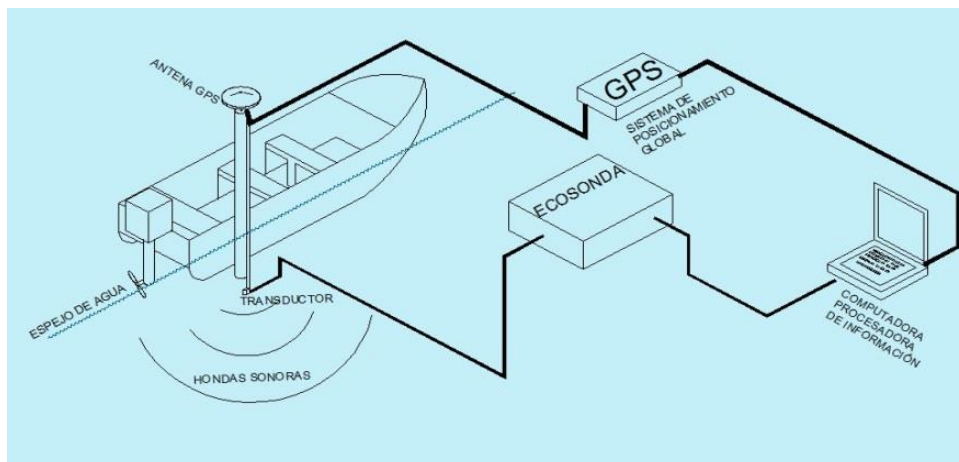
Para el estudio se utilizó una ecosonda tipo monohaz simple, la cual se conecta a una computadora y a un sistema de localización satelital (GPS), el cual trabaja en forma diferencial para obtener la ubicación de los puntos en coordenadas “X”, “Y”, tal como se muestra en el siguiente esquema.

El equipo utilizado para estos trabajos es el siguiente:

⇒ Computadora Laptop de uso rudo

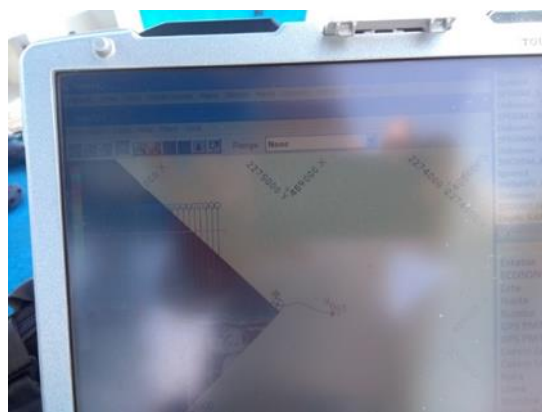
- ⇒ GPS, marca Megallan Promark 3, trabajando en modo diferencial
- ⇒ Ecosonda marca Garmin modelo 527 xp Map

Figura IV-37. Diagrama de conexión de equipo para levantamiento batimétrico



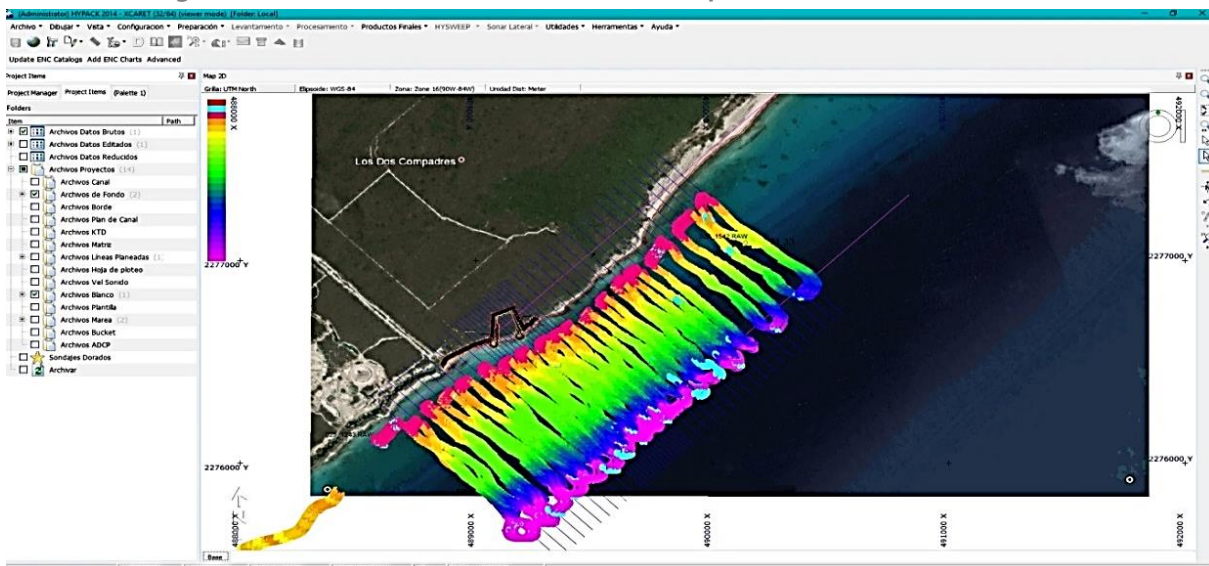
Se realizan los recorridos lo más cercano a las líneas planeadas, según lo previamente establecido, como se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura IV-38. Recorridos en Lancha, siguiendo líneas planeadas



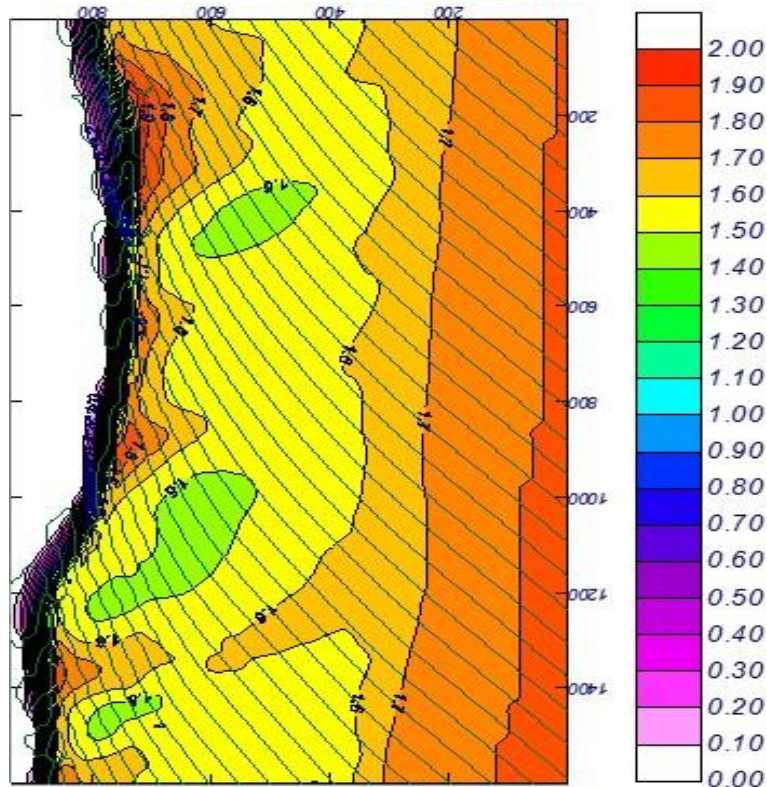
Los resultados obtenidos de los recorridos a bordo de la embarcación se muestran en la siguiente figura:

Figura IV-39. Levantamiento Batimétrico del frente marítimo de Xcaret.



La batimetría del SAR permitió establecer las condiciones iniciales y de frontera de los modelos morfodinámicos. La metodología de las modelaciones puede ser consultada dentro de los anexos.

Figura IV-40. Batimetría en el área del proyecto.



IV.3.2.2. Corrientes regionales

La corriente promedio en el canal de Cozumel es aproximadamente 0.74 m s^{-1} , promedio entre 75 y 195 m de profundidad. La velocidad superficial promedio de 1.1 m s^{-1} a 30 m de profundidad, y un transporte de 5.1 Sv (Chávez et al. 2003).

A pesar de las dimensiones relativamente pequeñas del canal de Cozumel en comparación con el canal de Yucatán, el flujo que pasa por este canal es de importancia debido a que forma parte de la corriente de Yucatán. Además, la

corriente de Yucatán se intensifica una vez que cruza el canal de Cozumel, lo que sugiere que la isla Cozumel juega un papel importante en el desarrollo de esta corriente (Centurioni y Niiler 2003, Cetina et al. 2006). La circulación en el canal de Cozumel tiene una dirección dominante hacia el noreste durante todo el año prácticamente (Ver las siguientes figuras).

Figura IV-41. Patrón de corrientes y temperatura superficial para la región del Caribe Mexicano de enero a junio de 2015.

(Extraído de CMEMS Copernicus Marine Environment Monitoring Service).

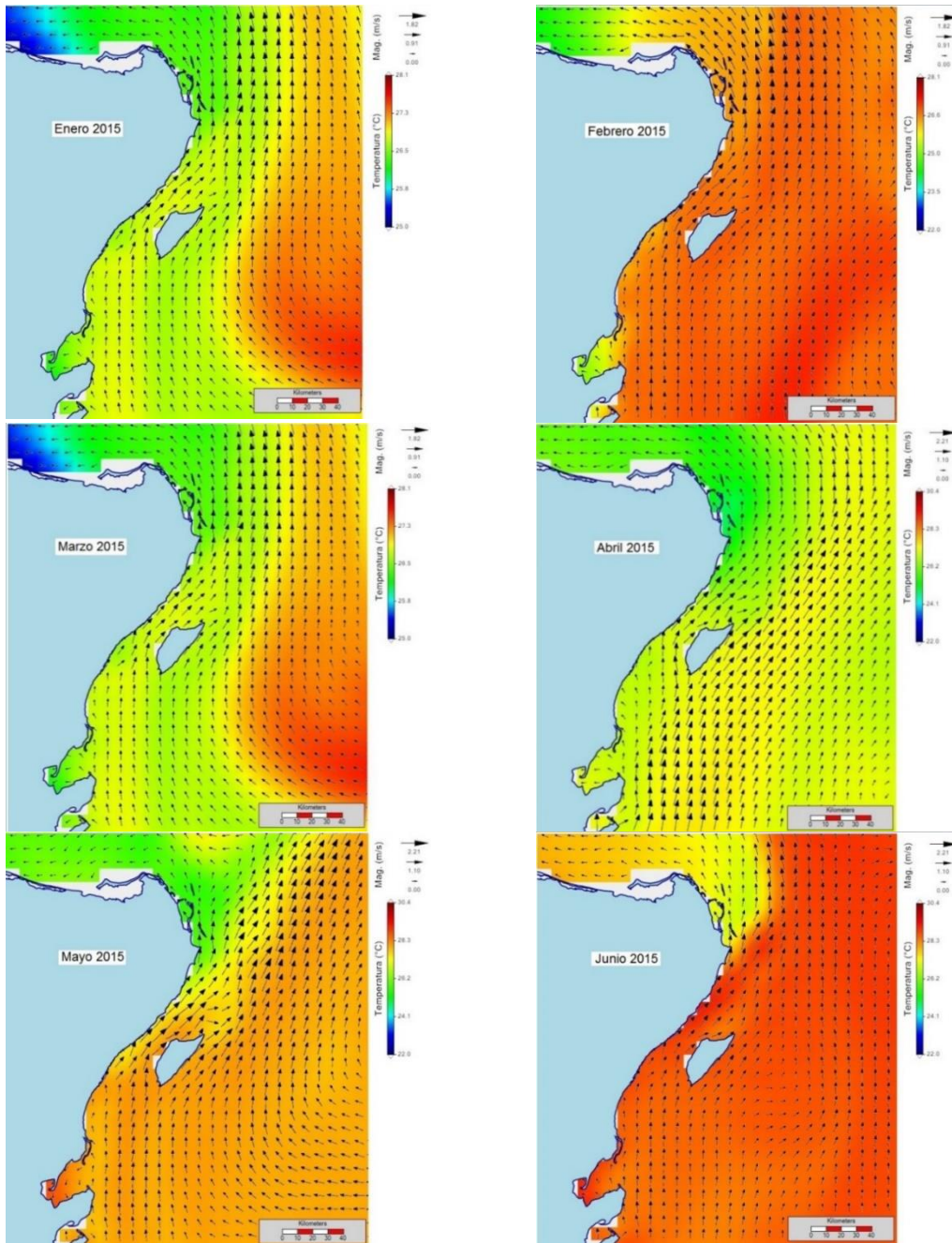
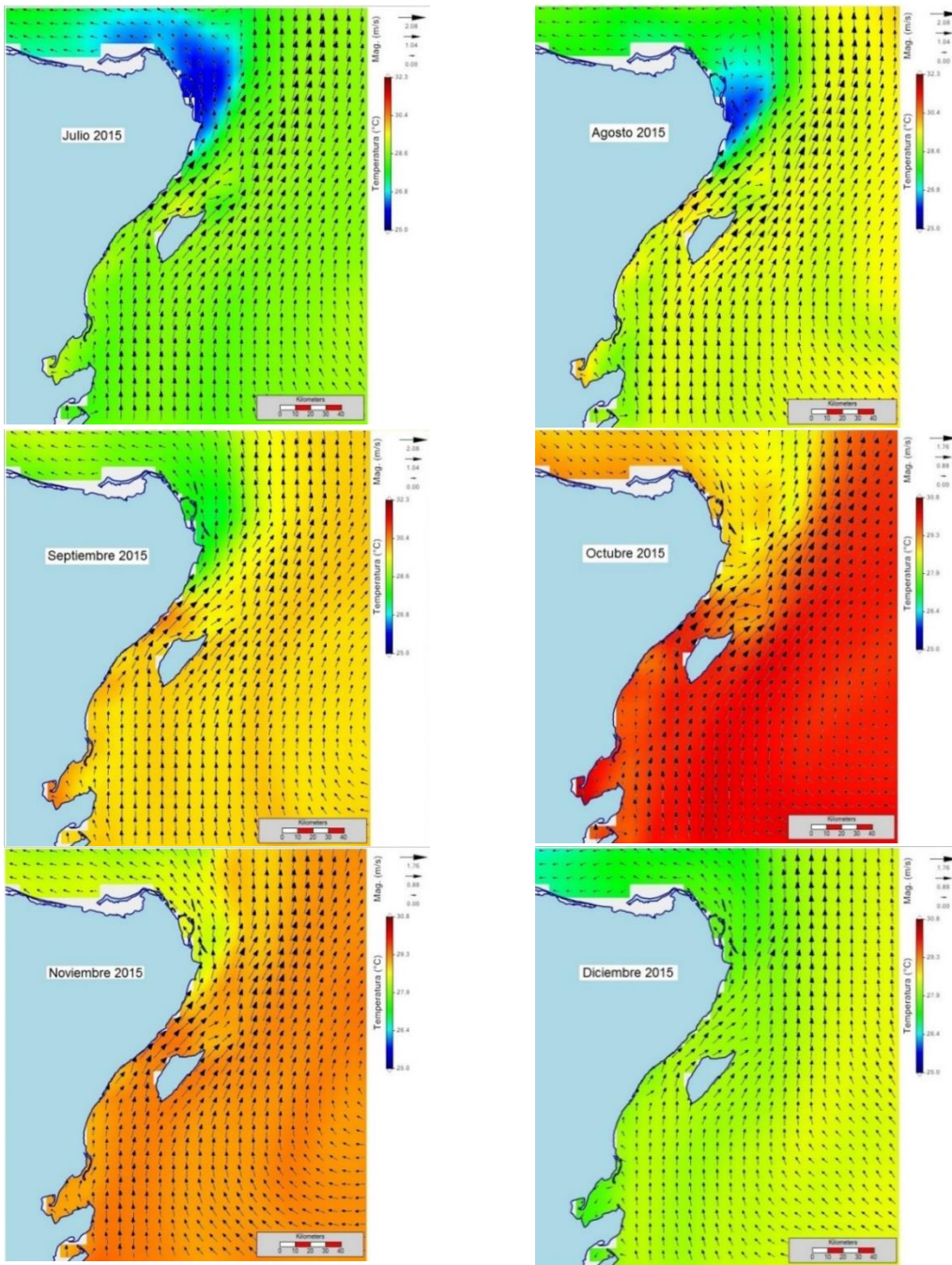


Figura IV-42. Patrón de corrientes y temperatura superficial para la región del Caribe Mexicano de julio a diciembre de 2015.

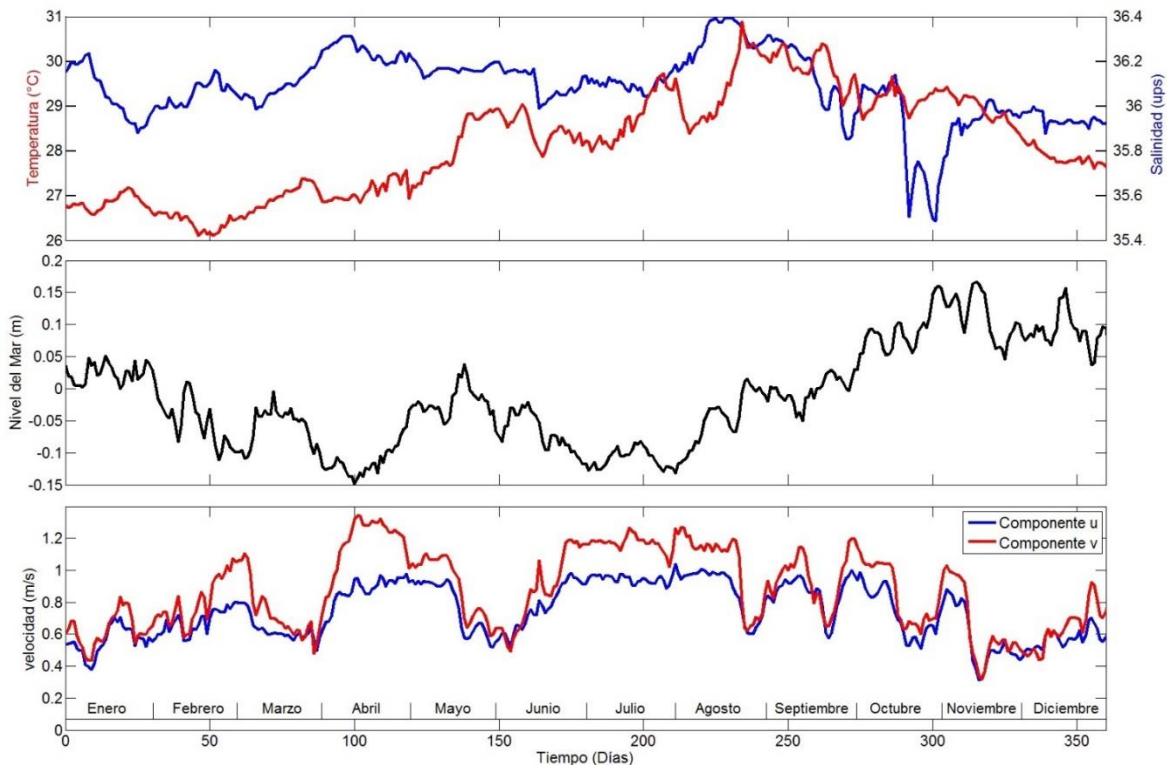
(Extraído de CMEMS Copernicus Marine Environment Monitoring Service).



La siguiente figura muestra las series de tiempo temperatura, salinidad, nivel del mar y corrientes representativas de un ciclo anual, extraídas del Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS) para la zona del SAR. En la zona las temperaturas más bajas del agua se presentan entre los meses de enero a marzo, con valores por debajo de los 27°C, mientras que las más altas se presentan en los meses cálidos, entre julio y septiembre, con valores entre 29°C y 31°C.

Figura IV-43. Series de tiempo de temperatura, salinidad, variación del nivel del mar y componentes de la velocidad para un ciclo anual (2015) en la zona del SAR (-87.101468W, 20.584933N).

(Extraído de CMEMS Copernicus Marine Environment Monitoring Service).

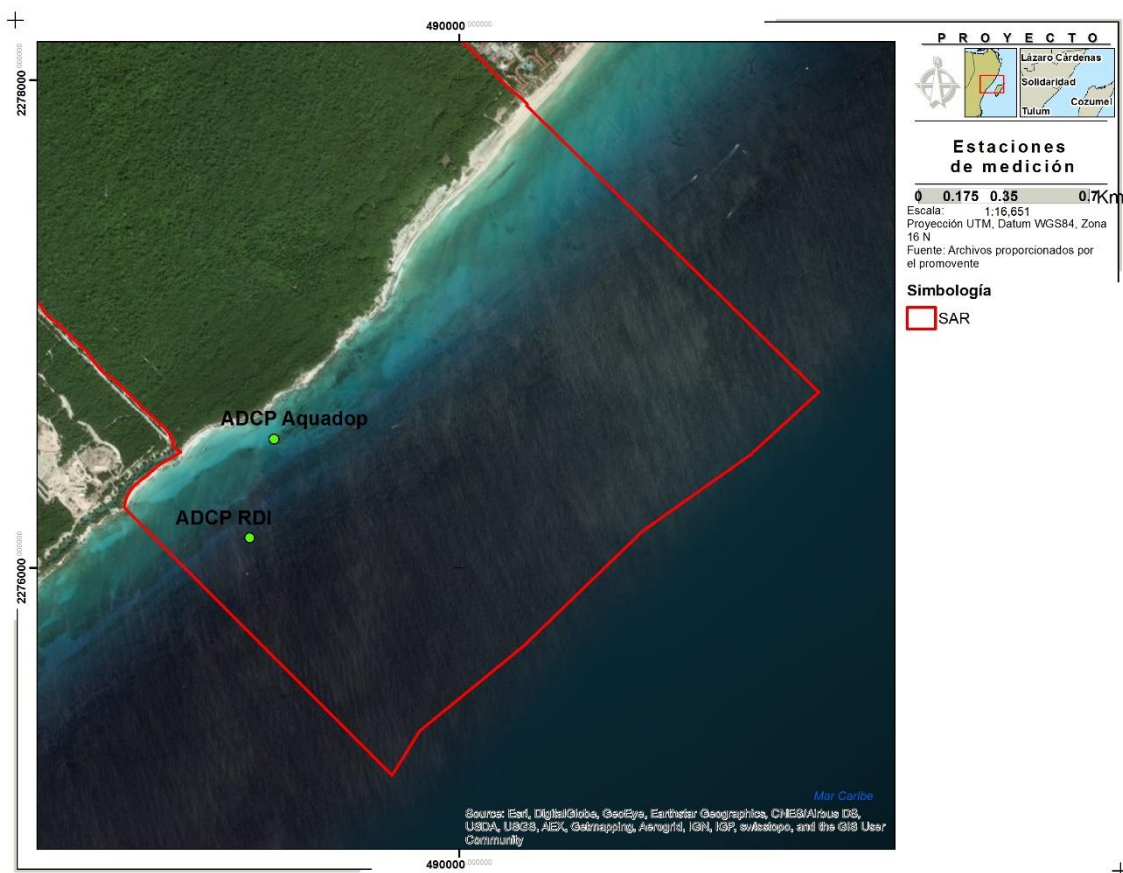


Por lo general, la salinidad se comporta muy similar durante todo el año, con valores entre 36 ups y 36.4 ups, con excepción de los meses lluviosos, donde puede experimentar descensos cercanos a los 26°C.

La componente principal de la corriente en la escala del SAR es la norte-sur, la cual tiene una dirección predominante hacia el norte con valores superiores a los 1.2 m s-1 (Ver la figura anterior).

Durante los muestreos de campo se realizaron mediciones con Perfiladores de Corriente Acústico Doppler (ADCP) en dos sitios dentro del SAR marino (Ver la siguiente figura).

Figura IV-44. Localización de las estaciones.



Para las mediciones se empleó un ADCP Aquadop de 1000 kHz el cual se instaló cerca de la costa a una profundidad de 7 m, y un ADCP RDI de 1200 kHz instalado a 16 m de profundidad (Ver la siguiente tabla).

Tabla IV-3. Coordenadas de instalación de los ADCP.

Estación	Frecuencia (kHz)	Longitud Oeste	Latitud Norte	Profundidad (m)
ADCP Aquadop	1000	-87.10325	20.58775	7
ADCP RDI	1200	-87.1042	20.5841	16

Las magnitudes de temperatura y corrientes medidas para el mes de agosto correspondieron a los resultados del CMEMS para la zona del SAR, mostrando un patrón muy similar. Las siguientes figuras muestran los resultados de los registros de temperatura, variación de la superficie libre y componentes de la corriente para las estaciones ADCP Aquadop y ADCP RDI, respectivamente.

Las magnitudes de la corriente cercana a la costa (ADCP Aquadop), con una columna de agua de aproximadamente 7 m, muestran que las magnitudes máximas de la corriente no superan los 0.4 m s^{-1} , manteniendo un patrón muy similar en toda la columna de agua.

Figura IV-45. Series de tiempo de temperatura, variación de la superficie libre, componentes u (E-W) y v (N-S) registradas en la estación ADCP Aquadop entre el 2 y el 6 de agosto del 2016.

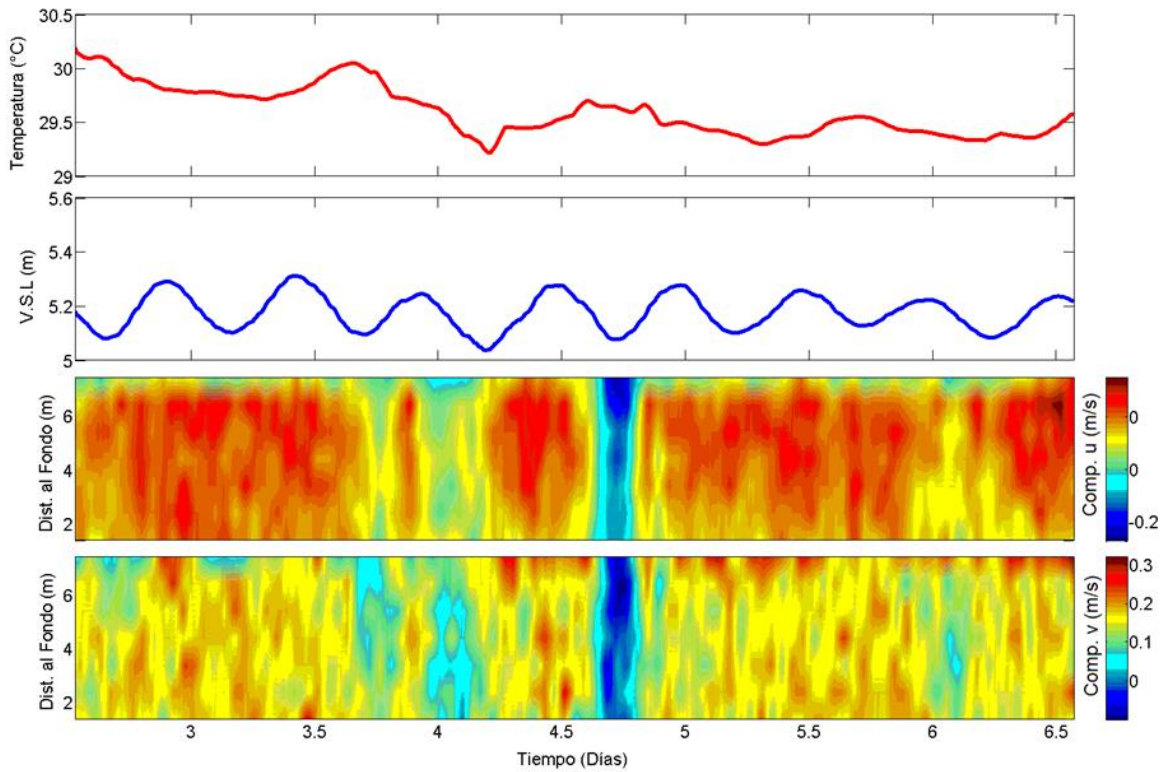
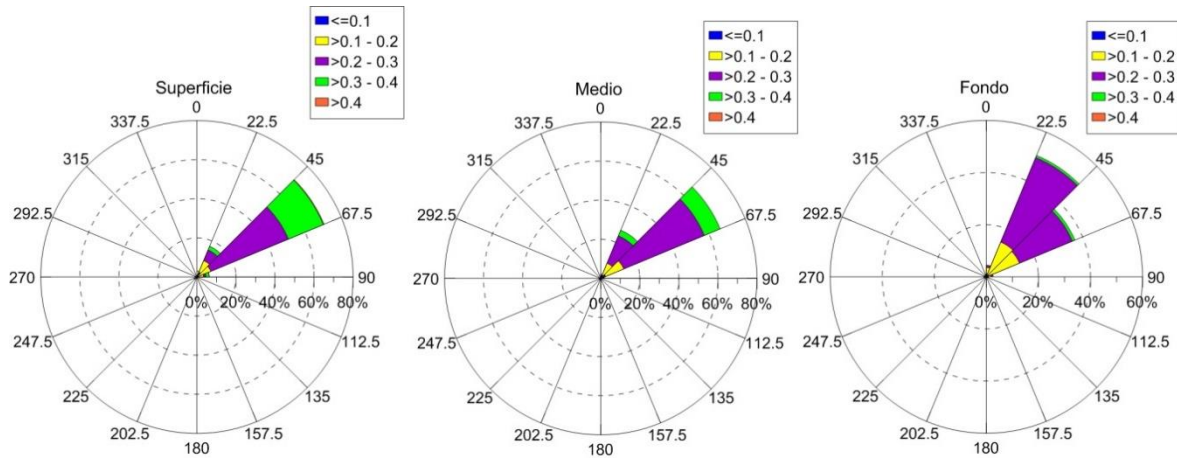


Figura IV-46. Rosas de corriente en superficie, medio y fondo, registradas en la estación ADCP Aquadop entre el 2 y el 6 de agosto del 2016.



En la estación más alejada de la costa (ADCP RDI), localizada a una profundidad de aproximadamente 16 m, los registros mostraron magnitudes en superficie y media agua de hasta 0.9 m s⁻¹, más del doble que las registradas cerca de la costa. Cerca del fondo, los valores máximos registrados fueron de 0.7 m s⁻¹ (Ver las siguientes figuras).

Figura IV-47. Series de tiempo de temperatura, variación de la superficie libre, componentes u (E-W) y v (N-S) registradas en la estación ADCP RDI entre el 2 y el 6 de agosto del 2016.

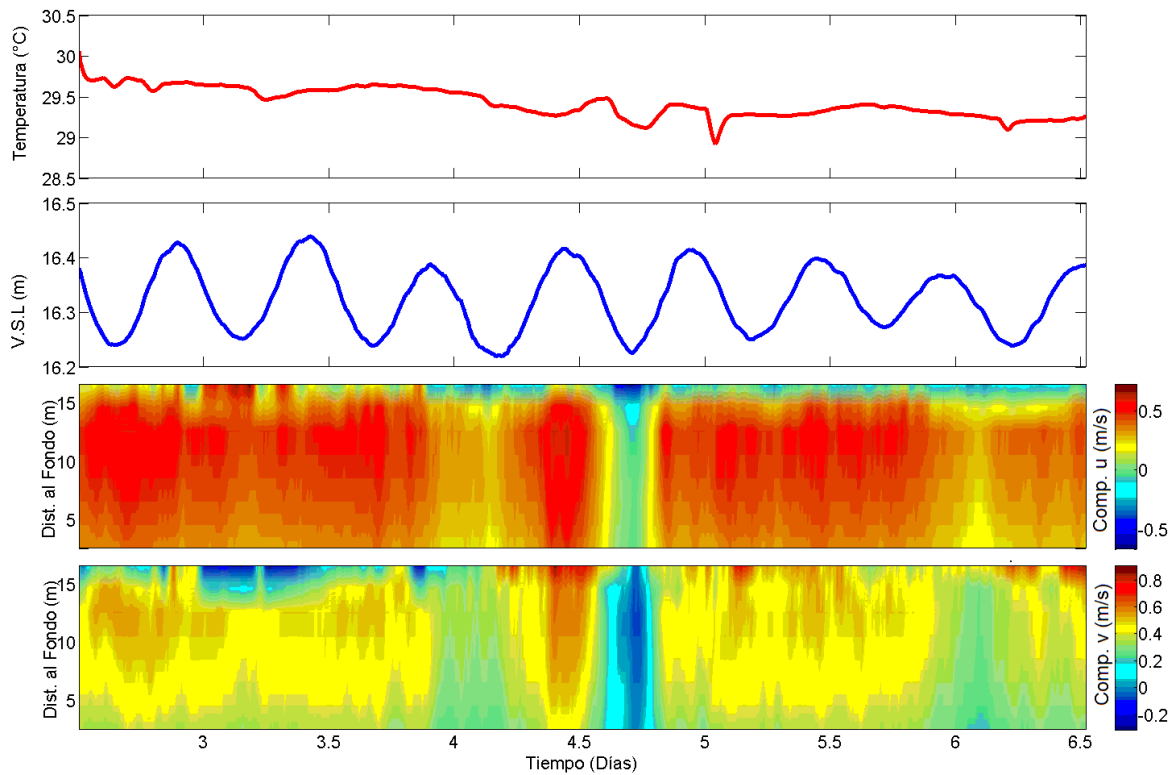
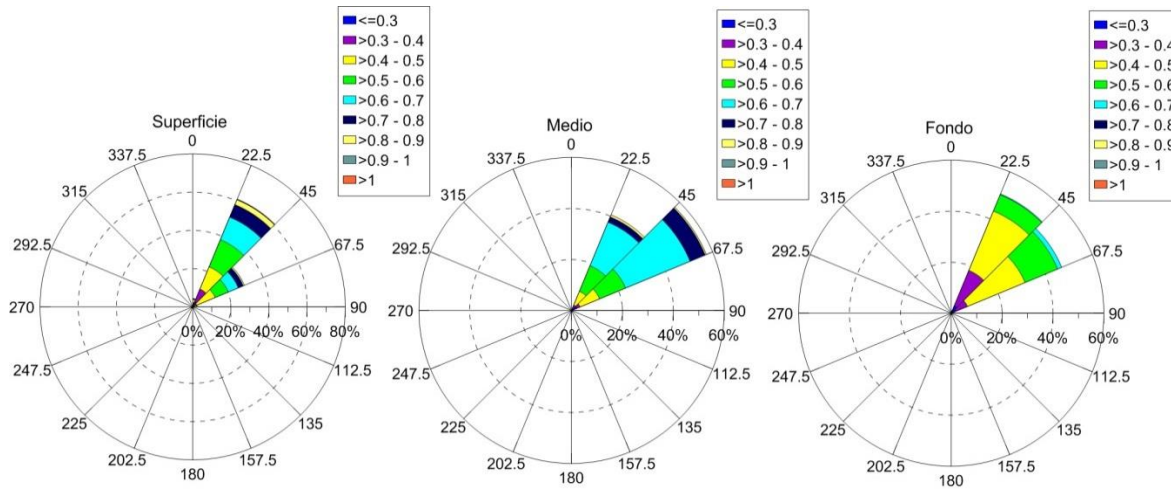


Figura IV-48. Rosas de corriente en superficie, medio y fondo, registradas en la estación ADCP RDI entre el 2 y el 6 de agosto del 2016.



Las rosas de corrientes para ambas estaciones muestran un patrón con dirección predominante de las corrientes hacia el noreste.

De forma complementaria se realizó un segundo estudio hidrodinámico más reciente de mediciones insitu, mediante 2 métodos básicos: el Euleriano, donde se mide una corriente en un punto fijo sobre un intervalo de tiempo, y el Lagrangiano, donde algún mecanismo es inducido a moverse con el fluido y su posición en el espacio es medida sobre un intervalo de tiempo.

Método Euleriano

Para este método se monitorea el flujo en un punto específico. La ventaja sobresaliente es, por supuesto, el hecho de que se puede instalar un aparato autogregistrador por un largo período de tiempo; sin embargo, las mediciones eulerianas tienen sus desventajas.

A menos que se despliegue un gran número de correntómetros sobre una región costera y obtenga registros simultáneos, es imposible observar líneas de flujo, y por

lo tanto, un simple “mooring” no dará el dato necesario para estudiar un problema dado.

Algunos de los instrumentos que emplean el método Euleriano son los ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler), los cuales transmiten impulsos acústicos a la columna de agua. Las partículas en suspensión que arrastran las corrientes provocan ecos que se escuchan con el instrumento.

Los Ecos más profundos se asignan a las profundidades. Esto permite al ADCP formar perfiles verticales de velocidad de corriente que se mueven hacia el instrumento y responden con frecuencias diferentes, que las que se alejan. Este “efecto Doppler” acústico, hace posible medir la velocidad de la corriente y su dirección de forma muy exacta.

Método Lagrangiano

Para este método se puede utilizar cualquier objeto que pueda ser arrastrado por las corrientes superficiales.

Se pueden emplear objetos tan sencillos como cubetas a las cuales les colocan un GPS con el fin de poder obtener la trayectoria de la corriente en un intervalo de tiempo. Sin embargo, este tipo de objetos es afectado por viento y oleaje lo que influye en el vector resultante de dirección, es por ello que se empezó a emplear el uso de derivadores en forma de cruceta. Los paneles de las crucetas quedan situados por debajo de la superficie del agua lo que disminuye el arrastre por viento y aumenta el arrastre debido a las corrientes marinas.

Actualmente existen varios modelos de derivadores, algunos manejados de manera comercial dado que además de contar con sistemas GPS son integrados otros

sensores como son: CTD (Conductivity Temperature Depth), Medidores de concentración de salinidad, etc.

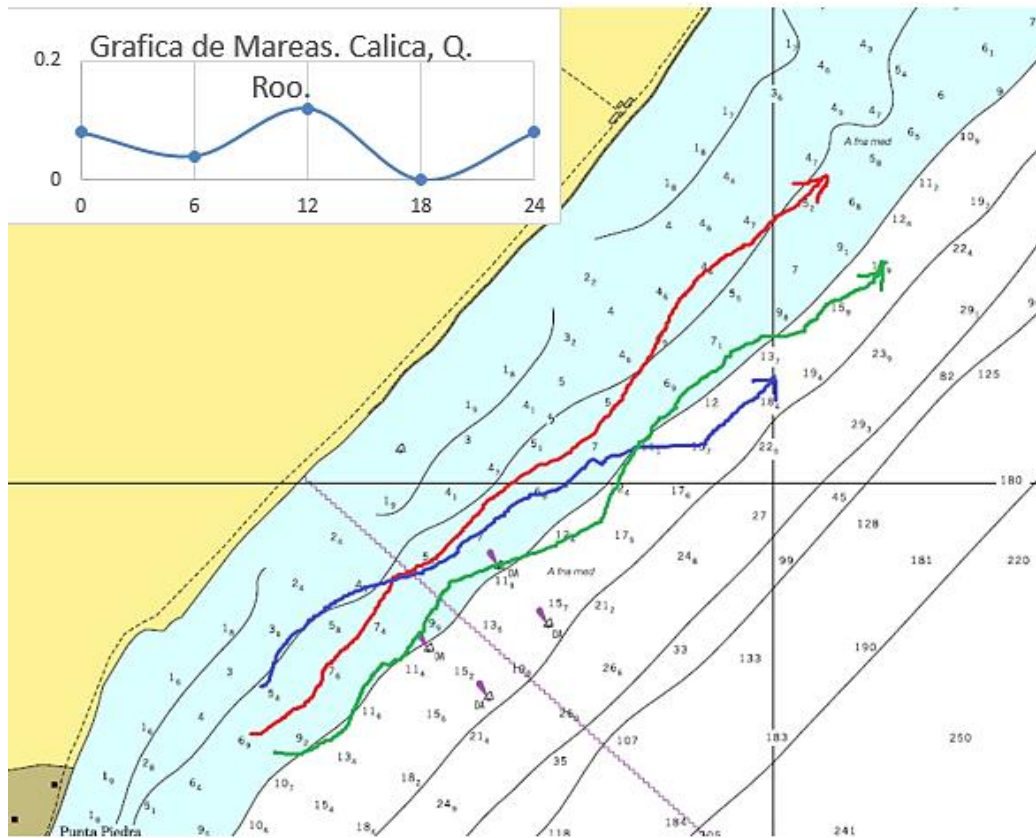
Para el caso del proyecto la medición de corrientes se realizó por el método LAGRANGIANO el cual es a base de veletas o crucetas a una profundidad aproximada de 2 metros sobre la superficie del agua, el tipo de veleta utilizado se muestra en la siguiente figura.

Figura IV-49. Veleta para medición de corrientes



De los datos correspondientes al primer día de medición los flotadores inician con trayectoria ENE, siguiendo paralelos a la costa con un rumbo Noreste, esto se observa en la siguiente figura, no se aprecia en general un cambio pronunciado en su dirección. Estos resultados coinciden con los resultados expuestos por las primeras mediciones de las corrientes que se realizaron en el 2016, y que se presentaron en los apartados anteriores.

Figura IV-50. Trayectoria de las corrientes superficiales



Las pantallas flotadoras fueron colocadas dentro de las siguientes coordenadas:

X = 489,467.7000, Y = 2,276,618.0500

En profundidades promedio de Z = - 7.5 m

El posicionamiento continuo de cada flotador y el tiempo transcurrido en su trayectoria permitió conocer la velocidad media. En la siguiente tabla se puede apreciar los datos de las mediciones.

Tabla IV-4. Datos de las mediciones de corrientes.

DIA	HR	PANTALLA	Vm (m/s)	DIRECCION
04-may	12:00	A1	21.3	NE
	14:00	B1	18.9	ENE
	15:30	A1	20.15	NE
	17:00	B1	20.75	NE

De acuerdo con la tabla la velocidad media es de 20.275 m/seg, también se observa en forma general la influencia de las mareas es mínimo.

En resumen, la trayectoria de la corriente es de NE.

Figura IV-51. Dirección y Velocidad de la corriente obtenida por el método LAGRANGIANO utilizando una Veleta para medición de corrientes



Conclusiones

Con la información obtenida y procesada utilizando el método indirecto denominado Lagrangiano, para el frente de la costa donde se pretende construir una marina para embarcaciones pequeñas, se determina que la dirección de la corriente tiene una resultante y una velocidad como se muestra a continuación:

$$V = 20.15 \text{ cm/ seg}$$

Dirección = Noreste

IV.3.2.3. Oleaje

El oleaje en el mar es producido principalmente por la fricción que generan los vientos sobre la superficie libre de las aguas oceánicas. Las olas generadas por el viento se producen con diferentes alturas y formas dependiendo de la dirección y magnitud de las fuerzas actuantes, tiempo, área de influencia y de las velocidades de impacto, lo cual indica que, tanto la fuerza actuante sobre la superficie libre del fluido, como la magnitud del desplazamiento son importantes en las variaciones de sus características (altura, longitud y periodo).

En condiciones meteorológicas normales, el oleaje presenta diversas características en altura, periodo, y dirección, sin embargo, estas se ven alteradas e incrementadas bajo la presencia de condiciones extraordinarias como son ciclones tropicales en sus diferentes etapas de formación, las cuales forman olas de características extraordinarias dependiendo de la magnitud del evento

meteorológico y de la cercanía con el punto de estudio, pero en periodos temporales muy cortos (exclusivamente durante la presencia del evento).

Debido a las formaciones de oleaje mencionadas, este fenómeno es analizado para condiciones normales y extraordinarias de forma independiente.

a) Oleaje normal

Para analizar el comportamiento del oleaje se requirió de un sistema de pronóstico de los campos de viento, modelo WAVEWATCH III®

Las predicciones operacionales de las olas oceánicas de NOAA / NWS / NCEP usan el modelo WAVEWATCH III® utilizando los productos operativos NCEP como entrada.

WAVEWATCH III® (Tolman 1997, 1999a, 2009) es un modelo de onda de tercera generación desarrollado en NOAA / NCEP en el espíritu del modelo WAM (WAMDIG 1988, Komen et al., 1994). Es un desarrollo adicional del modelo WAVEWATCH, desarrollado en la Universidad Tecnológica de Delft (Tolman 1989, 1991a) y WAVEWATCH II, desarrollado en la NASA, Goddard Space Flight Center (Tolman 1992). WAVEWATCH III®, sin embargo, difiere de sus predecesores en muchos puntos importantes como las ecuaciones de gobierno, la estructura del modelo, los métodos numéricos y las parametrizaciones físicas. Además, evoluciona de un modelo de onda a un modelo de modelado de ondas, lo que permite un fácil desarrollo de enfoques físicos y numéricos adicionales para el modelado de oleaje.

WAVEWATCH III® resuelve la ecuación de balance de densidad de la acción espectral de la fase aleatoria para espectros de dirección de número de onda. La suposición implícita de esta ecuación es que las propiedades del medio

(profundidad y corriente del agua) así como el propio campo de ondas varían en escalas de tiempo y espacio que son mucho más grandes que las escalas de variación de una sola onda. Se han incluido algunas opciones de término fuente para aguas extremadamente superficiales (zona de oleaje), así como mojado y secado de puntos de rejilla. Mientras que la física de la zona de surf implementada hasta ahora sigue siendo bastante rudimentaria, sí implica que el modelo de onda puede aplicarse ahora a aguas superficiales arbitrarias.

El régimen (o clima) medio de oleaje representa el comportamiento del fenómeno en las condiciones reinantes o más frecuentes.

Para la relación de alturas y periodos de ola, se denomina el régimen (o clima) medio escalar de oleaje, y si se considera la dirección, el régimen se identifica como régimen (o clima) medio direccional. Los datos sujetos de análisis proceden de la base de datos con series de tiempo de varios años, que proporcionen datos de los parámetros que caracterizan el oleaje (altura, periodo, y dirección) en aguas profundas, de cuyo análisis se establece las condiciones reinantes o más frecuentes.

La fuente de información utilizada fue de la NOAA que proporciona datos de carácter escalar – direccional en aguas profundas en la coordenada latitud 20.83° N y longitud 86.67° W, que es la coordenada más adecuada para recopilar esta información, considerando la separación que ofrece esta plataforma para la obtención de datos, los cuales corresponden al periodo de 01 feb de 2005 al 31 de dic de 2016, completando un registro de 11 años.

Se presentan histogramas de oleaje relativos a los resultados del procesamiento anual de todos los datos de la serie de tiempo, correspondiente a las frecuencias de

las alturas y periodos, clasificados para distintos rangos. Estas gráficas representan el estado del mar a largo plazo.

Altura de ola

Para identificar las alturas de ola que se presentan en el área del proyecto, se hace una agrupación en rangos, ya que de esta forma se puede discretizar de mejor manera el gran número de observaciones que se presenta en la base de datos; como parte del estudio se realizaron grupos con intervalos de 0.5 m; iniciando en el rango de alturas de ola que están entre 0 y 0.5 m, el segundo grupo corresponde a alturas de ola que están entre 0.5 y 1.0 m y así sucesivamente.

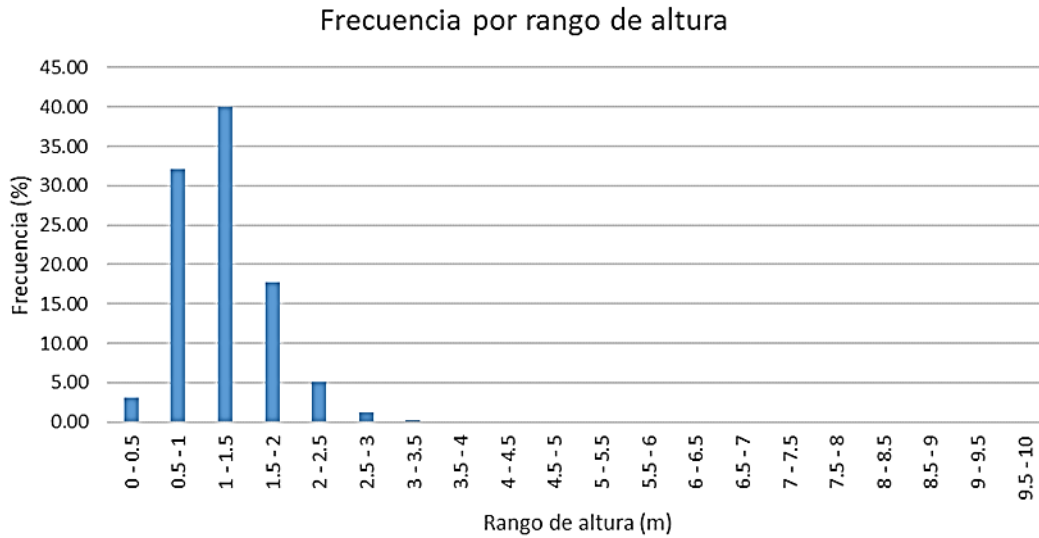
Las frecuencias de los rangos de altura de ola, se presentan en la siguiente tabla y en la figura siguiente, se observa gráficamente la distribución de alturas. Es importante indicar que estos valores incluyen las observaciones realizadas en presencia de eventos meteorológicos extraordinarios durante un periodo de 11 años (2005 – 2016).

Tabla IV-5. Frecuencia (%) de los rangos de alturas de oleaje de la región Quintana Roo.

Rango de altura de Ola (m)	Frecuencia (%)
0 - 0.5	3.17
0.5 - 1	32.18
1 - 1.5	40.06
1.5 - 2	17.80
2 - 2.5	5.13
2.5 - 3	1.24
3 - 3.5	0.24
3.5 - 4	0.04
4 - 4.5	0.01
4.5 - 5	0.01
5 - 5.5	0.01
5.5 - 6	0.03
6 - 6.5	0.01

Rango de altura de Ola (m)	Frecuencia (%)
6.5 - 7	0.01
7 - 7.5	0.02
7.5 - 8	0.01
8 - 8.5	0.00
8.5 - 9	0.00
9 - 9.5	0.00
9.5 - 10	0.01

Figura IV-52. Histograma de Altura de ola, región, Quintana Roo.



Como se puede apreciar las alturas de ola entre los rangos 0.5 a 1.5 suman casi el 75% de acción y de 1.5 a 2.5 el 23% lo que da a denotar que las alturas de ola superiores a 2.5 y menores a 0.5 tienen menos del 2% de acción

Figura IV-53. Probabilidad de Excedencia del Oleaje.



Como se puede observar la probabilidad de que la ola exceda los 2.5 m de altura es de menos del 10% del tiempo y de que sea mayor de 3 m es del 1.67 %.

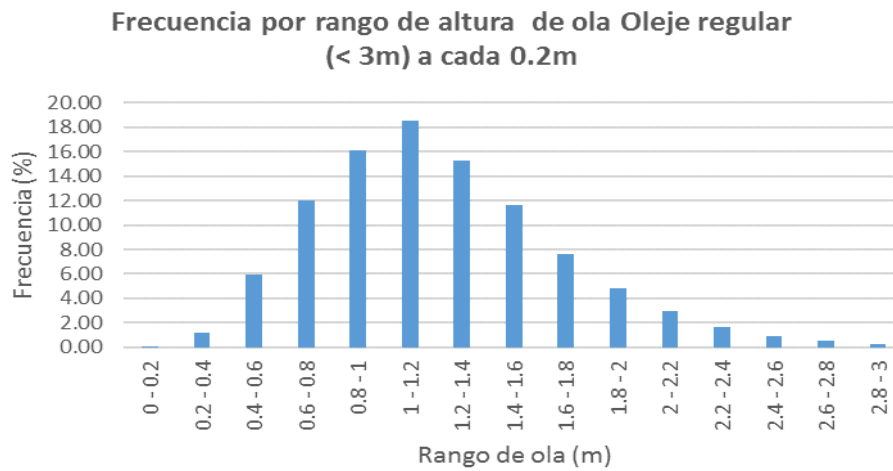
En la siguiente tabla y figura se muestran las alturas de ola menores a 3 m, (oleaje normal), en esta segmentación (rangos de 0.2 m) se puede observar que la frecuencia más alta corresponde a las olas entre 1.0 y 1.2 m (18.5 %), la formación del histograma muestra una campana de Gauss bien definida, en donde el pico es el rango de 1 a 1.2 m, y descendente hacia ambos lados, identificando que los rangos entre 0.6 y 1.6 superan en todos los casos el 10 %, lo que de manera conjunta resulta en el 73.5 %, valores superiores a los 1.6 m en oleaje normal representan una frecuencia de 18.8 %.

Tabla IV-6. Frecuencia (%) de los rangos de alturas de oleaje regular de 0 a 3 m de la región de Quintana Roo.

Rango de altura de Ola (m)	Frecuencia (%)
0 - 0.2	0.04
0.2 - 0.4	1.19
0.4 - 0.6	5.99
0.6 - 0.8	12.01
0.8 - 1	16.13

Rango de altura de Ola (m)	Frecuencia (%)
1 - 1.2	18.48
1.2 - 1.4	15.30
1.4 - 1.6	11.62
1.6 - 1.8	7.66
1.8 - 2	4.80
2 - 2.2	2.93
2.2 - 2.4	1.69
2.4 - 2.6	0.94
2.6 - 2.8	0.50
2.8 - 3	0.31

Figura IV-54. Histograma de Altura de ola entre 0 y 3 m de la región de Quintana Roo.



Altura de ola significativa

Para caracterizar el régimen de oleaje medio mensual, estacional y anual, se consideró el conjunto de datos para estos periodos de análisis, equivalentes a un registro continuo de oleaje, sin embargo, cada dato de altura de la base de datos en el análisis es reportado como el significativo; por tanto, se determinó el oleaje característico para cada periodo, denominado oleaje significativo global.

La altura de ola significativa fue introducida por Sverdrup y Munk en 1947, habiéndose comprobado que este valor coincide aproximadamente con el valor observado y reportado en las bases de datos de orden visual. La altura de ola significativa se obtiene estimando el promedio del tercio de olas más altas del universo de datos que se tenga de información, es decir, los datos de las alturas de ola son ordenados de mayor a menor, y a la tercera parte de los datos de mayor valor se le calcula el promedio aritmético.

El valor de la altura de ola significativa global a nivel anual, se estimó en función del universo de datos con que se cuenta para la región de Quintana Roo, del orden de:

$$H_{1/3} = 1.77 \text{ m} \approx 1.8 \text{ m}$$

En la siguiente tabla, se presentan los resultados estimados para la altura de ola significativa ($H_{1/3}$) de orden anual, y mensual.

Tabla IV-7. Altura de ola significativa anual y mensual, en la región de Quintana Roo.

	H_{media}	$H_{1/2}$	$H_{1/3}$	$H_{1/10}$
ANUAL	1.22	1.60	1.77	2.24
ENERO	1.48	1.90	2.10	2.60
FEBRERO	1.35	1.66	1.79	2.14
MARZO	1.39	1.78	1.93	2.32
ABRIL	1.23	1.55	1.68	2.05
MAYO	1.11	1.42	1.57	1.96
JUNIO	1.24	1.60	1.75	2.23
JULIO	1.14	1.40	1.51	1.87
AGOSTO	0.94	1.22	1.37	1.89
SEPTIEMBRE	0.89	1.19	1.34	1.78
OCTUBRE	1.15	1.58	1.80	2.58
NOVIEMBRE	1.33	1.71	1.87	2.27
DICIEMBRE	1.40	1.78	1.94	2.29

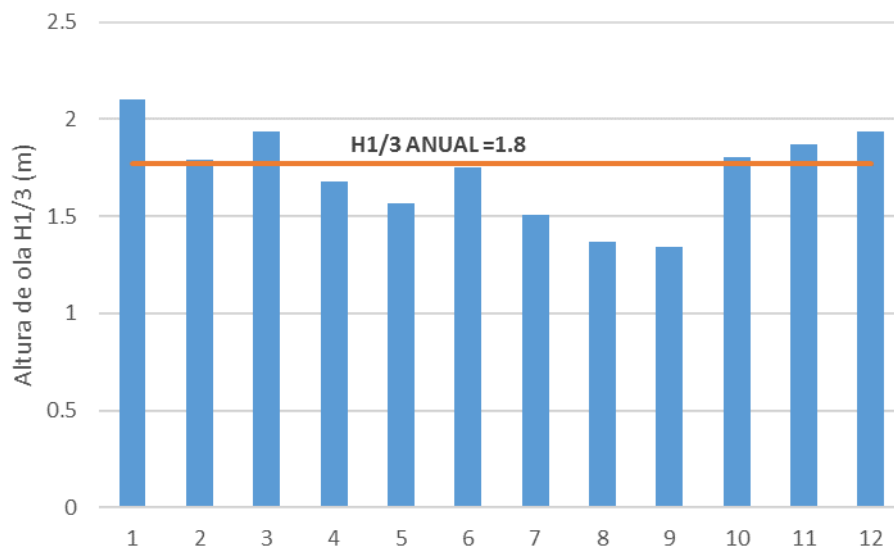
En la siguiente tabla se muestra la altura de la ola en su carácter estacional.

Tabla IV-8. Altura de ola significativa anual y estacional, en la región de Quintana Roo.

	H _{media}	H _{1/2}	H _{1/3}	H _{1/10}
ANUAL	1.22	1.60	1.77	2.24
Invierno	1.41	1.79	1.96	2.40
Primavera	1.21	1.55	1.70	2.07
Verano	1.04	1.35	1.50	1.95
Otoño	1.22	1.64	1.82	2.35

Referente a la altura de ola significativa $H_{1/3}$, en la figura siguiente se muestra el valor mensual y anual, en la grafica se identifica la altura significativa anual mediante una línea horizontal y, las magnitudes correspondientes a la altura significativa mensual, se muestran mediante un gráfico de barras; Es importante aclarar, que estos valores son los valores estimados para la región de aguas profundas, entendiendo que en su trayecto hacia la costa, el oleaje entra a la zona de aguas poco profundas, donde sus características iniciales se modifican por los efectos de refracción, difracción y reflexión que sufren a consecuencia de los cambios de fondo, y otros cuerpos que alteren su propagación.

Figura IV-55. Comparación de la Altura de oleaje significativa $H_{1/3}$ anual vs Altura de ola significativa mensual, en aguas profundas de la región de Quintana Roo.

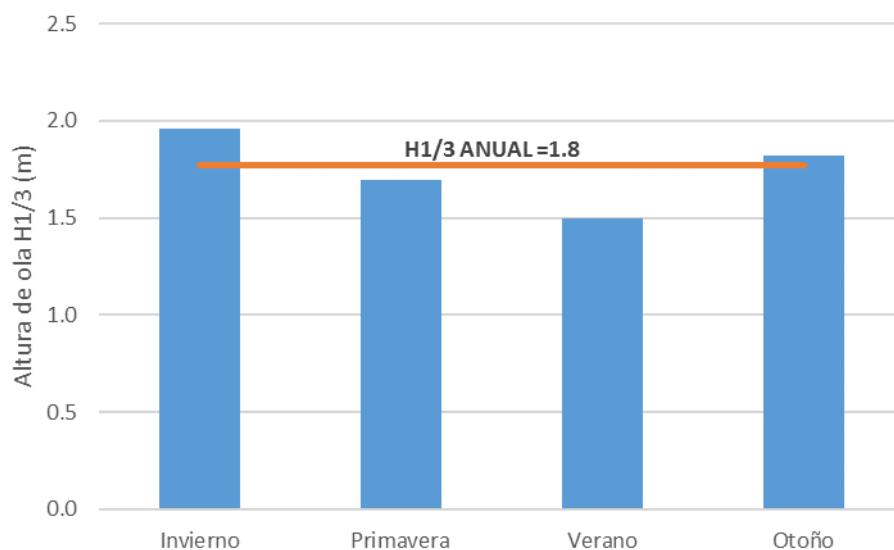


En el gráfico anterior se puede observar que los meses iniciales (enero, febrero, marzo) y finales (octubre, noviembre, diciembre), presentan valores superiores al significativo anual, y los meses entre abril y septiembre muestran un valor menor que el valor anual. Por lo general, este tipo de gráficas muestra una asociación con la temporada de huracanes (mayo a noviembre), aunque en este caso, las olas de gran altura por su frecuencia no muestran relevancia en el valor significativo; el mes de enero es el mes con mayor altura de ola significativa mensual, los meses de mayo a septiembre muestran valores menores al anual y particularmente los meses de agosto y septiembre muestran los menores valores.

En la siguiente figura, se observa el mismo ejercicio descrito, pero con la superposición de la altura de oleaje significativo anual, y los estimados estacionales. En este gráfico se observa las estaciones de primavera y verano con valores inferiores al valor anual, y de manera inversa, las estaciones de otoño e invierno, superan el valor anual.

Durante invierno se muestra el valor más grande para la altura de ola significativa con 1.96 m, y en contra parte, el verano es la estación que muestra el valor más pequeño para la altura de ola significativa de 1.5 m.

Figura IV-56. Comparación de la Altura de oleaje significativa $H_{1/3}$ anual vs la Altura significativa estacional, en aguas profundas de Quintana Roo.



Periodo de ola

Para el análisis estadístico del periodo (T), el conjunto de valores se ha agrupado en rangos de tiempo de intervalos de 1 segundo.

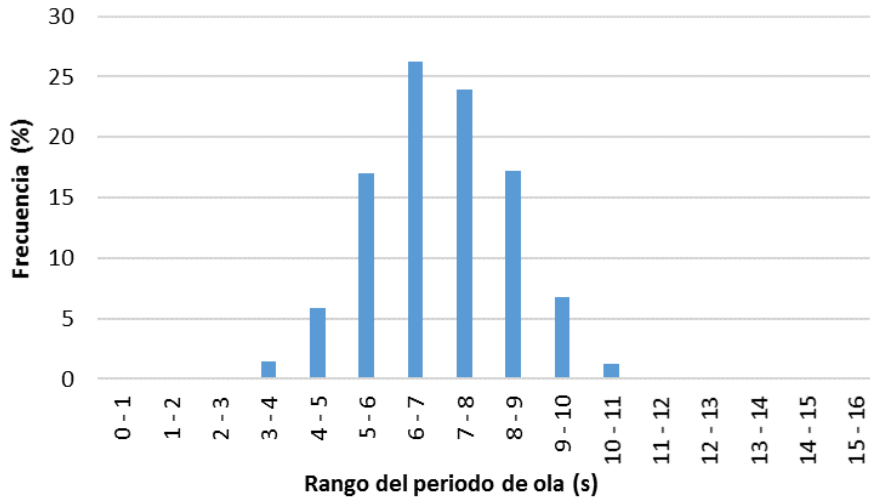
La tabla siguiente se presenta la distribución de frecuencias de los rangos de periodo de ola; entre los 0 y 2 segundos, no se identificó ninguna observación de oleaje, por ello, en la tabla, el rango inicial corresponde al de 2 a 3 s, y las observaciones correspondientes al periodo más largo identificado corresponden al rango de 15 a 16 s.

Los rangos de 6-7 y de 7-8 representan una cuarta parte cada uno (26.3 y 23.4 % respectivamente) lo que de manera conjunta representan la mitad de las frecuencias (50.2 %) el valor mínimo es para los rangos de 14-15 y 15 -16 s con una frecuencia cada uno de 0.01%, en la figura siguiente se puede apreciar la distribución de los rangos de periodo de ola, identificando una campana de Gauss muy simétrica con el pico en el rango de 6-7 segundos.

Tabla IV-9. Frecuencia de Periodos de oleaje, para la región de Quintana Roo.

Periodo de ola (s)	Frecuencia (%)
2 - 3r	0.07
3 - 4r	1.41
4 - 5	5.83
5 - 6	16.97
6 - 7	26.27
7 - 8	23.93
8 - 9	17.17
9 - 10	6.77
10 - 11	1.28
11 - 12	0.15
12 - 13	0.08
13 - 14	0.04
14 - 15	0.01
15 - 16	0.01

Figura IV-57. Histograma de Periodo de ola, en el frente marítimo de la región de Quintana Roo.



Periodo de ola significativa

De manera similar a la determinación de la altura de oleaje significativa global anual, se realizó el cálculo para obtener el valor del periodo significativo global anual, que resultó ser:

$$T_{1/3} = 8.59 \text{ s} \approx 8.6 \text{ s.}$$

En las siguientes tablas se muestran los valores de periodo estimados bajo la misma teoría descrita en el capítulo correspondiente a altura de ola significativa.

Tabla IV-10. Periodo de ola significativa anual y mensual, Quintana Roo.

	T_{medio}	$T_{1/2}$	$T_{1/3}$	$T_{1/10}$
ANUAL	7.02	8.16	8.59	9.51
ENERO	7.46	8.61	9.04	9.84
FEBRERO	7.10	8.14	8.57	9.34
MARZO	6.90	7.90	8.31	9.30
ABRIL	6.64	7.61	8.03	8.96
MAYO	6.62	7.80	8.22	9.06
JUNIO	7.64	8.67	8.99	9.71
JULIO	8.11	9.04	9.32	9.97
AGOSTO	7.01	8.16	8.49	9.25
SEPTIEMBRE	6.41	7.52	7.87	8.69
OCTUBRE	6.43	7.51	7.97	9.38
NOVIEMBRE	6.67	7.55	7.91	8.76
DICIEMBRE	7.25	8.31	8.74	9.74

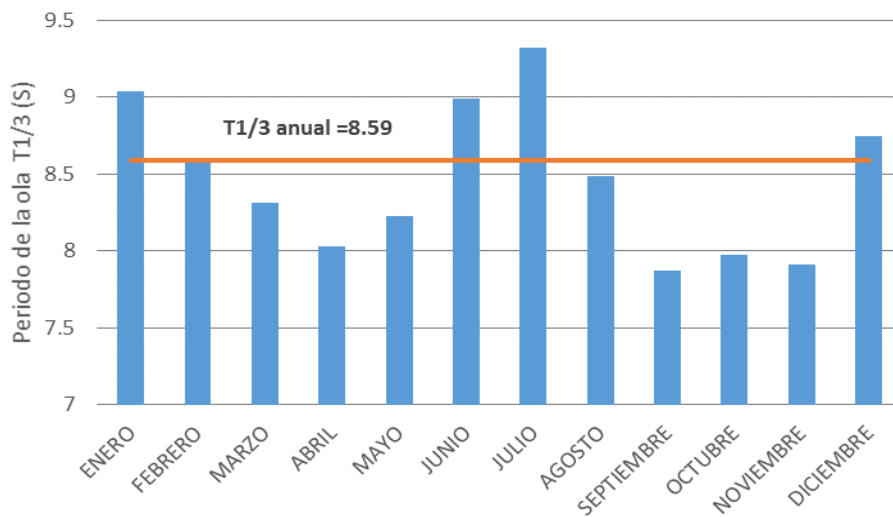
Tabla IV-11. Periodo de ola significativa anual y estacional, Quintana Roo.

	T_{medio}	$T_{1/2}$	$T_{1/3}$	$T_{1/10}$
anual	7.02	8.16	8.59	9.51
Primavera	7.22	8.33	8.77	9.63
Verano	6.83	7.93	8.34	9.17
Otoño	7.40	8.58	8.93	9.70
Invierno	6.63	7.65	8.05	9.19

La figura siguiente muestra los resultados de los periodos significantes $T_{1/3}$ estimados (columna 4) de las tablas anteriores, el comportamiento es distinto a los observados en el capítulo anterior (altura significante), aunque durante los meses iniciales y finales se presentan valores superiores al valor anual, en los meses de junio y julio existe un pico en el periodo de ola significativa mensual, superior al valor anual.

El periodo más largo corresponde al del mes de julio con 9.3 s, mientras que los meses de enero, junio y diciembre que también superan el valor anual muestran valores de 9.04, 8.99 y 8.74 respectivamente, el valor más bajo en contraparte se muestra en los meses de septiembre, octubre y noviembre con valores de 7.87, 7.97 y 7.91 segundos respectivamente.

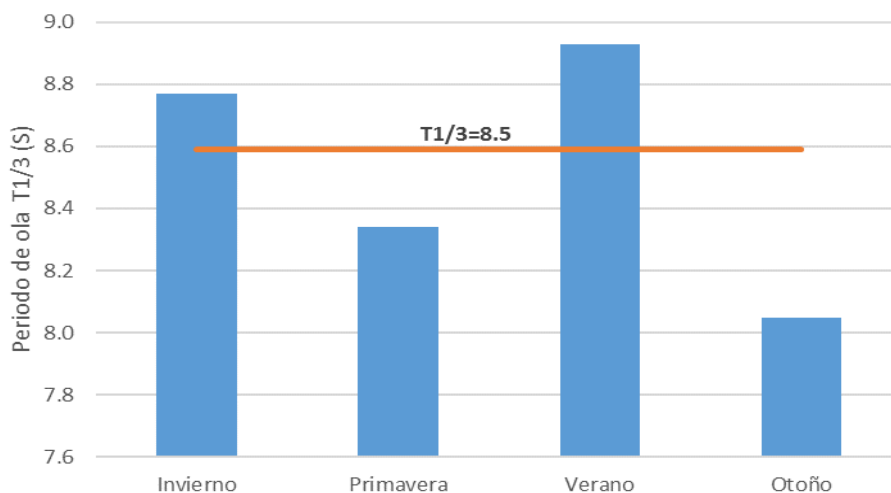
Figura IV-58. Comparación del periodo de oleaje significativo $T_{1/3}$ anual vs la Altura de ola significativa mensual, en la región de Playa del Carmen, Quintana Roo.



En el régimen estacional, durante invierno y verano se muestran los valores mayores (superiores al valor anual) con 8.8 y 8.9 s respectivamente, mientras que en primavera y otoño los valores son menores al anual, con 8.3 y 8 s. en el siguiente

gráfico si se muestra el efecto de los eventos ciclónicos en la dinámica del periodo de ola mensual y estacionalmente.

Figura IV-59. Comparación del periodo de oleaje significativo $T_{1/3}$ anual significativa estacional, en la región de Playa del Carmen, Quintana Roo.



Régimen Direccional de Oleaje

La dirección del oleaje identifica la procedencia de éste en dirección del punto de interés. Para el análisis las direcciones corresponden a las direcciones de la rosa de puntos cardinales, en una subdivisión de 16 direcciones (N, NNE, NE, ENE, E, ESE, SE, SSE, S, SSW, SW, WSW, W, WNW, NW y NNW).

De estas gráficas se definen el oleaje reinante y los regímenes de oleaje medio escalar y direccional respectivamente.

En tabla siguiente, se muestran los resultados de las frecuencias de oleaje agrupadas en las direcciones indicadas de forma numérica. Sin embargo, en la figura siguiente se muestra la distribución por dirección, en rangos de 5°,

considerando que esta gráfica muestra de manera más real, la distribución direccional del oleaje.

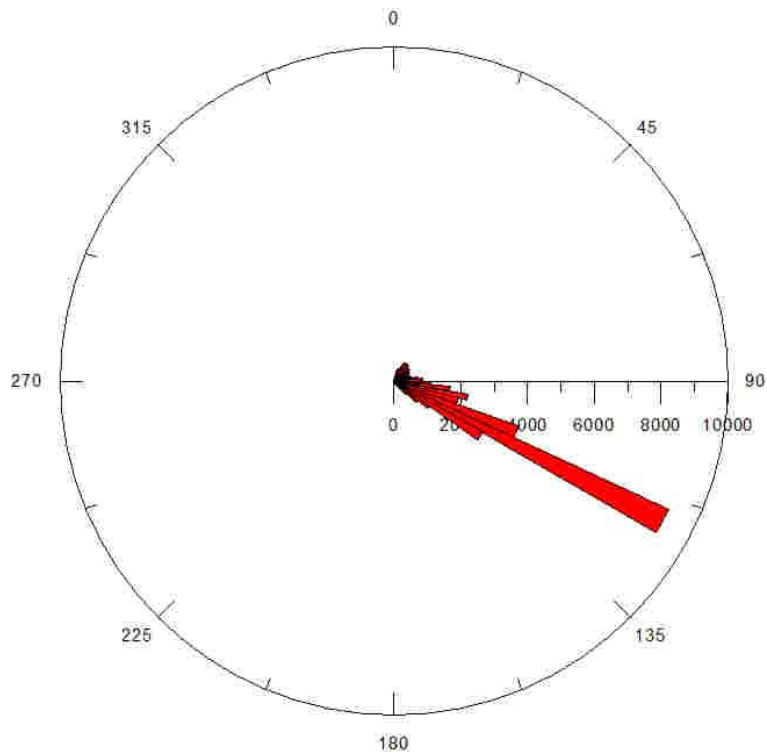
Tabla IV-12. Frecuencia de alturas de oleaje por dirección, de la región, Quintana Roo.

DIRECCIÓN	FRECUENCIA (%)
N	0.37
NNE	5.37
NE	7.50
ENE	6.37
E	14.31
ESE	55.63
SE	9.82
SSE	0.45
S	0.03
SSW	0.01
SW	0.00
WSW	0.01
W	0.01
WNW	0.03
NW	0.03
NNW	0.05

De la tabla anterior, se identifica que la dirección con mayor frecuencia corresponde a la zona entre E, ESE y SE (14.31, 55.63 y 9.82% respectivamente), en esta región se concentra el 80 % de las observaciones.

La siguiente figura, representa en forma gráfica la frecuencia de las direcciones, en intervalos de 5°, esta imagen coincide con la tabla anterior, pues las direcciones mencionadas, están entre los 90 y 135° considerando el 0° en la dirección norte y abriendo la angulación en el sentido de las manecillas del reloj.

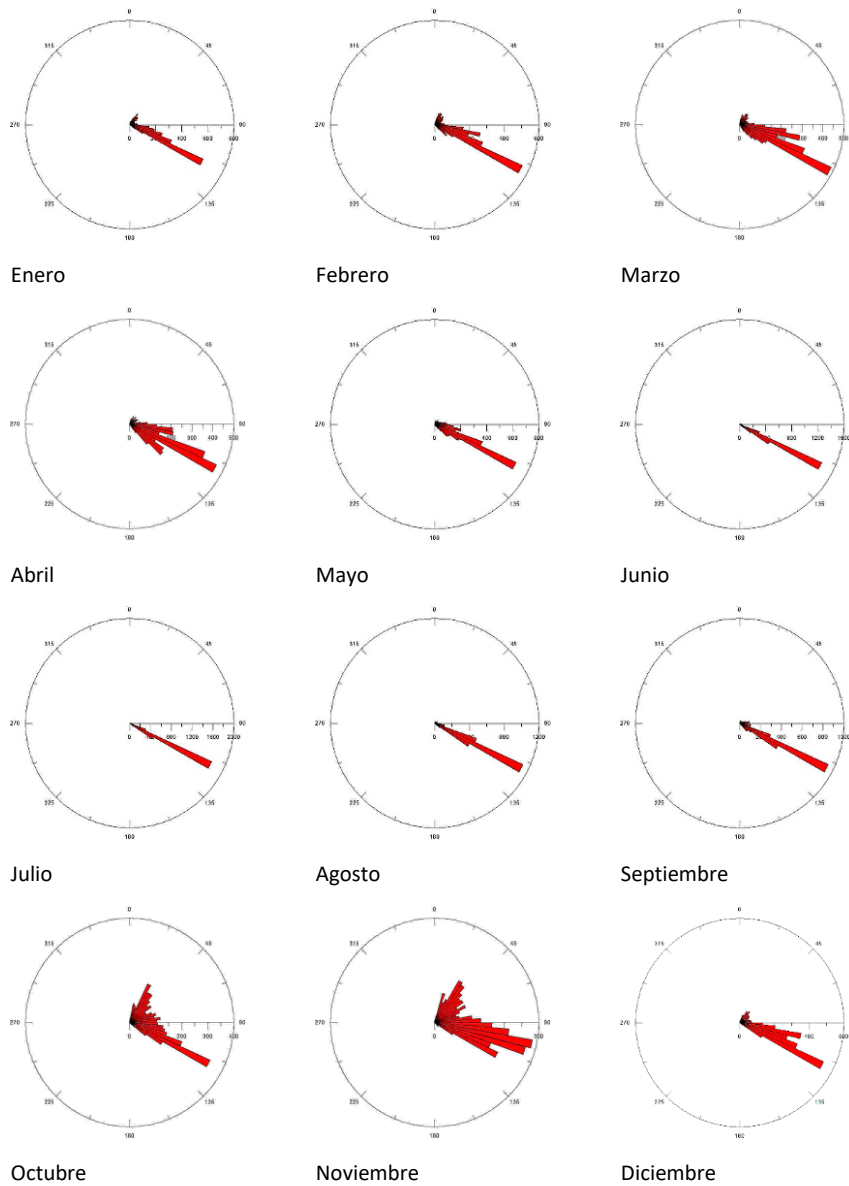
Figura IV-60. Dirección de oleaje, Frente marítimo, Quintana Roo.



Como se puede observar, en el ángulo entre los 100° y 120° muestra casi el total de frecuencias, con una frecuencia muy marcada en la dirección correspondiente a la ESE.

Este mismo procedimiento se realiza de manera mensual, y estacional, en la siguiente figura se muestran los resultados (rosa de oleaje) mensuales.

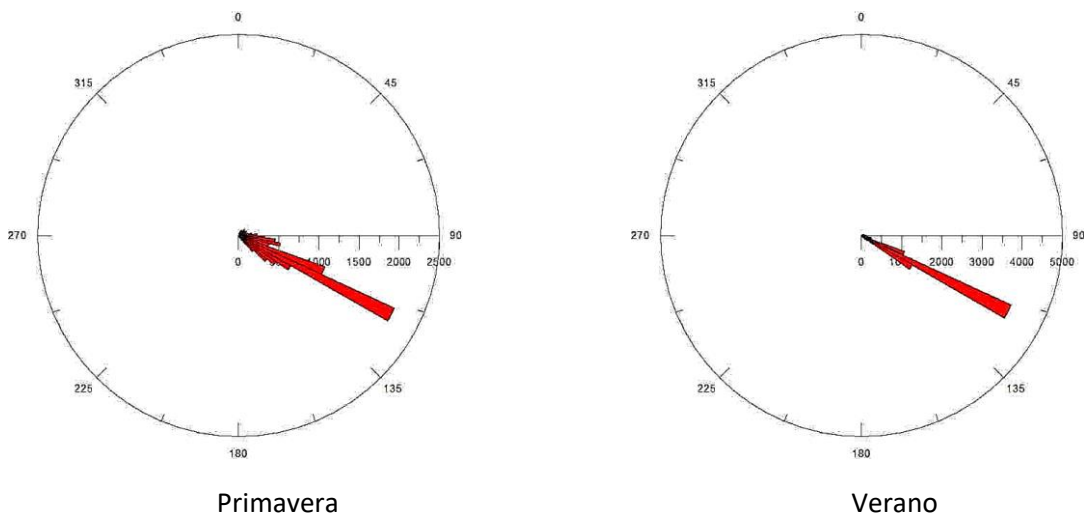
Figura IV-61. Dirección de oleaje mensual, Frente marítimo de Playa del Carmen, Quintana Roo.

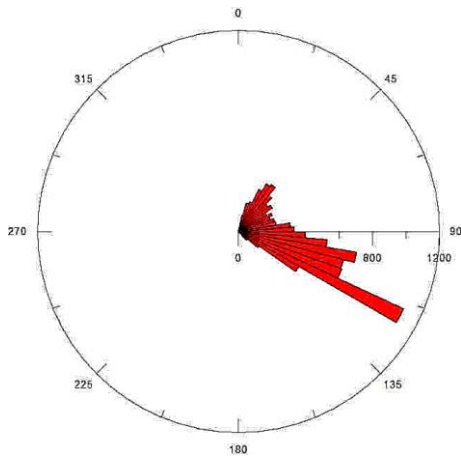


En la siguiente figura se muestran los resultados estacionales. Aunque en los resultados gráficos se aprecian las diferencias en las rosas de oleaje obtenidas, las tendencias son las mismas en todos los meses, encontrando el grueso de las

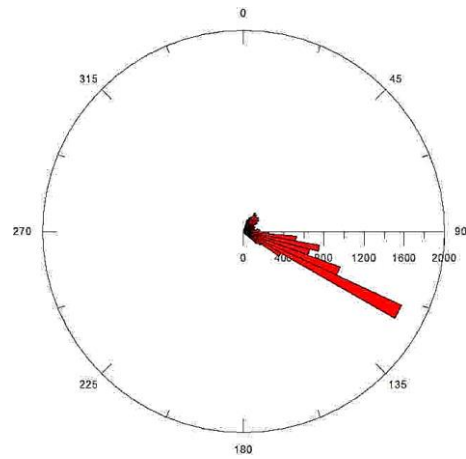
frecuencias en la misma dirección ESE, aunque se observen otras direcciones en algunos meses como en octubre y noviembre en donde el rango de frecuencias se distribuye además en otras direcciones, esta tendencia se presenta igual en el régimen estacional, en donde primavera y verano muestran su dirección ESE con casi el total de sus visualizaciones, mientras que otoño e invierno distribuyen más sus direcciones aunque no deja de ser la dirección ESE la principal.

Figura IV-62. Dirección de oleaje estacional, Frente marítimo de Playa del Carmen, Quintana Roo.





Otoño



Invierno

La tendencia del oleaje es arribar a la línea de playa de manera perpendicular, a pesar de que la dirección en aguas profundas no se presente de esta manera, los efectos de refracción provocan que el frente de olas busque esta alineación, sin embargo, esto depende de muchos factores, como es la dirección de ola, el fondo batimétrico, los obstáculos que tenga que librar el oleaje, entre otros factores.

Como resultado de este análisis, las direcciones a considerar en el estudio por su frecuencia e incidencia a la línea de costa son:

Tabla IV-13. Direcciones significativas de oleaje del frente marítimo en Playa del Carmen.

Dirección	Frecuencia (%)
E	14.31
ESE	55.63
SE	9.82

La dirección del oleaje tiende a ser perpendicular a la línea de costa aun desde aguas profundas

El análisis del oleaje presentado, caracteriza a éste mediante la distribución de la frecuencia individual de altura y periodo de las olas respecto a la dirección de incidencia, dando por resultado el oleaje reinante; sin embargo la representación integral del fenómeno que se refiere a la relación altura y periodo para el sector direccional se establece en las tablas de contingencia o referencias cruzadas, que son importantes en el análisis de la propagación del oleaje, desde aguas profundas hasta el sitio específico de trabajo, que de acuerdo al régimen del oleaje reinante, las direcciones del E, ESE y SE que son las significativas.

Las tablas que se presentan en el siguiente apartado registran respectivamente, las referencias cruzadas de la frecuencia entre dos variables; la primera la altura contra la dirección y la segunda periodo contra la dirección, las cuales proporcionan otra perspectiva del comportamiento del oleaje.

Régimen de oleaje escalar altura – dirección

La primera tabla contiene los mismos rangos presentados en la tabla anterior del análisis de altura (intervalos de 0.5 m). En la siguiente tabla se observa que la altura de oleaje se distribuye en 16 direcciones, de las cuales, la que presenta mayor frecuencia 23.57 % es la dirección Este sureste (ESE) con altura entre 1 y 1.5 m, en esta misma dirección resalta el rango de alturas de 0.5 a 1 m con una frecuencia de 20 %; las celdas que circundan las descritas, presentan frecuencias con frecuencias altas y que refieren a una zona entre las direcciones E, ESE SE y alturas entre 0.5 y 2 m, en esa zona se concentra el 72.6 % del oleaje observado.

La tabla es una imagen asociada a colores, para identificar de manera sencilla las magnitudes. En tonos amarillos se identifican los valores más grandes, degradando el color verde.

En esta misma tabla se puede observar que las alturas de ola más elevadas son provenientes de la dirección ESE, alcanzado valores de hasta 10 m.

Tabla IV-14. Referencias cruzadas Altura vs Dirección de Ola en el frente marítimo de Quintana Roo

ALTURA DE OLA (m)	FRECUENCIA POR DIRECCIÓN																Total (%)	
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW		
0 - 0.5	0.07	0.41	0.12	0.24	0.41	1.73	0.16	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.17
0.5 - 1	0.09	1.94	1.96	1.76	3.67	20.00	2.45	0.22	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	32.18
1 - 1.5	0.19	1.76	2.72	2.40	5.29	23.57	3.95	0.13	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	40.06
1.5 - 2	0.02	0.91	1.64	1.46	3.32	8.24	2.15	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.80
2 - 2.5	0.00	0.25	0.80	0.44	1.21	1.66	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.13
2.5 - 3	0.00	0.07	0.24	0.06	0.32	0.33	0.21	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.24
3 - 3.5	0.00	0.02	0.02	0.01	0.08	0.03	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24
3.5 - 4	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
4 - 4.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
4.5 - 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
5 - 5.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
5.5 - 6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
6 - 6.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
6.5 - 7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
7 - 7.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
7.5 - 8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
8 - 8.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8.5 - 9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9 - 9.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9.5 - 10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Total (%)	0.37	5.37	7.50	6.37	14.31	55.63	9.82	0.45	0.03	0.01	0.00	0.01	0.01	0.03	0.03	0.05	0.05	100.00

Régimen de oleaje escalar periodo – dirección

Se presenta en la siguiente tabla la correlación entre la dirección y el periodo de ola. En este régimen se puede observar una tendencia de mayor frecuencia entre las direcciones E, ESE y SE, para periodos de 5 a 9 segundos, con una presentación máxima en la dirección ESE y periodo entre 7-8 segundos y en la misma dirección con periodo de 8-9 s con valores porcentuales de 16.24 y 15.43 respectivamente, los periodos más largos se presentan también en la dirección de mayor frecuencia que es la ESE.

Tabla IV-15. Referencias cruzadas Periodo vs Dirección de Ola en el frente marítimo de Playa del Carmen, Quintana Roo

PERIODO DE OLA (S)	FRECUENCIA POR DIRECCIÓN																Total (%)	
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW		
0 - 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1 - 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2 - 3	0.00	0.01	0.00	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3 - 4	0.03	0.14	0.18	0.12	0.20	0.40	0.16	0.04	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.03	0.04	0.04	1.41
4 - 5	0.16	0.67	0.86	0.73	1.18	1.32	0.78	0.12	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	5.83
5 - 6	0.16	1.61	2.13	2.11	3.64	4.28	2.91	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.97
6 - 7	0.02	1.55	2.70	2.40	5.63	10.21	3.65	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.27
7 - 8	0.00	0.75	1.39	0.85	3.08	16.24	1.58	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.93
8 - 9	0.00	0.38	0.19	0.14	0.48	15.43	0.53	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.17
9 - 10	0.00	0.15	0.04	0.00	0.04	6.38	0.15	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.77
10 - 11	0.00	0.06	0.01	0.00	0.01	1.16	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.28
11 - 12	0.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.08	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15
12 - 13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
13 - 14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
14 - 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
15 - 16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Total (%)	0.37	5.37	7.50	6.37	14.31	55.63	9.82	0.45	0.03	0.01	0.00	0.01	0.01	0.03	0.03	0.05	0.05	100.00

Régimen de oleaje escalar altura – periodo

Independientemente de la caracterización del régimen de oleaje medio escalar de alturas y periodos, con base a la dirección, es importante caracterizar adecuadamente el régimen donde se establezca el intervalo de periodos asociado a los intervalos de las alturas mediante la tabla de contingencia (ver la siguiente tabla).

Es importante señalar que la información de origen de la fuente utilizada no especifica si el oleaje es local (periodos bajos) o distante (periodos altos), además de la amplia combinación de alturas, periodos y dirección. Por esto último, es común utilizar una altura representativa para cada periodo y dirección o viceversa, un periodo representativo para cada altura de ola y dirección; sin embargo, la dispersión de datos permite identificar a gran escala el tipo de oleaje que llega al área de estudio (área del proyecto).

Para determinar el intervalo de periodos asociado a las alturas de las olas en aguas profundas, se establecieron las siguientes consideraciones:

- a) Para oleaje local, existe un límite superior de la dispersión de la relación de esbeltez (peralte) de la ola (H_0/L_0) para que se mantenga sin romper; (olas altas y periodos cortos rompen).
- b) Para oleaje distante, existe un límite del peralte para que se mantenga sin romper; el decaimiento largo impacta en las olas de periodos altos.
- c) La norma española ROM 0.3-91, para condiciones de temporal, menciona que la relación de esbeltez máxima es igual a 0.06 y mínimo igual a 0.02.

Tabla IV-16. Referencias cruzadas con igual frecuencia para Altura y Periodo de Ola en el frente marítimo de Playa del Carmen, Quintana Roo

ALTURA DE OLA (m)	PERIODO DE OLA (S)																
	0- 1	1- 2	2- 3	3- 4	4- 5	5- 6	6- 7	7- 8	8- 9	9- 10	10- 11	11- 12	12- 13	13- 14	14- 15	15- 16	Total (%)
0- 0.5	0.00	0.00	0.03	0.33	0.60	0.69	1.14	0.34	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.17
0.5- 1	0.00	0.00	0.04	1.01	3.92	6.55	6.38	9.01	4.82	0.38	0.03	0.03	0.01	0.01	0.00	0.01	32.18
1- 1.5	0.00	0.00	0.00	0.07	1.29	8.51	10.51	5.89	9.31	4.06	0.32	0.04	0.03	0.02	0.01	0.00	40.06
1.5- 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	1.17	7.07	5.09	1.67	2.02	0.72	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	17.80
2- 2.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	1.13	2.91	0.74	0.18	0.12	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	5.13
2.5- 3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.64	0.42	0.08	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	1.24
3- 3.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.15	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24
3.5- 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
4- 4.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
4.5- 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
5- 5.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
5.5- 6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03
6- 6.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
6.5- 7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
7- 7.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
7.5- 8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
8- 8.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8.5- 9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9- 9.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9.5- 10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
Total (%)	0.00	0.00	0.07	1.41	5.83	16.97	26.27	23.93	17.17	6.77	1.28	0.15	0.08	0.04	0.01	0.01	100.00

En esta tabla se puede identificar que las frecuencias más grandes corresponden a un oleaje entre 0.5 y 2 m, y periodo entre 5 y 9 segundos; no existe una asociación específica entre la altura y el periodo de ola, sin embargo, si hay una relación que muestra que para una altura mayor, corresponde un periodo de ola más largo. En el gráfico, se puede observar la relación que existe entre la altura y periodo de ola, observando la línea verde (diagonal) en la parte baja e izquierda de la tabla. Cuando se estima la longitud de ola (la longitud de ola es función del periodo de ola) se puede estimar la relación de esbeltez del tipo característico del área del proyecto.

Tabla IV-17. Alturas de ola para diferentes periodos de retorno. Larras

Periodo de retorno	Altura de la ola (m)
1 año	5.0
10 años	7.0
25 años	7.8
50 años	8.4
100 años	9.0

b) Oleaje Extraordinario

Es importante realizar un análisis global en gran escala de lo que representa el oleaje ciclónico en el SAR y en el área del proyecto, la particularidad de conocer la hidrodinámica que genera el oleaje ciclónico, es la de identificar la hidrodinámica extraordinaria que estos eventos puedan generar en el sistema, lo cual se puede reflejar además en el transporte de sedimentos en la zona costera.

Para conocer las alturas de oleaje que se presentan en el SAR y en el área del proyecto, así como el periodo del oleaje, se realizó un análisis con referencia de los ciclones que han impactado en la región o cercana a esta de acuerdo a la estadística de huracanes que han presentado trayectorias con influencia en el SAR. En su categoría de huracanes, se han formado dos grupos bien definidos por parte del Servicio Meteorológico Nacional en su actividad conjunta con la Comisión Nacional de Agua, los huracanes con escala de I y II se clasifican como Huracanes moderados y los huracanes de categorías III, IV y V como Huracanes Intensos de acuerdo a la escala Saffir- Simpson (ver la siguiente tabla).

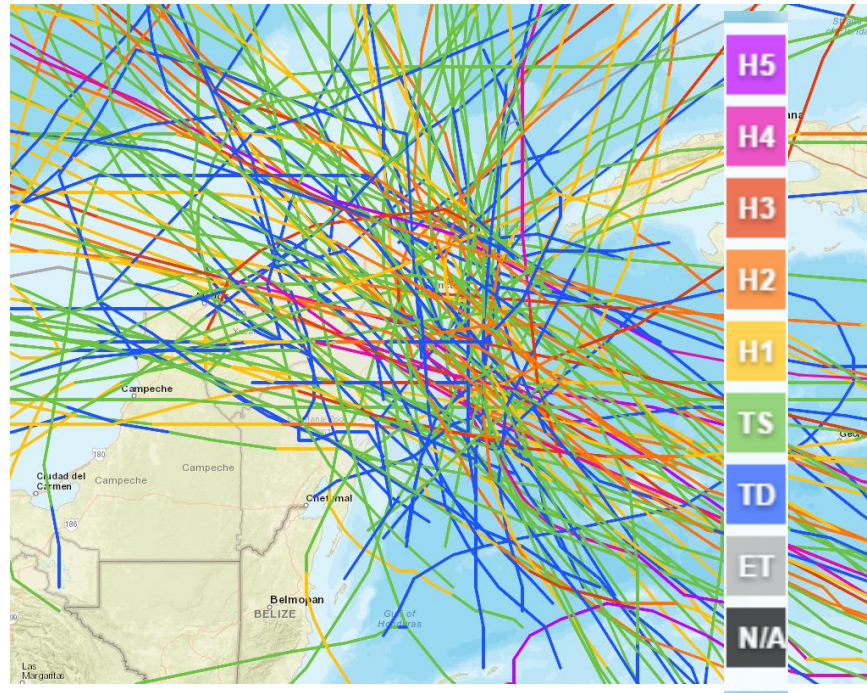
Tabla IV-18. Escala de clasificación de huracanes de Saffir-Simpson2

Categoría	Presión central (mb)	Vientos (km/h)	Elevación de la marea de tormenta (m)	Características
Perturbación Tropical	1008.1 a 1010			Ligera circulación de los vientos
Depresión Tropical	1004.1 a 1008	<62		Localmente destructivo
Tormenta Tropical	985.1 a 1004	62.1 a 118	1.1	Presenta efectos destructivos
Huracán categoría 1	980.1 a 985	118.1 a 154	1.5	Altamente destructivo
Huracán categoría 2	965.1 a 985	154.1 a 178	2.0 a 2.5	Altamente destructivo
Huracán categoría 3	945.1 a 965	178.1 a 210	2.5 a 4.0	Extremadamente destructivo
Huracán categoría 4	920.1 a 945	210.1 a 250	4.0 a 5.5	Extremadamente destructivo
Huracán categoría 5	< 920	> 250	> 5.5	El más destructivo

Análisis estadístico de huracanes en un radio de 100 km

Otra de las fuentes de información que se emplearon fue la estadística de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), quien mantiene un monitoreo constante, de esta plataforma. Se identificaron los eventos que pasan en un radio de 100 km del área del proyecto. En la siguiente figura se presenta un acercamiento al SAR con la trayectoria de los huracanes que tuvieron presencia en la región. Se realizó un análisis de trayectorias y se identificaron exclusivamente los que por su posición y cercanía presentan influencia en la formación de oleaje extraordinario para la región de Playa del Carmen, Quintana Roo. En la tabla siguiente se presenta el análisis estadístico correspondiente al periodo de información de 1852 a 2016.

Figura IV-63. Acercamiento de la zona de estudio (Playa del Carmen, Quintana Roo) que muestra las trayectorias de huracanes con presencia a una longitud máxima de 100 kilómetros de la zona de estudio durante el periodo de 1852 a 2016.



La imagen anterior muestra una escala de colores para identificar el tipo de evento, las líneas azules y verdes representan las trayectorias de los eventos de depresión tropical y tormenta tropical (respectivamente).

En base a los criterios descritos, a las imágenes anteriores, y a la información de las fuentes mencionadas, se conformó la siguiente tabla, la cual presenta los eventos identificados de la imagen anterior.

Tabla IV-19. Estadística de eventos en un radio de 100 km de la zona de estudio, 1852 a 2016 (NOAA).

Evento	Tormentas y Depresiones tropicales	Huracán Categoría 1	Huracán Categoría 2	Huracán Categoría 3	Huracán Categoría 4	Huracán Categoría 5
No de eventos registrados	72	20	18	10	5	2
Frecuencia (%)	57.03%	15.63%	14.06%	7.81%	3.90%	1.56%

Figura IV-64. Gráfico de eventos en un radio de 100 km de la zona de estudio, 1852 a 2016 (NOAA).

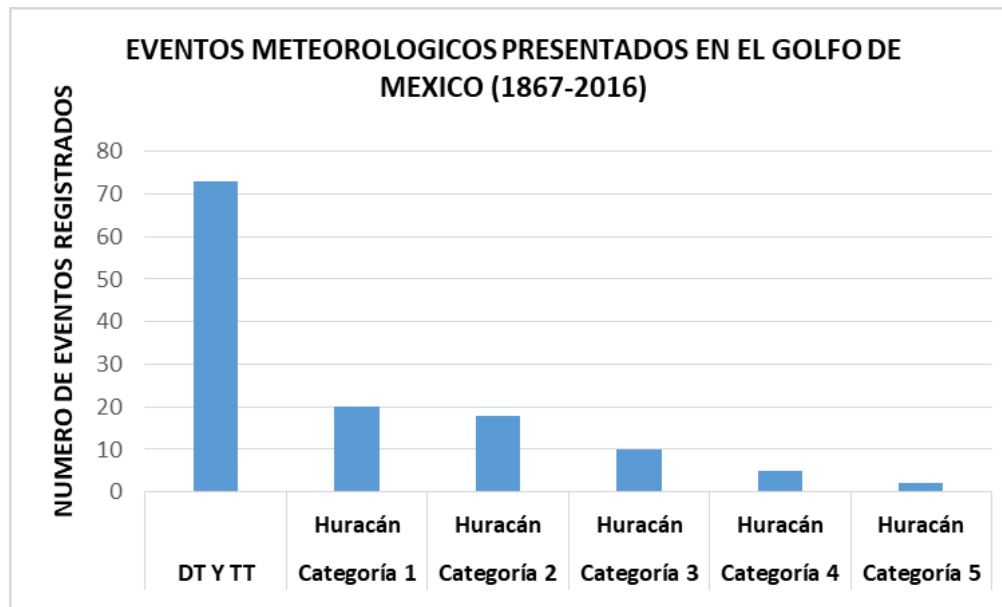
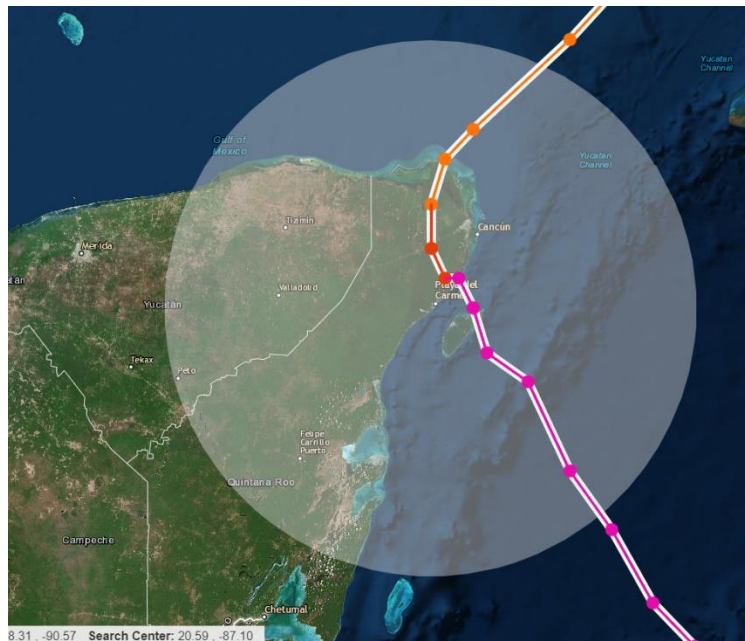


Figura IV-65. Trayectoria Huracán Wilma 2004, (1852 a 2016 NOAA).



c) Altura y periodo de oleaje de tormenta

Con base en la información anterior, se elaboró el análisis correspondiente para determinar la altura y período de ola que generan los ciclones tropicales.

Para realizar este análisis se utilizó el método del Huracán Estándar, el cual hace uso de las fórmulas empíricas que se usan para estimar la altura y periodo de ola significativa en aguas profundas, (USAE, 1984 y IIE, 1983), producto de la velocidad máxima del viento.

$$(H_{1/3})_{\text{máx}} = 5.03e^{\left(\frac{R\Delta p}{4700}\right)} \left[1 + \frac{0.29\alpha V_F}{U_R^{1/2}} \right]$$

$$(T_{1/3})_{\text{máx}} = 8.6e^{\left(\frac{R\Delta p}{9400}\right)} \left[1 + \frac{0.145\alpha V_F}{U_R^{1/2}} \right]$$

Donde:

$(H_{1/3})_{m\acute{a}x}$ Altura máxima de ola significativa en aguas profundas, (m)

$(T_{1/3})_{m\acute{a}x}$ Periodo máximo de ola significativa correspondiente a $(H_{1/3})_{m\acute{a}x}$, (s)

R Radio del viento máximo, (km.) Se mide desde el centro del huracán al lugar donde la velocidad del viento es máxima y varía entre 9 y 90 km.

Δ_p Diferencia de presión, en mm de mercurio. Está dado por $(P_n - P_0)$, en donde P_n es la presión atmosférica normal al nivel del mar e igual a 760 mm de mercurio y P_0 es la presión que se tiene en el centro del huracán, expresada en mm de mercurio.

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 se pueden utilizar las siguientes expresiones:

$$U_R = 0.865 U_{m\acute{a}x} \quad (\text{Huracán estacionario})$$

$$U_R = 0.865 U_{m\acute{a}x} + 0.5 V_F \quad (\text{Huracán desplazándose})$$

$U_{m\acute{a}x}$ 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:

$$U_{m\acute{a}x} = 0.446 [14.5(P_n - P_0)^{1/2} - 0.31R(2\omega \text{sen}\phi)]$$

ω Velocidad angular de la tierra, igual a $\frac{\pi}{12}$ (rad/h).

ϕ Latitud del lugar, en grados.

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 o moderadamente, $\alpha = 1$

Con el valor de $(H_{1/3})_{máx}$ conocida, por cualquier punto del huracán se puede obtener la altura significativa $H_{1/3}$ respectiva.

El periodo aproximado correspondiente puede ser obtenido de:

$$T = 12.1 \sqrt{\frac{H_{1/3}}{g}}$$

Los resultados de la aplicación del método descrito, se presentan en la siguiente tabla.

Tabla IV-20. Resumen de las Aturas y periodos de oleaje ciclónico

CALCULO DE OLEAJE EXTRAORDINARIO - HURACÁN ESTÁNDAR				
NOMBRE	Ho (m)	To (seg)	HD	
			Pies	Mts
ERNESTO	8.84	11.56	14.79	4.51
RINA	7.14	10.3	21.09	6.43
PAULA	7.97	10.9	16.34	4.98
PAULA	8.07	10.97	16.15	4.92
PAULA	8.06	10.96	15.34	4.68
IDA	8.35	11.19	15.78	4.81
DOLLY	8.19	11.21	20.15	6.14
BARRY	7.67	10.77	19.02	5.8
BARRY	7.67	10.77	20.03	6.11
OLGA	7.87	10.95	20.14	6.14
OLGA	7.87	10.95	18.33	5.59
EMILY	9.77	12.15	27.21	8.29
EMILY	9.97	12.29	17.5	5.33
STAN	7.27	10.44	18.13	5.53
STAN	7.25	10.42	16.68	5.08
STAN	7.65	10.78	17.57	5.36
WILMA	9.47	11.92	18.95	5.78
WILMA	9.04	11.61	18.15	5.53
WILMA	9.05	11.62	17.52	5.34
WILMA	9.22	11.74	15.16	4.62
WILMA	9.19	11.72	13.27	4.04
CLAUDETTE	8.66	11.64	24.97	7.61
CLAUDETTE	8.96	11.9	23.67	7.21
LARRY	5.84	9.28	16.96	5.17
LARRY	5.84	9.28	10.06	3.07
LARRY	5.84	9.28	13.35	4.07
GORDON	7.45	10.62	23.71	7.23
DOLLY	6.49	9.8	14.9	4.54
DOLLY	6.64	9.93	13.29	4.05
ALLISTON	6.67	9.94	13.39	4.08
ALLISTON	6.92	10.15	13.39	4.08
ROXANNE	8.34	11.13	13.71	4.18
ROXANNE	7.85	10.78	11.33	3.45
ROXANNE	9.62	12.07	27.74	8.46
ROXANNE	9.68	12.13	25.57	7.79
NOT NAME	6.64	9.93	19.28	5.88
FABIAN	6.41	9.76	11.04	3.36
FABIAN	6.2	9.58	14.18	4.32
GILBERT	8.55	11.28	27.21	8.29
GILBERT	7.76	10.71	17.82	5.43
KEITH	7.11	10.26	14.23	4.34
KEITH	7.29	10.39	14.64	4.46
KEITH	7.15	10.31	13.84	4.22
UNNAMED	7.44	10.52	12.23	3.73
UNNAMED	6.46	9.78	9.32	2.84
UNNAMED	6.67	9.94	19.23	5.86
HENRI	6.93	10.16	18.31	5.58
UNNAMED	7.33	10.44	21.28	6.49
UNNAMED	6.88	10.09	11.85	3.61
ELOISE	6.38	9.71	14.59	4.45
ELOISE	6.58	9.88	20.94	6.38
KATRINA	8.48	11.46	19.39	5.91

Apoyados con los resultados arrojados por la aplicación del método del huracán estándar, se identificó el oleaje más representativo del oleaje huracanado, donde se puede ver que el valor más alto es de 8.4 y 8.1 m para los eventos de Gilbert 1988 y Wilma 2005 respectivamente y periodos de 12.7 y 12.9 segundos.

Si se realiza una comparación con los valores registrados por el Wave Watch III - Marine Modeling and Analysis Branch - NOAA, se puede observar que en esta información el valor más alto observado es de 9.57 m, esta diferencia de valores, puede asociarse a la precisión de los registros y cálculos, de las consideraciones de los diferentes métodos aplicados para la determinación del oleaje, sin embargo, el oleaje determinado por el método del huracán estándar, es equivalente a un periodo de retorno de 50 años.

Conclusiones

Analizando los resultados y los valores estadísticos, podemos identificar ciertas diferencias, los resultados de la aplicación del método del Huracán Estándar, nos deja observar alturas de ola máximas de 8.4 m, y 12.7 s de periodo, valores generados por el huracán Gilbert (2005). En contraparte el evento de menores magnitudes fue el huracán Carla (1961), con alturas de ola de 2.3 m y periodo de 5.9 s, en el cálculo de la altura y periodo de la ola; en general las alturas de olas varían entre 2.3 y 8.4 m, y en periodos en el rango de 6 a 13 s.

Si se hace una revisión de los datos estadísticos con que se cuenta en la información de oleaje, se pueden identificar olas hasta en rangos de hasta casi 10 m y periodos de hasta 16 s, lo que presenta controversia con la aplicación del método del Huracán Estándar, sin embargo, es importante destacar que este análisis presenta los resultados de una posición en puntos equidistantes en el

tiempo, es decir a las 0:00, 6:00, 12:00 y 18:00 hrs, lo que no necesariamente coincidirá con la posición más desfavorable de amenaza a la zona costera.

Es evidente que las condiciones climatológicas son variables complicadas de identificar, y la información que requiere el método del huracán estándar, no considera muchas de estas, por lo que la presencia de olas más altas, puede suponerse a eventos de carácter muy puntual y consecuentemente como se identifica en el análisis estadístico de frecuencia casi nula, pero que es importante mencionar.

De este análisis, se puede aplicar el mismo criterio de altura de ola significativa, para las estimadas en condiciones meteorológicas, bajo lo cual podemos identificar el oleaje significativo ciclónico que resulta entonces ser el indicado en la tabla siguiente:

Tabla IV-21. Datos estimados para oleaje significativo en condiciones extraordinarias.

Altura de ola (m)	Periodo (s)
8.2	12.8

d) Modelaciones del oleaje

Como parte de los estudios de oleaje, el modelo SMC en su módulo MOPLA, permite realizar los cálculos de oleaje y determinar, los efectos de refracción y difracción, así como identificar las alturas de ola y corrientes litorales que se puedan generar en las condiciones de oleaje normal y extraordinario.

En la siguiente tabla se presentan las características del oleaje (altura y periodo de ola) que se emplearon para la simulación para oleaje normal y extraordinario, así como los arreglos batimétricos en condiciones sin proyecto y con proyecto. Los

resultados de las modelaciones se incluyen dentro de los anexos del estudio oceanográfico.

En total se analizaron 12 escenarios de propagación.

Tabla IV-22. Características del oleaje.

Oleaje	Hs (m)	Ts (s)
Normal	1.80	8.00
Extraordinario	8.00	12.00

No.	Clave	Dirección	Batimetría	Oleaje	Malla/Caso
1	E.SP.N.	Este	Sin Proyecto	Normal	E1
2	E.CP.N.	Este	Con Proyecto	Normal	E3
3	SE.SP.N.	Sureste	Sin Proyecto	Normal	S1
4	SE.CP.N.	Sureste	Con Proyecto	Normal	S3
5	NE.SP.N.	Noreste	Sin Proyecto	Normal	N1
6	NE.CP.N.	Noreste	Con Proyecto	Normal	N3
7	E.SP.E.	Este	Sin Proyecto	Extraordinario	E2
8	E.CP.E.	Este	Con Proyecto	Extraordinario	E4
9	SE.SP.E.	Sureste	Sin Proyecto	Extraordinario	S2
10	SE.CP.E.	Sureste	Con Proyecto	Extraordinario	S4
11	NE.SP.E.	Noreste	Sin Proyecto	Extraordinario	N2
12	NE.CP.E.	Noreste	Con Proyecto	Extraordinario	N4

Las conclusiones obtenidas de la magnitud del oleaje para diferentes escenarios indicaron lo siguiente:

⇒ La magnitud de la altura de ola incidente es pequeña debido a la localización privilegiada de la zona de proyecto, ya que se encuentra en la sombra que produce la isla de Cozumel, presentándose oleaje difractado procedente de mar abierto. Por otra parte el oleaje de mayor frecuencia y de menor energía corresponde al oleaje generado de manera local.

- ⇒ De acuerdo con el análisis del oleaje en la zona de estudio las tres direcciones con mayor frecuencia de ocurrencia corresponden al Este (51.40%), Sureste (39.30%) y Noreste (7.10%). Siendo las olas del sureste las que corresponden a oleaje mayores a 2 m (relacionados con eventos ciclónicos) y las olas del Este (menores a 2 m) generadas por los vientos locales en la zona.
- ⇒ En las fotografías se pudo observar que el frente de playa está dividido principalmente en; la playa norte (con playas de arena de pendiente suave y mayor presencia de sedimento fino) y la playa sur con menor presencia de finos y presencia de puntas rocosas en las que converge mayor energía y existe menor retención de finos.
- ⇒ La variación de la marea astronómica en la zona no es mayor a los 40 cm.
- ⇒ De acuerdo con el análisis probabilístico realizado la mayor probabilidad de ocurrencia corresponde a depresiones tropicales, tormentas tropicales, así como huracanes categorías 1 y 2 (89.91%). El 10.09% restante corresponde a eventos de mayor categoría.
- ⇒ Los datos de altura significativa para oleaje normal y extraordinario fueron respectivamente:

Tabla IV-23. Datos de altura de ola normal y extraordinaria.

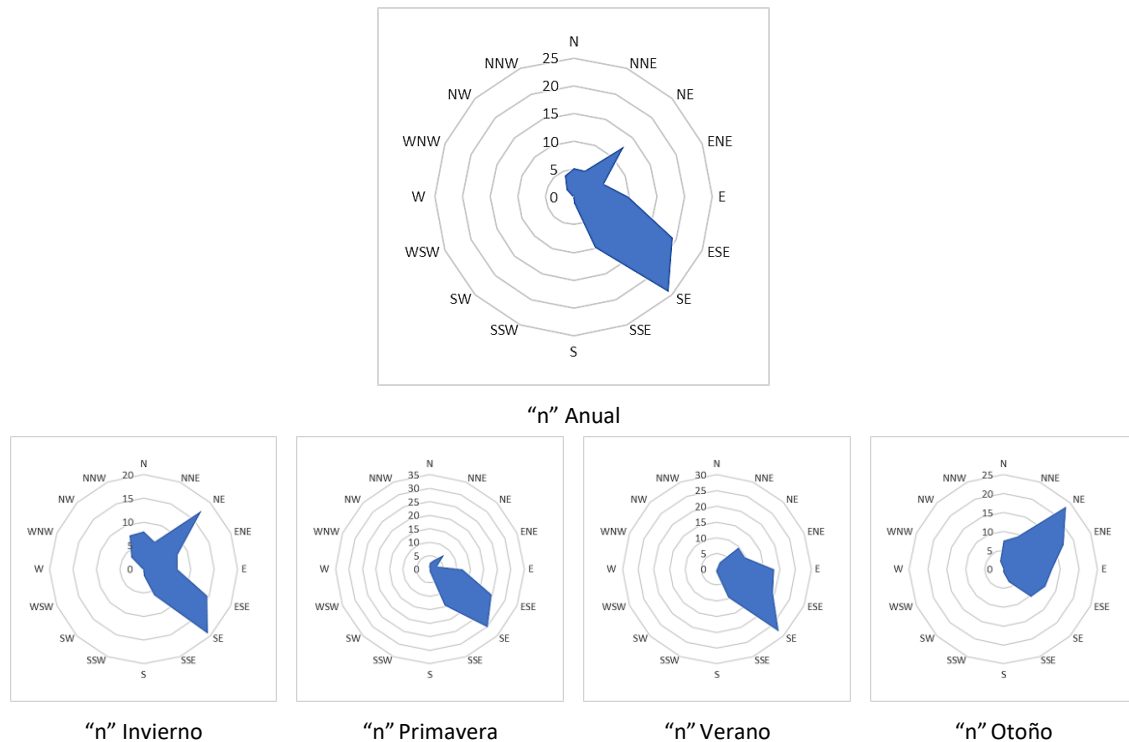
⇒ Oleaje	⇒ Hs (m)	⇒ Ts (s)
⇒ Normal	⇒ 1.80	⇒ 8.00
⇒ Extraordinario	⇒ 8.00	⇒ 12.00

- ⇒ De acuerdo con el muestreo realizado en campo y con información recolectada, se utilizaron en las modelaciones los siguientes datos para los sedimentos: $d_{50}=0.553$ mm, $d_{90}=0.787$ mm, ángulo de reposo igual a 39.75° y densidad relativa del sedimento 2.66 ton/m^3 , que corresponde a arenas medias.
- ⇒ El oleaje normal con periodo de 8 segundos y altura de 1.80 m comienza a refractarse desde los 50 m de profundidad, al ser un oleaje de menor altura tiene mayor penetración debido a que su zona de rompientes se encuentra más cercana a la costa.
- ⇒ De las simulaciones realizadas se observó que el oleaje proveniente del Noreste y Este tiene capacidad de transporte de sedimentos de Norte a sur, compensando el transporte de sedimentos que se da de sur a norte durante los eventos ciclónicos que se presentan en la zona.
- ⇒ De manera general se observó que la playa norte retiene la mayor cantidad de los sedimentos y tiene mayor presencia de finos y, por el otro lado, la playa sur se encuentra más erosionada debido a la presencia de puntas rocosas que concentran mayor cantidad de energía.
- ⇒ El arreglo de las obras de protección analizado mostró un comportamiento adecuado para abrigar la marina del oleaje proveniente del noreste y este, sin embargo, el oleaje del sureste penetra de manera directa.
- ⇒ De igual forma se identificó un patrón de corrientes dominante de Norte a Sur, por lo que se estima que una vez construidas las obras de protección se presentará retención de sedimentos en la playa norte y erosión en la playa sur.

IV.3.2.4. Vientos

El diagrama de frecuencias “n”, 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**”. En la siguiente figura se presenta el gráfico resultante del análisis realizado a la información obtenida del SMN quien ofreció 8 años de información de este sitio

Figura IV-66. Diagrama de frecuencias “n” anual y estacionales, para la región de Cozumel.



Como se puede observar la dirección que destaca por su frecuencia es la dirección Sur-Este, este comportamiento presenta características lógicas considerando que en esta dirección se ubica el mar abierto, de manera conjunta con las direcciones ESE y SSE, las frecuencias para los resultados anuales son de 19.39, 24.23 y 9.90

% (ESE, SE y SSE) respectivamente (Ver la siguiente tabla) y que conjuntamente representan el 53.5 %, el valor mínimo de frecuencia anual se presenta para la dirección SW, WSW y W con valores casi nulos de 0.000, 0.009 y 0.044 %.

Para las condiciones estacionales, los valores cambian, aunque en todos ellos son las direcciones de SE las que presentan el valor reinante de frecuencia, con excepción de otoño donde el viento reinante es proveniente de la dirección NE y direcciones adyacentes.

De igual forma al régimen anual, las direcciones de SW, WSW y W presentan los valores menores (en algunos casos nulos) y son los correspondientes a la región continental.

Tabla IV-24. Análisis de frecuencias de vientos para la región de Cancún.

DIRECCIÓN	ANUAL	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO
N	5.237	8.057	2.395	0	7.609
NNE	5.13	6.297	3.63	2.424	9.42
NE	12.919	17.512	7.448	9.697	23.37
ENE	5.945	7.828	2.826	9.697	17.21
E	9.924	7.196	12.032	18.182	12.862
ESE	19.387	14.66	24.775	19.394	11.957
SE	24.234	19.254	30.427	27.879	10.326
SSE	9.906	5.876	14.502	9.697	3.623
S	1.099	1.397	0.823	1.212	0.906
SSW	0.097	0.115	0.037	0.606	0.362
SW	0	0	0	0	0
WSW	0.009	0	0	0.606	0
W	0.044	0.077	0.019	0	0
WNW	0.186	0.383	0.019	0	0
NW	1.808	3.636	0.243	0.606	0
NNW	4.076	7.713	0.823	0	2.355

Estimación de Velocidad media “Lenz”

En el diagrama de velocidad media “nv” (diagrama de Lenz), se grafican los productos de las frecuencias por las velocidades medias de presentación; se le conoce como diagrama de agitación o de Lenz.

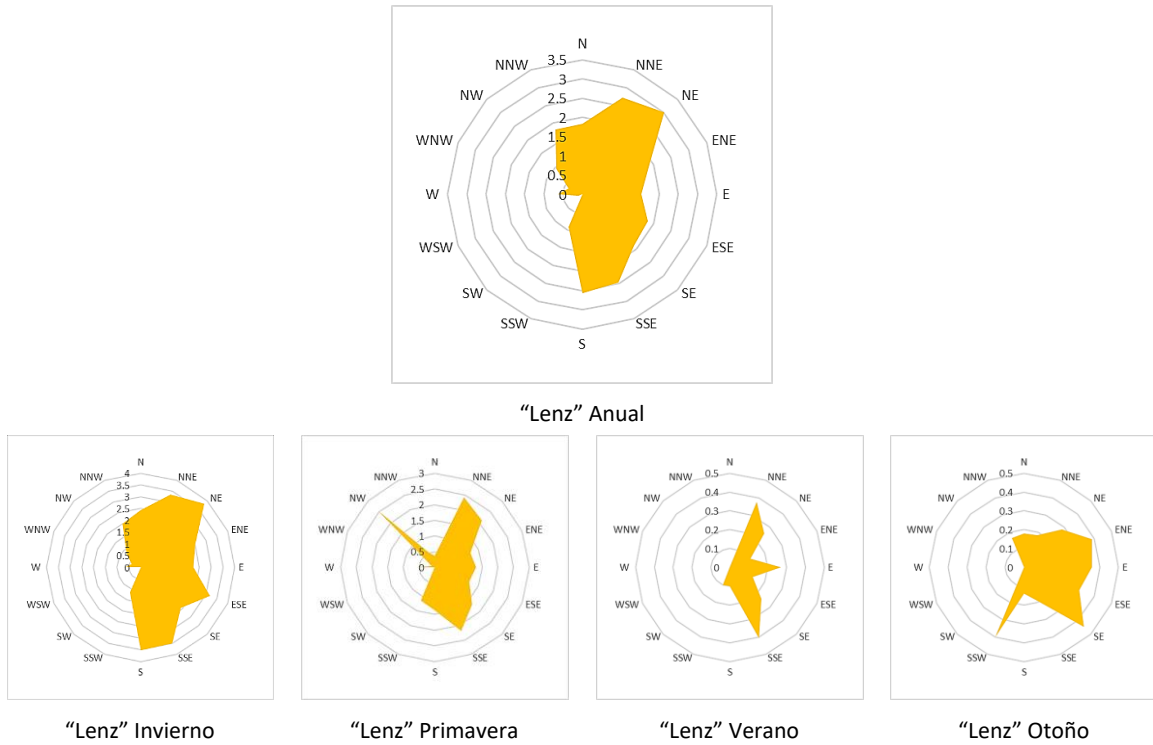
Esta grafica presenta una formación uniforme, con tendencia a valores más grandes en la región NNE, NE, S, SSE, en todas estas direcciones en el régimen anual, las velocidades medias por dirección superan los 2 kph.

Los valores de velocidad media más bajos se presentan en las direcciones SW y WSW con valores de 0.0 y 0.1 kph respectivamente y muestran los vientos que provienen de la región continental, este mismo patrón presentan los diagramas de las estaciones de Invierno Primavera y Otoño, mientras que la de Verano presenta condiciones distintas, observando que las velocidades más grandes son incidentes de las direcciones NE, SSE y NNE (Ver la siguiente tabla y figura).

Tabla IV-25. Resultados del análisis de Lenz para la región de Cozumel (kph).

DIRECCIÓN	ANUAL	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO
N	1.826	2.433	0.369	0.000	0.181
NNE	2.728	3.350	2.403	0.375	0.185
NE	3.004	3.823	2.112	0.256	0.285
ENE	1.869	2.520	1.221	0.119	0.388
E	1.534	2.235	1.312	0.270	0.359
ESE	1.840	3.186	1.179	0.131	0.315
SE	1.898	2.426	1.668	0.237	0.447
SSE	2.486	3.499	2.187	0.406	0.195
S	2.563	3.522	1.359	0.100	0.140
SSW	0.918	1.150	1.150	0.100	0.400
SW	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
WSW	0.100	0.000	0.000	0.100	0.000
W	0.640	0.650	0.600	0.000	0.000
WNW	0.395	0.410	0.100	0.000	0.000
NW	0.950	0.846	2.538	0.100	0.000
NNW	1.822	2.017	0.520	0.000	0.169

Figura IV-67. Diagrama de “Lenz” anual y estacionales para la región de Cozumel.



Estimación del Viento máximo “Vmáx”

En este diagrama se contemplan los datos concernientes a la velocidad máxima de presentación (velocidad de ráfaga), la información que proporciona el servicio meteorológico nacional de las mediciones de vientos, integra entre otros datos, valores como velocidad máxima, y mínima, de los cuales se hace el análisis en la siguiente tabla.

Estas graficas presenta un patrón muy similar al de velocidad media, aunque evidentemente con valores de mayor magnitud, como se puede observar en la tabla 69 de datos y asociados a su propia dirección, en donde los valores máximos para el régimen anual se presentan en la dirección NE y SW con valores de 17.80 y 17.55

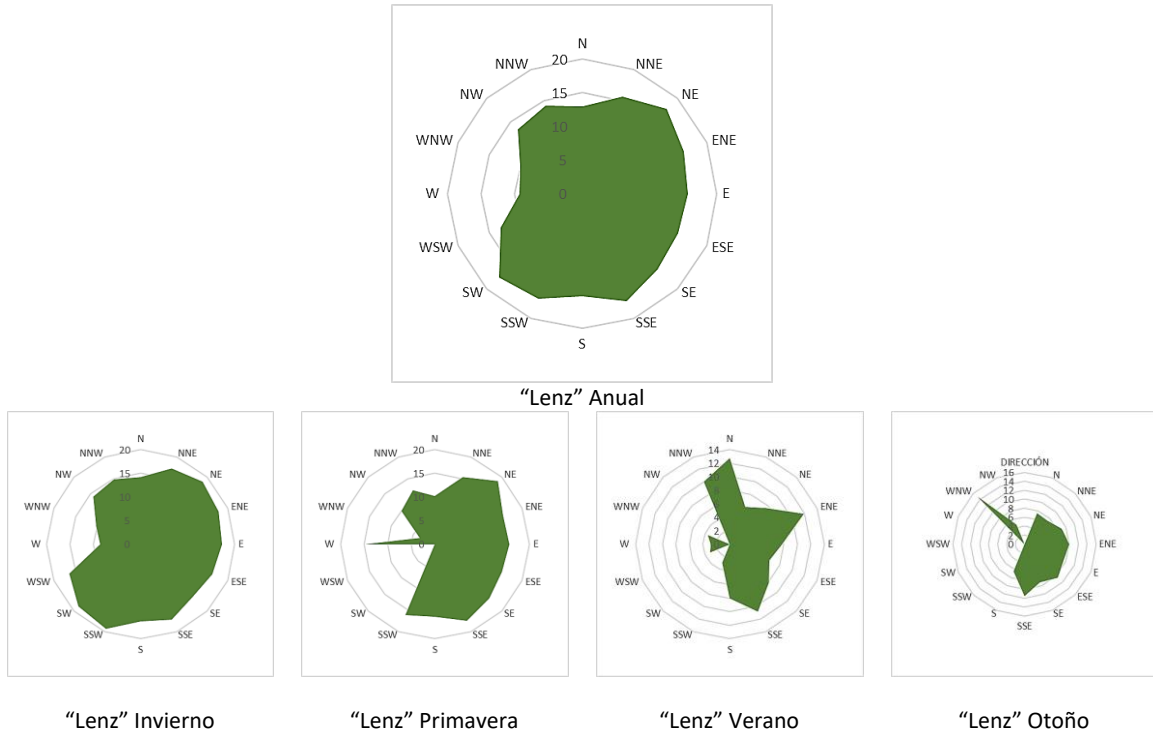
kph, mientras que los valores de menor magnitud se identifican en la dirección WNW y NW con valores de 9.982 y 9.344 kph respectivamente.

En las características estacionales, las tendencias que se observan son similares a excepción del régimen que se observa durante invierno, en el que las velocidades máximas de mayor magnitud son provenientes de las direcciones SSW, NE, SW y ENE con valores que oscilan entre los 17 y 19 kph (Ver las siguientes figuras).

Tabla IV-26. Resultados del análisis de V_{max} en (kph) para la región de Cancún.

DIRECCIÓN	ANUAL	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO
N	12.984	14.234	10.144	12.767	7.436
NNE	15.635	17.284	15.395	5.938	7.311
NE	17.808	18.725	18.92	7.56	9.003
ENE	16.324	17.996	15.634	11.821	9.935
E	15.745	17.313	15.725	7.714	9.388
ESE	15.477	16.514	15.377	6.381	10.496
SE	15.786	15.652	16.277	8.124	9.151
SSE	17.254	17.249	17.574	10.823	11.478
S	15.187	16.283	15.355	8.06	6.489
SSW	16.938	19.316	16.186	3	0
SW	17.55	18.6	0	0	12.3
WSW	13.1	16.433	0	3.1	0
W	9.344	8.621	14.9	2.8	0
WNW	9.982	10.22	3.5	3.5	14.9
NW	13.576	14.213	9.959	0	4.72
NNW	14.158	14.835	12.328	10	8.273

Figura IV-68. Diagrama de “V_{máx}” anual y estacionales para la región de Cozumel.



Estimación del Viento dominante “V_{máx}²”

En este diagrama se contemplan los datos concernientes al cuadrado de la velocidad máxima de presentación; al viento que sopla con mayor intensidad se le llama “**viento dominante**”.

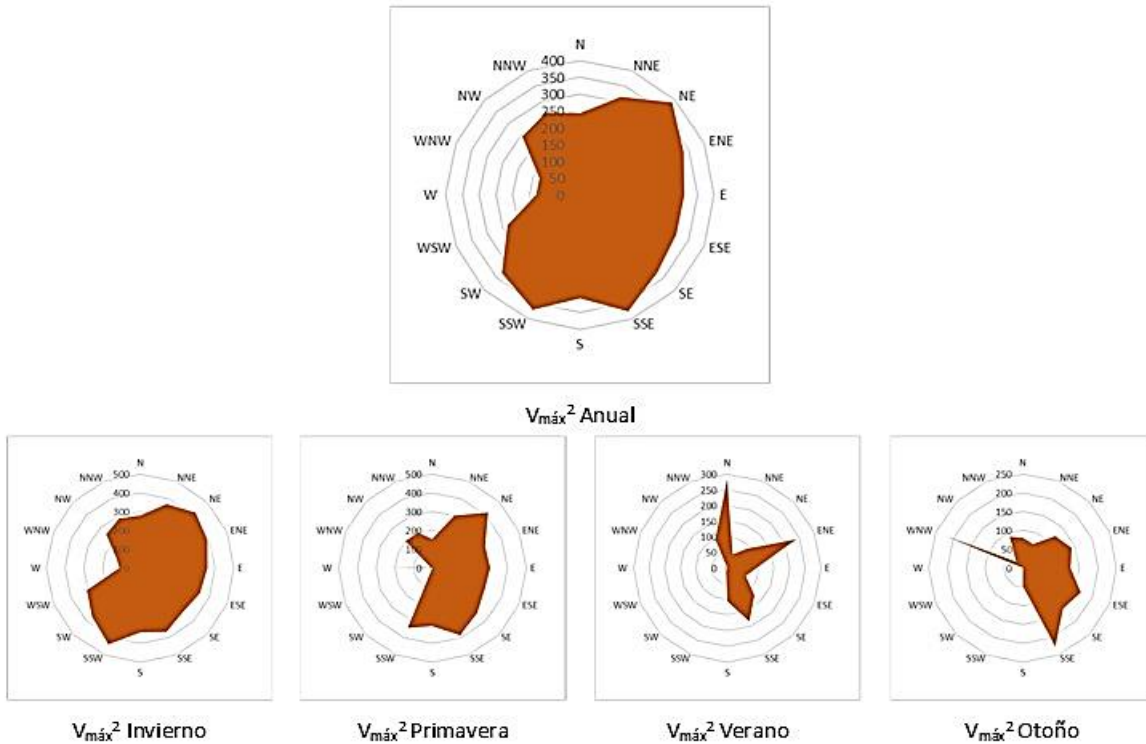
Las unidades de estos valores pueden resultar confusas ya que se presentan en (km²/h²), por lo que es importante aclarar que lo que se busca es identificar el padrón grafico antes que los valores numéricos para su análisis, observando que el viento dominante en el régimen anual es el proveniente de la dirección SSE, mientras que para los regímenes estacionales, presenta condiciones distintas; para invierno la dirección dominantes corresponde al SSW, para primavera corresponde al NE, para

verano corresponde al N y para Otoño corresponde al SSE, en la tabla y figura siguientes se puede observar las grandes variaciones que se identifican en los diferentes regímenes analizados.

Tabla IV-27. Análisis de viento dominante “Vmáx2” para la región de Cozumel.

DIRECCIÓN	ANUAL	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO
N	243.587	281.152	155.589	283.897	80.166
NNE	317.317	369.155	303.751	47.904	70.215
NE	388.273	416.841	419.859	89.244	121.690
ENE	334.561	390.680	303.573	237.753	141.368
E	311.968	358.435	309.879	94.465	128.298
ESE	310.130	345.765	302.858	65.172	168.289
SE	327.444	327.175	338.600	122.669	151.816
SSE	375.628	368.147	388.064	185.901	226.590
S	307.349	343.665	309.911	105.598	47.842
SSW	369.375	439.124	345.016	9.040	0.000
SW	328.482	363.920	0.000	0.000	151.290
WSW	232.430	306.703	0.000	9.610	0.000
W	130.237	111.444	258.737	7.840	0.000
WNW	130.951	135.295	12.260	12.250	222.010
NW	244.462	254.300	203.928	0.000	24.580
NNW	265.400	286.676	205.108	100.000	91.453

Figura IV-69. Diagrama de "vientos dominantes" Velocidad máxima cuadrática anual y estacionales para la región de Cancún.



Conclusiones

Del análisis de la información estadística de medición de vientos en la región de Playa del Carmen y por lo tanto en el SAR, podemos definir los valores más significantes, identificando que la mayor frecuencia de vientos proviene de las direcciones NE, ESE, SE, que de manera conjunta suman una frecuencia del 56.5%, y de estas direcciones es la dirección de viento SE la que presenta el mayor valor con 24.23% en el régimen anual y la misma tendencia para los regímenes estacionales en donde varía entre 24% y 30%, este último valor representa la máxima frecuencia identificada en todos los valores determinados y corresponde a la frecuencia del SE durante primavera.

Los vientos provenientes de las direcciones SW y WSW siempre son de menor frecuencia que las provenientes del W, con valores de frecuencia anual de 0.0 % y 0.009 % respectivamente. Estacionalmente las frecuencias del SW con valores de un 0.0% muestran que es poco frecuente o nada frecuente la presencia de viento en esa dirección, mientras que las frecuencias de la dirección WSW varían entre 0.000 y 0.606 %, correspondientes de manera respectiva a las estaciones de las demás estaciones y verano.

Las velocidades máximas para el régimen anual se identifican de magnitud 3.004 km/hr provenientes del NE, mientras que valores de 2.73 y 2.56 km/hr en promedio anual se determinan para las direcciones NNE y S respectivamente.

Para los regímenes estacionales, se identifica que para la dirección NNE en todos los casos se presenta la máxima velocidad, con magnitudes de 3.350, 2.403, 0.375 y 0.185 km/hr para las estaciones de invierno, primavera, verano y otoño respectivamente, siendo el máximo valor de vientos normales el identificado durante invierno en la dirección NNE con valor de 3.305 km/hr.

En las direcciones SW y WSW, la tendencia es en todos los casos similar, siendo el valor del WSW superior al del SW, los valores del WSW varían entre 0.0 y 0.1 km/hr, presentándose con aparente frecuencia y de mayor valor durante verano y el de menor magnitud o sin frecuencia para las demás estaciones, mientras que las velocidades de los vientos provenientes del SW se encuentra con un frecuencia inexistente de 0.0% durante todas las estaciones. Pudiendo observar que los vientos de verano son los que presentan intensidades más fuertes contrarios a los vientos de las demás estaciones que presentan las intensidades más bajas.

Para las ráfagas de viento o vientos máximos, las tendencias anuales son diferentes a las descritas anteriormente, identificando que los vientos máximos son

provenientes del NE, SW, SSW y ENE con magnitudes muy similares que varían entre el valor máximo de 16.32 y 17.80 km/hr identificado para la dirección NE y el mínimo valor identificado para estas direcciones con magnitud de 16.32 km /hr para la dirección ENE; el resto de las direcciones presentan valores considerablemente menores por lo que no se describen.

El valor máximo identificado corresponde a una magnitud de 19.316 km/hr promediado para invierno y proveniente de la dirección SSW, en general es la dirección de invierno la que presenta los valores de velocidad más altos, contrario a la estación de verano en donde las velocidades en todas las direcciones son menores y principalmente en las direcciones SW, NW, W y SSW.

En general, los vientos más intensos son provenientes del SW y NE en el análisis de vientos máximos, mientras que para las condiciones de viento normal, las direcciones de más intensidad son NE y S, en ambos casos se menciona primero el de mayor intensidad, la mayor frecuencia de vientos normales es proveniente de la dirección SE, estos resultados se pueden apreciar de mejor manera en la siguiente tabla en donde a partir de una base de colores, se identifican los valores de mayor magnitud en tendencia hacia un color rojo y el de menor magnitud con tendencia hacia un color blanco.

Tabla IV-28. Resumen de resultados de viento para la región de estudio.

DIRECCIÓN	NE	SE	S	SW
Frecuencia Vientos normales (% anual)	12.919	24.234 Max (30.427 % primavera)	1.009	0.0
Vientos Normales (km/hr) anual	3.004 Max (3.823 invierno)	1.898	2.563	0.0
Frecuencia Vientos máximos (% anual)	17.808 Max (18.92 primavera)	15.786	15.187	17.550
Vientos Máximos (km/hr) anual	388.273 Max (419.859 primavera)	327.44	307.349	328.482

IV.3.2.5. Mareas

Para la caracterización de la marea astronómica en el SAR se consultaron dos fuentes de información;

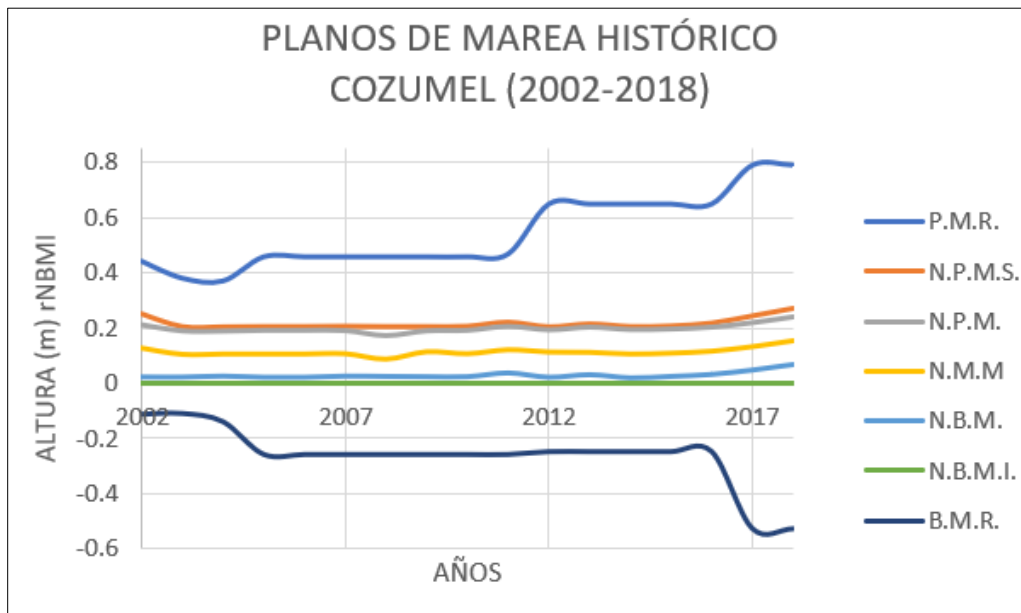
- ⇒ Tablas de predicción de mareas por la Secretaría de Marina (SEMAR).
- ⇒ Pronósticos de mareas del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE).

Los niveles característicos del mar que se han identificado en las predicciones que edita la Secretaría de Marina (SEMAR) para la región de Cozumel en la estación mareográfica ubicada en las coordenadas Lat. 20° 30' 26" N y Long. 86° 57' 22" W mediante el análisis estadístico del monitoreo constante que realizó durante el periodo de registros de Mayo de 1999 a Agosto de 2016 son:

Planos de mareas referidos al nivel de bajamar media inferior (NBMI)

- Pleamar máxima registrada 0.790 m
- Nivel de pleamar media superior 0.243 m
- Nivel de pleamar media 0.219 m
- Nivel medio del mar 0.133 m
- Nivel de bajamar media 0.049 m
- Nivel de bajamar media inferior 0.000 m
- Bajamar mínima registrada -0.530 m

Figura IV-70. Planos o Niveles de Marea, Cozumel, Q. Roo.



Validación del modelo hidrodinámico por mareas

Como parte de los estudios hidrodinámicos y de oleaje, se utilizó el modelo numérico Delft3D, que acopla el modelo numérico para cálculo de oleaje SWAN (Simulating Waves Nearshore), al usar ambos modelos se puede pronosticar las características hidrodinámicas de la zona que se desee que esté sobre la costa.

Las mallas que se utilizan para el modelo corresponden al área del proyecto, abarcando el espacio suficiente para que se puedan desarrollar los cálculos y así evitar errores numéricos.

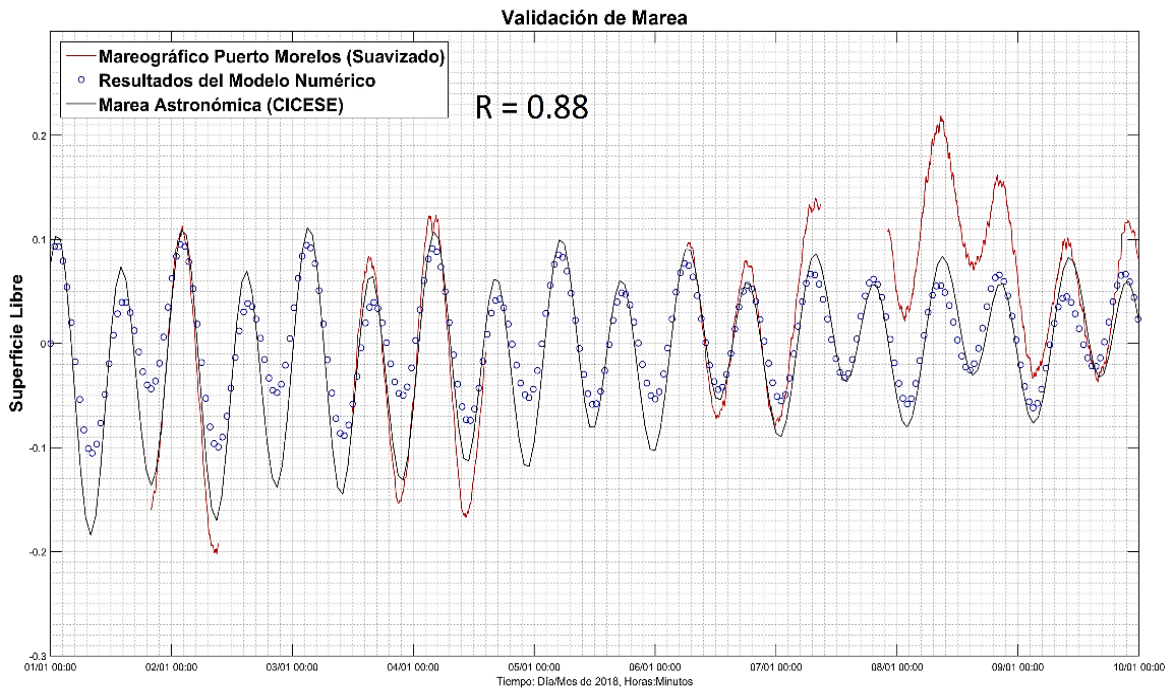
Para los cálculos del modelo se considera una malla de Rugosidades la cual es variante de acuerdo a la característica de la celda, es decir, si la celda es una celda de agua, esta tendrá un coeficiente de Rugosidad de Manning de 0.024; si la celda considera tierra, el coeficiente de Rugosidad es de 0.08, y estos valores se usan para todos los cálculos (Ver la siguiente figura).

Para saber si el modelo se comporta de acuerdo a la realidad, es necesario hacer una evaluación previa de este, donde se relacionarán los cálculos y se verá si corresponden con los valores medidos.

Las observaciones de mareas existentes para la zona son los constituyentes armónicos del mareógrafo que opera actualmente en Puerto Morelos (20°52.10' N, -86°52.00' W), disponibles en el Servicio Mareográfico Nacional (SMN: <http://www.mareografico.unam.mx>). Con el cual se han validado los datos del modelo.

Para modelaciones de frontera se han usado los resultados del modelo global de marea para forzar el modelo. Se utiliza el modelo TPXO.8, que desarrolló Egbert et al. (1994) y ha sido modificado por Egbert y Erofeeva (2002). Este es un modelo inverso de mareas que obtiene información del nivel del mar, a partir de las observaciones del sensor TOPEX/Poseidon. La onda de marea, caracterizada por su amplitud y su fase, es especificada a lo largo de las fronteras abiertas de la malla. Para este modelo se tomaron en cuenta las siguientes componentes armónicas M2, S2, N2, K2, K1, O1, P1, Q1, MF, MM, M4, MS4, MN4.

Figura IV-71. Validación de Mareas, Modelo de Simulación



El coeficiente de correlación entre los resultados del modelo y la marea astronómica fue alto, con un $R = 0.88$, mientras que la correlación de los resultados del modelo contra la marea medida resulta del orden de $R = 0.70$, el cual es un valor alto, si consideramos que la marea medida, es la marea astronómica, más la marea meteorológica.

Al realizar las simulaciones sólo con la marea se observa que durante mareas vivas, la velocidad durante la entrada de agua al puerto no supera los 15 cm/seg, y al vaciarse está alrededor del mismo valor (ver las siguientes figuras).

Figura IV-72. Nuevo Puerto Durante la llenante

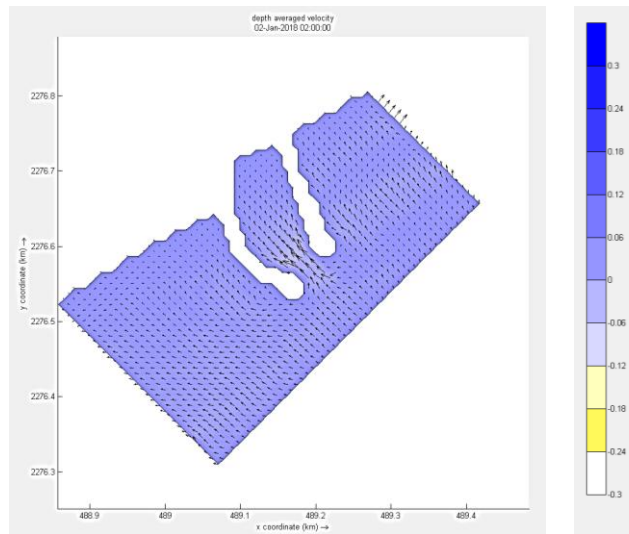
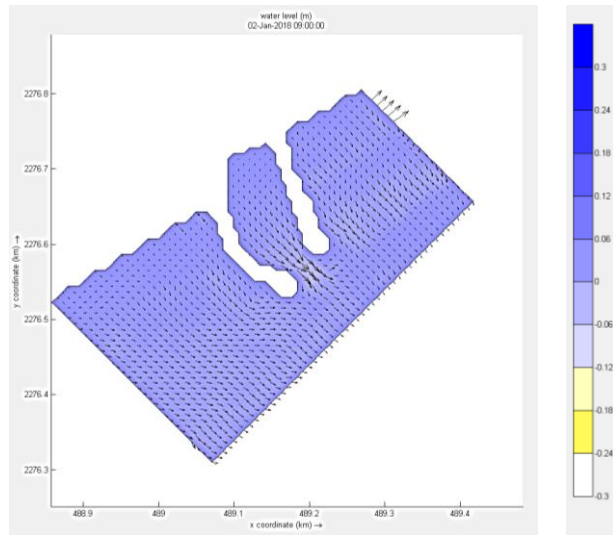


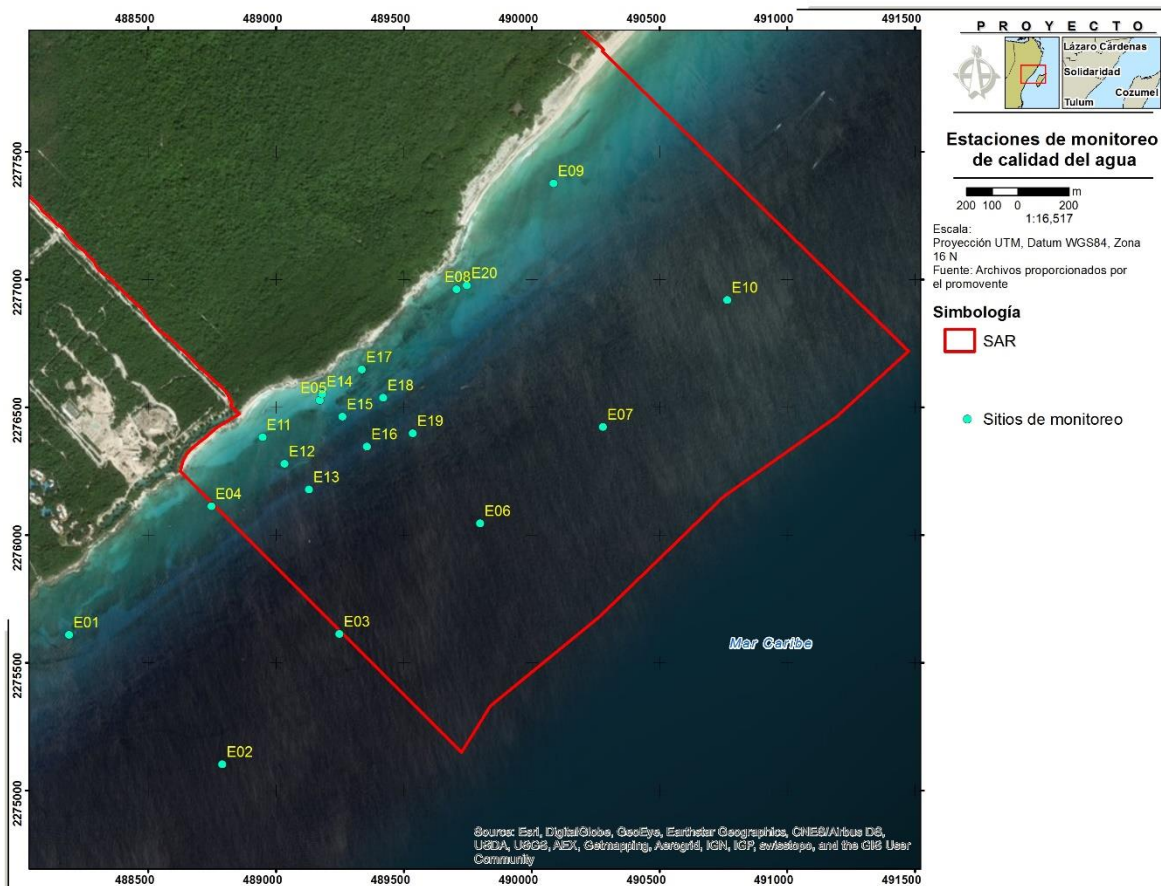
Figura IV-73. Nuevo Puerto durante la vaciante.



IV.3.2.6. Características físico - químicas del agua marina

La toma de muestras del estudio marino se llevó a cabo del 2 al 8 de agosto de 2016, en la región costera localizada frente a Xcaret. Las muestras de agua marina se recolectaron en 10 estaciones dentro de los límites del SAR Marino (a excepción de las estaciones 01 y 02, ver la siguiente figura). En cada estación se midieron in situ las siguientes variables físico químicas: temperatura, conductividad, salinidad, concentración de oxígeno disuelto (y saturación), ORP y pH con una sonda YSI-556 MPS.

Figura IV-74. Estaciones de monitoreo de calidad del agua y sedimentos del medio marino.

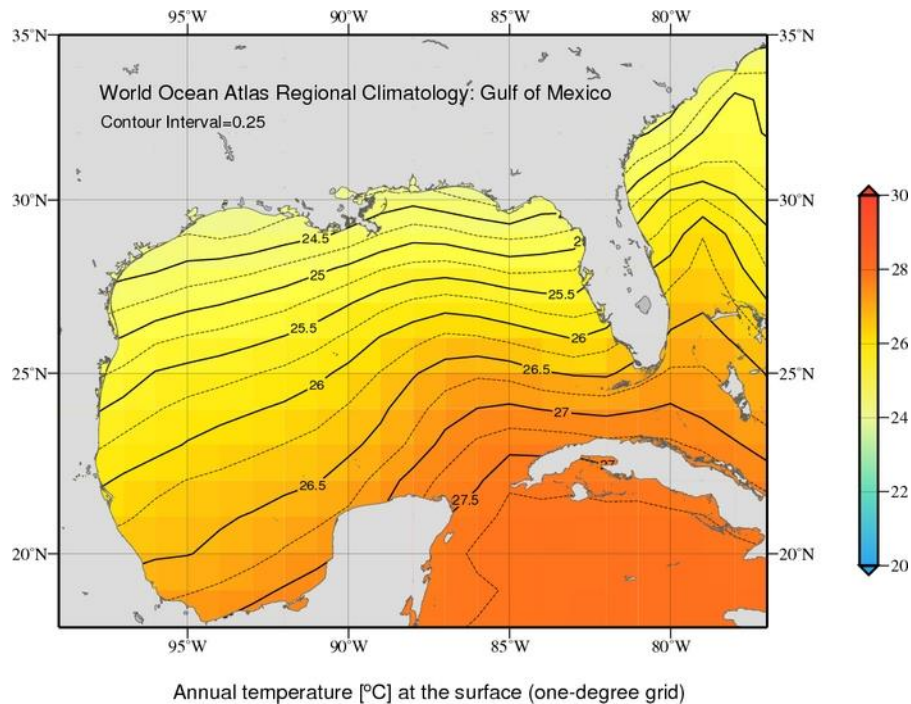


a) Temperatura regional

En el Golfo de México (GM) la temperatura superficial del mar (TSM) varía entre 19° y 26.5° C. Los valores más bajos se detectan en las inmediaciones de la costa ubicada entre la frontera de México y Estados Unidos, en el estado de Tamaulipas; en tanto que en la costa sur de Veracruz varían entre 22° y 25° C, en el Golfo de Campeche entre 25 y 26.5° C, y en la costa norte de Yucatán (región donde se localiza el proyecto) son unas décimas de grado mayores a 25° C (Ver la siguiente figura).

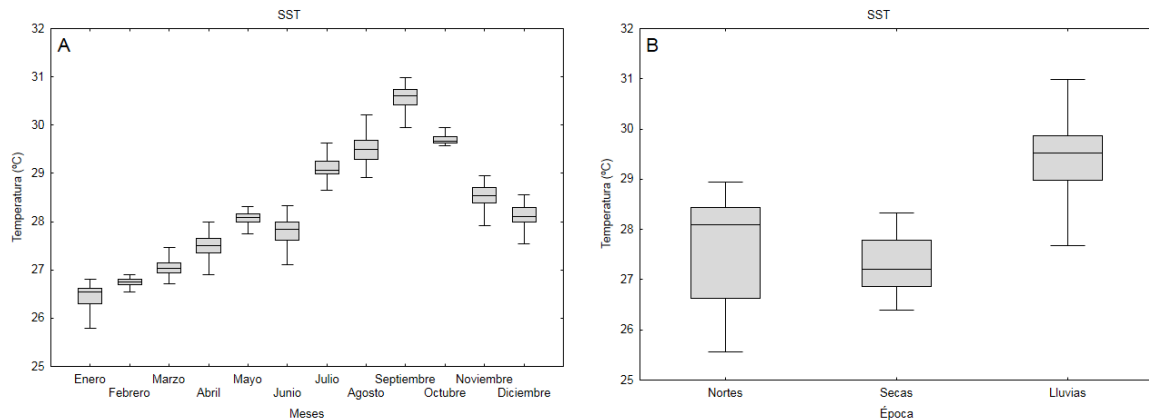
En el litoral del Caribe las temperaturas son cálidas (>26° C). Por otro lado, a diferencia de noviembre se observan anomalías negativas en el norte del Golfo, en la costa de Tamaulipas y Veracruz, así como en parte del Golfo de Campeche. Los valores más bajos se registran en las costas de Louisiana, Texas y Tamaulipas en tanto que los más elevados (>1) en el canal de Yucatán, el centro del Golfo de México y parte del Golfo de Florida. En contraste, en el mar Caribe las condiciones son moderada y extremadamente cálidas (Ver la siguiente figura).

Figura IV-75. Temperatura anual en el Golfo de México y Mar Caribe (NOAA).



La temperatura en el GM y Mar Caribe destaca por el siguiente patrón estacional: durante los meses de diciembre, enero y febrero la temperatura es la más baja debido a los frentes polares y frentes fríos o “nortes”, que se reflejan en el agua a través de un gradiente que resulta de la influencia de las aguas de la Corriente del Caribe, que son cálidas y penetran por el Canal de Yucatán (mínima intromisión y desarrollo de la corriente del Lazo) y van perdiendo calor en su viaje hacia el norte del golfo, además de las descargas de los ríos con temperaturas menores. En esta época la temperatura puede oscilar entre 19° y 27°C (Nowlin y McLellan, 1967) o de 15° a 23° C (Secretaria de Marina, 1985). En los meses que corresponden al verano (de mayo a agosto), el calentamiento del Golfo es mayor debido al máximo de insolación que se registra y porque la Corriente de Lazo se introduce más, alcanzando los 27° N (Ver la siguiente figura).

Figura IV-76. Variación A) anual y por B) época climática de la temperatura superficial del mar Caribe (SST) durante el año 2015.



Temperatura en el SAR marino

El intervalo de temperatura registrado durante el muestreo fue de 29.60°- 30.40° C con un promedio de 29.82°C (Ver la siguiente tabla); superficialmente la temperatura fue diferente entre estaciones de muestreo ($KW9,140=98.96$, $p<0.05$), registrándose las temperaturas máximas ($>30^{\circ}\text{C}$) en las estaciones más costeras (5, 8 y 9) y poco profundas (<5 m) (Ver la siguiente tabla y figura) mientras que las temperaturas menores ($<30^{\circ}\text{C}$) se registraron hacia la porción más alejada a la línea de la costa y más profunda (estaciones 1 a 3, 6, 7 y 10). La temperatura en fondo presentó un comportamiento similar a la registrada en superficie (correlación de Spearman=0.94) fue ligeramente menor (29.96°C y 29.81°C respectivamente) y estadísticamente diferente de la registrada en superficie (Prueba U de Mann-Whitney, $Z=3.20$, $p<0.05$; Ver la siguiente figura).

De forma generalizada, las concentraciones de temperatura y salinidad (ver más adelante) fueron específicas de las masas de agua características del mar Caribe, específicamente de la CSW o agua superficial del Caribe (Gallegos, 1996; Gallegos

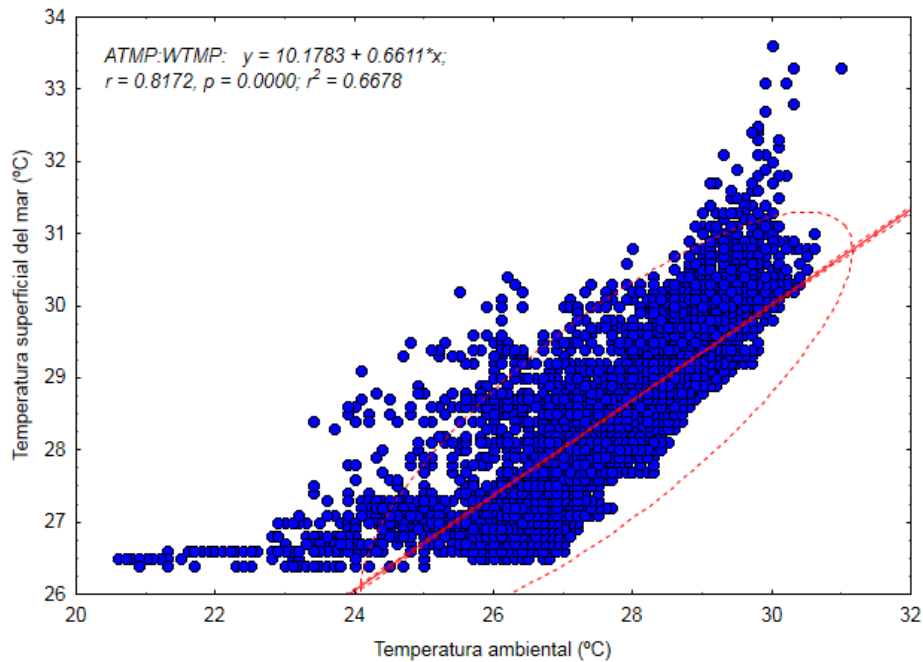
y Czitrom 1997; Carrillo et al., 2016). Para el SAR, la distribución de la temperatura en el medio marino presenta una variante principalmente temporal esto debido a que tanto la temperatura del aire como la del agua muestran una variabilidad estacional. La temperatura ambiental varía de 20.7°C hasta 30.4°C y la temperatura del agua de 25.1°C a 29.9°C (Rodríguez - Martínez et al., 2010). La tendencia general es que si la temperatura ambiental es alta la temperatura superficial del mar también lo será debido a que el agua absorbe la energía solar (Libes, 2009), esto ocurre con las temperaturas de mayo a octubre que van de 29.0°C a 29.7°C en el ambiente y de 28.2°C a 29.5°C en el agua (Rodríguez- Martínez *et al.*, 2010) y una reducción de aproximadamente ~1-4°C durante el resto del año. Finalmente, del mes de noviembre al mes abril los frentes fríos ("nortes") producen un descenso en la temperatura y enfrían la superficie del océano.

Tabla IV-29. Resumen estadístico de las variables físico químicas registradas en el SAR, durante agosto de 2016.

Est	Temperatura (°C)					Oxígeno disuelto (mg/L)					%Saturación				
	Media	DE	Min	Max	CV%	Media	DE	Min	Max	CV%	Media	DE	Min	Max	CV%
1	29.70	0.09	29.61	29.84	0.29	5.35	0.10	5.22	5.49	1.83	86.89	1.51	85.00	89.10	1.74
2	29.69	0.08	29.60	29.79	0.27	5.50	0.01	5.47	5.52	0.25	89.38	0.27	89.00	89.80	0.30
3	29.70	0.08	29.60	29.80	0.26	5.59	0.28	5.48	6.82	5.06	89.84	0.51	88.90	90.60	0.56
4	29.85	0.02	29.82	29.89	0.07	5.52	0.03	5.49	5.57	0.47	89.76	0.39	89.40	90.60	0.44
5	30.21	0.08	30.14	30.34	0.27	5.75	0.02	5.73	5.77	0.30	94.07	0.31	93.60	94.40	0.33
6	29.73	0.09	29.60	29.81	0.29	5.48	0.02	5.45	5.50	0.30	89.05	0.37	88.50	89.50	0.41
7	29.80	0.02	29.75	29.83	0.08	5.43	0.01	5.42	5.45	0.15	88.42	0.14	88.10	88.60	0.16
8	30.09	0.10	30.01	30.25	0.32	5.70	0.03	5.67	5.73	0.44	93.03	0.48	92.50	93.70	0.52
9	30.26	0.11	30.11	30.40	0.38	5.73	0.35	5.43	6.69	6.16	91.71	1.69	89.00	93.60	1.85
10	29.78	0.04	29.70	29.81	0.12	5.39	0.03	5.35	5.43	0.47	87.76	0.46	87.00	88.30	0.52
All Grps	29.82	0.19	29.60	30.40	0.64	5.51	0.18	5.22	6.82	3.30	89.41	1.91	85.00	94.40	2.14

Est	Salinidad					pH					SST (mg/L)				
	Media	DE	Min	Max	CV%	Media	DE	Min	Max	CV%	Media	DE	Min	Max	CV%
1	35.66	0.06	35.55	35.72	0.17	8.15	0.01	8.14	8.16	0.07	0.010	0.001	0.009	0.010	5.89
2	35.73	0.01	35.72	35.73	0.01	8.18	0.01	8.17	8.20	0.13	0.008	0.003	0.006	0.010	36.93
3	35.73	0.01	35.72	35.75	0.02	8.06	0.02	8.02	8.11	0.28	0.009	0.000	0.009	0.009	1.59
4	35.63	0.01	35.62	35.65	0.03	8.01	0.02	7.99	8.04	0.21	0.009		0.009	0.009	-
5	35.36	0.33	34.72	35.55	0.93	8.10	0.01	8.09	8.11	0.10	0.011		0.011	0.011	-
6	35.72	0.04	35.54	35.75	0.12	8.11	0.02	8.08	8.14	0.23	0.009	0.000	0.009	0.010	1.50
7	35.72	0.00	35.72	35.73	0.01	8.08	0.02	8.05	8.11	0.19	0.009	0.000	0.009	0.009	2.37
8	35.51	0.12	35.29	35.59	0.34	8.09	0.01	8.08	8.11	0.13	0.010		0.010	0.010	-
9	35.48	0.09	35.38	35.58	0.24	8.03	0.03	8.01	8.10	0.37	0.010		0.010	0.010	-
10	35.73	0.01	35.72	35.74	0.02	8.05	0.01	8.03	8.08	0.17	0.008	0.001	0.007	0.009	18.37
All Grps	35.67	0.13	34.72	35.75	0.36	8.09	0.05	7.99	8.20	0.64	0.009	0.001	0.006	0.011	14.26

Figura IV-77. Relación entre la temperatura ambiental y la temperatura superficial del mar durante 2015. Datos tomados de la boya 42056 - Yucatán Basin - 120 NM ESE of Cozumel, MX.



Para corroborar lo anterior, se tomaron los datos meteorológicos de la boya oceanográfica 42056 de la NOAA cercana a COZUMEL y se realizó una regresión entre la temperatura del aire y la del agua, el resultado se muestra en la figura anterior. Como se observa, se encontró una relación significativa ($p < 0.05$) entre las

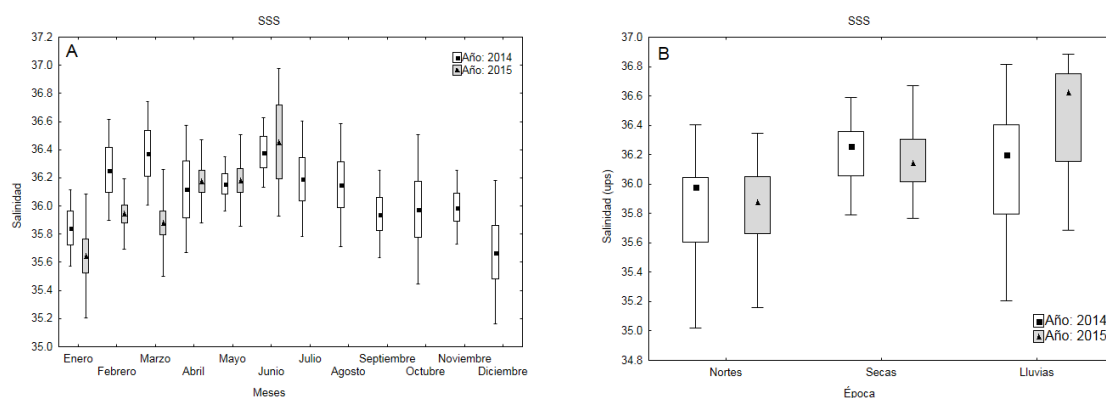
variables lo que se corrobora el argumento anterior (la variación en la temperatura atmosférica determina la variación en la temperatura del agua, por lo menos en la superficie). El intervalo de temperatura registrado durante el estudio marino así como el patrón espacial de distribución reportado, de menor a mayor de la línea de costa mar afuera, corresponden con el registrado para la época de lluvias en la región del Caribe y que ha sido reportado con anterioridad para localidades cercanas como Puerto Morelos (Rodríguez- Martínez et al., 2010; Hernández-Terrones et al., 2011) Mahahual (Rodríguez-Juárez, 2011; Calva-Benítez et al., 2014) y el mismo Xcaret (de la Lanza-Espino et al., 2006).

b) Salinidad regional

En el GM los contenidos más bajos de salinidad se registran en el norte, donde alcanzan hasta 32.16 en invierno y en el banco de Campeche, donde varían de 36.4 y 36.6, son los más altos del golfo más aún que los del Caribe. En el perfil vertical se destaca un máximo de hasta 36.6 y 37.0 que identifica la masa de agua Subtropical Subsuperficial comprendida entre los 50 y 250 m de profundidad, penetra en el Golfo de México a través del canal de Yucatán. Debajo de esta última disminuye la salinidad, asociada también a masas como el Agua Central del Atlántico noroccidental, donde oscila de 33.8 a 34.8 entre los 750 y 950 m; y el Agua Profunda del Atlántico Norte, cuya salinidad va de 34.8 a 35.0 entre los 950 m y el fondo (Gallegos y Czitrom, 1977). Estas masas de agua y sus características salinas fueron registradas por Nowlin (1971) en una localidad central del Golfo de México.

Una marcada heterogeneidad temporal en el régimen de lluvias controla la estacionalidad en el Caribe mexicano (Ver la siguiente figura), con una temporada de secas (febrero-mayo) significativamente diferente de la estación lluviosa (junio-octubre) donde se registran salinidades de 36.22 (CV% 0.91) y 36.11 (CV%1.14).

Figura IV-78. Variación A) anual y por B) época climática de la salinidad superficial del mar Caribe (SSS) durante los años 2014 y parte de 2015.



Salinidad en el SAR

La salinidad varió espacialmente y significativamente entre las estaciones de muestreo en el SAR (KW9, $140=101.81$, $p<0.05$), se identificó un gradiente en dirección costa-océano en donde en las estaciones más cercanas a la costa registraron las salinidades más bajas (<35 ups), mientras que en las estaciones más lejanas de costa las salinidades fueron incrementándose gradualmente hasta alcanzar valores de 35.75 ups. En cuanto a las concentraciones en la columna de agua entre superficie y fondo, presentaron un comportamiento espacial similar (Spearman $r=0.78$, $p<0.05$) pero concentraciones diferentes entre sí (Prueba U de Mann-Whitney, $Z=-2.62$, $p<0.05$) siendo las más altas registradas en fondo (35.75 ups).

La salinidad presentó un valor promedio de 35.67 ups característico de la masa de agua superficial del Caribe o CSW (Gallegos, 1996; Gallegos y Czitrom 1997; Carrillo et al., 2016) sin embargo, los valores mínimos registrados en la zona costera (<35 ups) sugieren dos aspectos principales que determinaron su concentración y distribución: el primero es el efecto de la temporalidad, considerando que el

muestreo se realizó después de una semana de lluvia en el SAR que acumuló 34.55 mm que representó el 20% de la precipitación del mes de agosto (CONAGUA, 2016). Un rasgo distintivo de los sistemas tropicales como la región del Caribe, es que se encuentran sometidos a un régimen hidrológico caracterizado por un evento episódico de lluvias de corta duración durante el verano (Eyre, 1998). La importancia de la influencia dulceacuícola sobre la zona costera involucra varios aspectos que van desde cambios en los patrones de circulación (Monreal-Gómez et al., 1992; Wiseman y Garvine, 1995), hasta procesos biogeoquímicos (Kauppila et al., 2003; Chen y Gardner, 2004) así como el impacto significativo en la hidrología y la estructura de la salinidad.

En segundo lugar, el aporte continental producto de la descarga de aguas subterráneas característica de la Península de Yucatán (Perry et al., 2002; Gondwe et al., 2010; Metcalfe et al., 2011). Al respecto, Medina-Gómez et al., (2014) realizaron un balance hídrico para Bahía de Ascensión (BA) y determinaron que el 16% de las precipitaciones sobre la cuenca de drenaje se convierte en descarga de aguas subterráneas, más escorrentía superficial en BA durante la estación seca, mientras que el 68% de entrada de la precipitación se suministra a través del escurrimiento de las aguas subterráneas a la superficie de la bahía durante las lluvias; esta entrada combinada tiene el potencial de alterar las variaciones estacionales y espaciales de salinidad dentro de BA (Ver la siguiente tabla). Se calculó el factor de dilución (Giovanardi y Vollenweider, 2004) para identificar la mezcla entre agua dulce y marina usando como referencia el valor de salinidad de la CSW= 36.6 (Carrillo et al., 2016).

Tabla IV-30. Concentración de las condiciones físico químicas en diferentes localidades del mar Caribe y Península de Yucatán durante la época de lluvias.

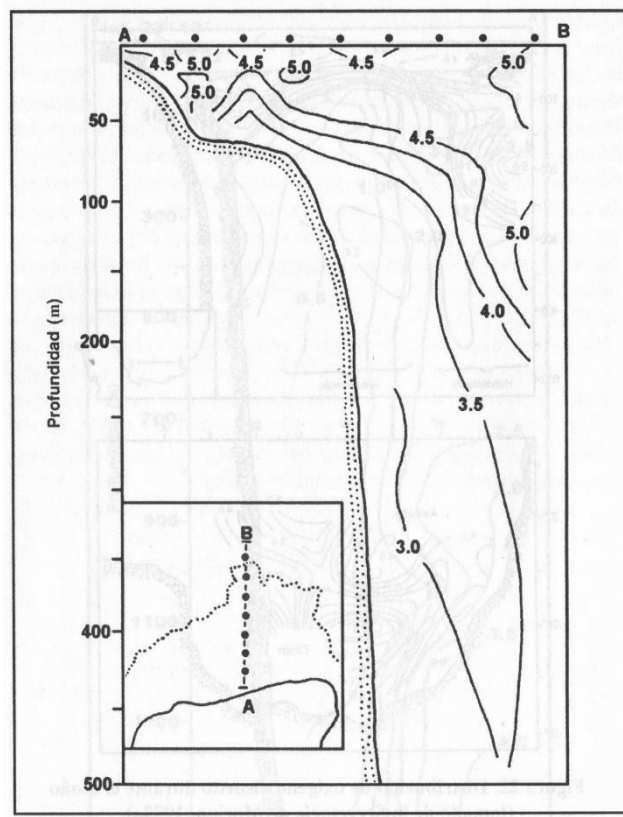
REFERENCIA	Localidad	Temperatura			Salinidad			OD (mg/L)			%SAT			pH		
		Media	Min	Max	Media	Min	Max	Media	Min	Max	Media	Min	Max	Media	Min	Max
Este estudio	Xcaret- Agosto 2016	29.82	29.60	30.40	35.67	34.72	35.75	5.51	5.22	6.82	89.41	85.00	94.40	8.09	7.99	8.20
Herrera-Silveira y Morales-Ojeda, 2010	Holbox	28.1	25.2	29.8	38.8	35.2	43.2	4.2	2.6	5.4	96	59	121			
	Chacmochuk	31.50	29.60	33.90	34.40	23.60	39.40	5.10	3.20	8.00	140.00	75.00	286.00			
	Ascención	29.50	23.50	34.90	30.70	1.10	37.70	7.10	2.80	12.80	151.00	54.00	286.00			
	Bahía de Chetumal	29.20	27.30	32.10		4.00	20.00	6.20	1.30	8.60	123.00	26.00	168.00			
INE-SEMARNAP, 2000	Zona nerítica Quintana Roo							8.76	7.38	6.78				8.78	8.12	8.50
	Bahía de Chetumal				26.00	2.00		6.60	6.13	6.37				7.89	7.59	7.75
Calva et al., 2014	Sistema Arrecifal Mesoamericano	30.17	29.40	31.60	35.67	34.03	36.39	5.41	1.83	7.31				7.30	6.86	7.56
Null et al., 2014	Sian Kaán / Oct 09															
	Beach GW				28.10											
	Nearshore				31.20											
	Ojo															
Medina-Gómez et al., 2014	Bahía Ascensión															
	RL= Reef lagoon	28.80	27.90	29.40	39.90	37.90	40.80									
	VG= Vigía Grande embayment	28.70	27.20	29.80		3.90	18.00									
Hernández-Terrones et al., 2011	Puerto Morelos															
	Submarine springs	26.79			25.79											
	Reef Lagoon	28.72			33.54											
	Open Sea	29.91			33.75											
Crook et al., 2012	Puerto Morelos	31.6			35.5											8.03
	Jun-09															
	Ojo Gorgos	27.2			28.6											7.13
	Ojo Norte	27			28.7											7.23
	Ojo Laja	28.1			25.8											7.2
	Ojo Mini	27.2			25.9											6.74
	Ojo H-10 Fractura	29.2			30.5											7.24
	Ojo Fractura	30.4			26.7											7.1
	Ago-10															
	Ojo Gorgos 1	27.2			29.6											7.14
	Ojo Gorgos 2	27.2			29.6											6.77
	Ojo Norte	27			29.2											6.61
	Ojo Laja	27.5			28.7											7.02
	Ojo Pargos 1	27.5			28.7											6.88
	Ojo H-10 Fractura	27.9			29.4											7.09
	Ojo de agua	27.2			29.7											6.94
Rodríguez-Juárez, 2011	Mahahual	30.30	29.1	32.40				9.30	7.5	11.80				9.30	9.1	9.50
		31.40	30	33.10				8.00	6.3	8.80				8.30	8.2	8.60
Aranda-Cirerol et al., 2006	Agua subterránea Yucatan															
	Dzilam de Bravo	27.20	23.10	31.80	36.10	24.00	29.60	5.38	1.37	10.86						
	Progreso	26.30	21.70	31.00	38.40	24.80	39.70	5.29	1.70	9.25						
	Sisal	26.40	22.70	30.90	37.70	31.60	39.70	5.87	4.39	7.08						
	Celestún	26.60	21.80	31.10	37.60	35.60	39.00	5.76	2.16	7.90						
Carruthers et al., 2005	Puerto Morelos	28.40			33.30											
	Manantial	30.60			36.20											

El resultado corroboró la entrada de agua dulce en las inmediaciones de las estaciones más cercanas a la costa, a nivel superficial al tratarse de aguas menos densas. Esta influencia explica el gradiente de salinidad registrado en el estudio marino tal como lo sugiere Medina-Gómez et al., (2014).

c) Oxígeno disuelto escala regional

Puesto que el Caribe mexicano y la plataforma norte de Yucatán existe una ascensión de aguas (surgencia dinámica o de circulación), esta es posible verla a través de las oxíclinas que se elevan conforme asciende la masa de agua (Ver la siguiente figura).

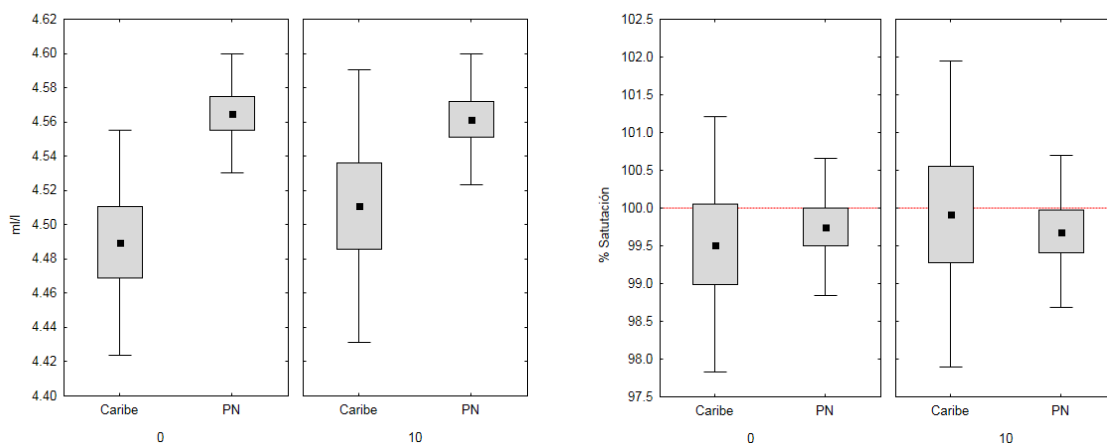
Figura IV-79. Perfil vertical del oxígeno disuelto (ml/l) en la plataforma de la península de Yucatán.



En la zona costera de la región norte de la península de Yucatán (PN), por los aportes de nutrientes que se reciben del continente, se favorece una alta producción primaria y, en consecuencia, una mayor concentración de oxígeno (4.57 ml/l) en comparación con la región del Caribe donde se encuentra el SAR donde la

concentración es menor con concentraciones promedio de 4.49 en superficie y 4.51 ml/L a 10 m de profundidad ligeramente mayores a la saturación (Ver la siguiente figura).

Figura IV-80. Variación de la concentración de oxígeno disuelto y el porcentaje de saturación en la región central del Caribe y la región noroeste de la península de Yucatán (PN) según datos de WOA09_Annual collection.



Oxígeno disuelto en el SAR

La concentración de oxígeno disuelto varió espacialmente ($KW_{9,140}=129.77$, $p<0.05$) y presento los valores más bajos (5.2 mg l^{-1}) en las regiones más marinas (lejanas de la costa) mientras que los valores intermedios ($\sim 5.7 \text{ mg l}^{-1}$) evidencian una zona de mezcla, resultado del encuentro del agua subterránea y agua marina principalmente en algunas estaciones más cercanas a la costa. La variación entre las concentraciones de oxígeno en superficie y fondo fue similar ($r=0.72$, $p<0.05$), y al contrario de la temperatura y la salinidad las concentraciones más altas fueron en superficie que en fondo (6.20 mg l^{-1} y 5.75 mg l^{-1} respectivamente).

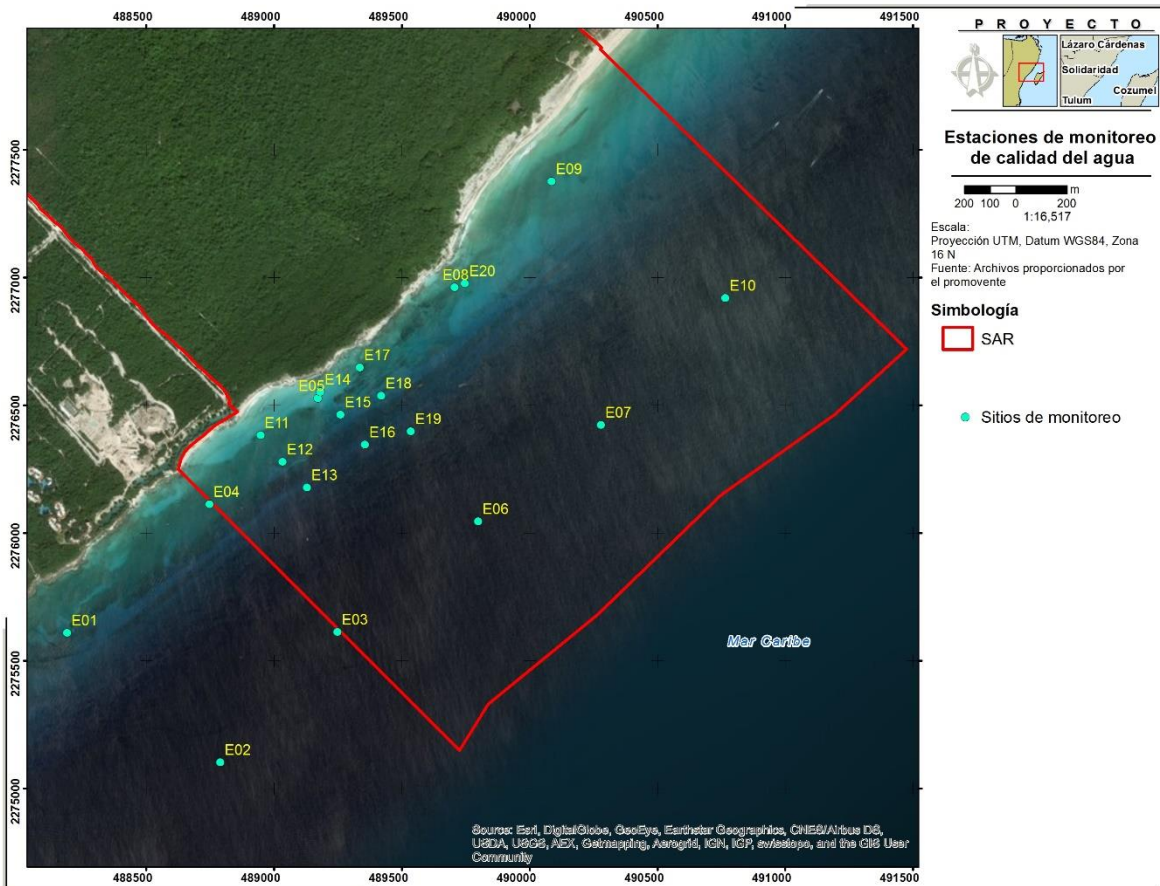
Durante el muestreo de lluvias, el oxígeno disuelto se encontró relacionado de forma negativa con el amonio ($r=-0.55$, $p<0.05$) y confirma que la incorporación de grandes cantidades de materia orgánica acarreada por la descarga de agua subterránea, reduce la concentración de este gas debido a que los procesos de oxidación de esta materia orgánica demandan cantidades significativas del gas (Mallin et al., 2006; Millero, 2005, Tomczak, 2001).

La concentración de oxígeno disuelto en el agua depende de la temperatura, la salinidad y la presión atmosférica entre otros factores (De la Lanza, 1994), en este sentido, las concentraciones en todo el SAR se encontraron por debajo del 100% de saturación de oxígeno, lo que sugiere que la alta temperatura registrada durante la época (promedio de 29.82°C), las altas salinidades registradas en algunas estaciones (3, 6, 7 y 10 Ver la figura de la ubicación de las estaciones) y la demanda de oxígeno por degradación de materia orgánica condicionaron las concentraciones de este gas en el SAR.

d) pH en el SAR

Los valores de pH registrados en el SAR variaron de 7.99 en las estaciones costeras (3, 4 y 9, ver la siguiente figura) a 8.20 registrados en las estaciones 1 y 2, lo que representó una variación espacial significativa ($KW_{9, 140}=129.86$, $p<0.05$) mientras que entre superficie y fondo no hubo diferencias debido a su similitud en concentración (Spearman $r=0.91$).

Figura IV-81. Estaciones de monitoreo de calidad del agua y sedimentos del medio marino.



Day et al., (1989) señalan que existe un equilibrio entre el pH y la concentración de oxígeno disuelto con el CO₂, es decir, cuando se lleva a cabo la fotosíntesis, el oxígeno y el pH se incrementan mientras que el CO₂ disminuye, y lo contrario (disminución del oxígeno y del pH) se presenta durante la respiración y descomposición de la materia orgánica. La comparación de los valores de pH registrados en el estudio marino (7.99-8.20) con los registrados por Crook et al., (2012) para Puerto Morelos fueron mayores, esto debido a que en esa zona (Puerto Morelos) existen manantiales u “ojos de agua” que afloran directamente en el área

y que demuestra que el agua subterránea al contener una cantidad mayor de materia orgánica presenta valores de pH menores resultado del proceso de degradación, mientras que en el SAR (adyacente a Xcaret) la entrada de agua subterránea es por infiltración. Lo anterior, nos indica que en el SAR no existe la presencia de manantiales u “ojos de agua” que descarguen en el SAR marino.

e) Sólidos Suspendidos Totales en el SAR

La concentración de sólidos suspendidos totales (SST) varió de 0.006 mg/L a 0.011 mg/L y en general fue baja (promedio de 0.009 mg/L) lo que permitió identificar una zona de mezcla alrededor de las estaciones 5, 6, 8 y 9 (ver la figura anterior,) coincidiendo con la entrada de agua subterránea, las salinidades más bajas y la temperatura más alta.

Los SST es un parámetro fisicoquímico que mide la cantidad de material (sólidos) que se encuentran suspendidos en el agua y no pueden ser disueltos. Su presencia causa turbiedad en el agua y reducen la penetración de la luz solar en los cuerpos de agua, reduciendo la actividad fotosintética y limitando el crecimiento de plantas acuáticas. De acuerdo con la SEMARNAT (2016), usando los SST como indicador, las regiones con el mayor porcentaje de sus sitios de monitoreo en aguas superficiales con excelente calidad fueron Cuencas Centrales del Norte (72.7%) y Península de Yucatán (71.1%) los resultados obtenidos en el estudio marino que se llevó a cabo para el presente proyecto corroboran tales resultados.

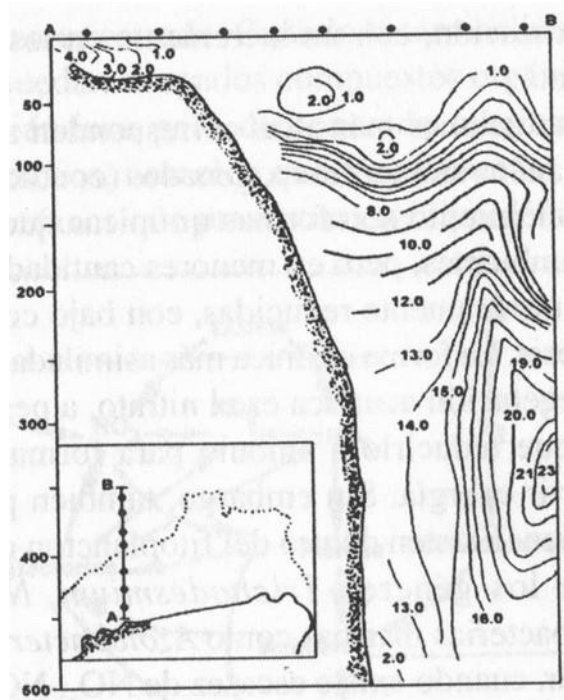
f) Nutrientes a escala regional

En aguas superficiales del GM y el Mar Caribe, el contenido de nitratos oscila entre 0.1 μM frente a Cancún y 6.0 μM frente a Tamaulipas. Las características de circulación influyen en forma visible en la distribución de este nutriente, por ejemplo

la dinámica de afloramiento de aguas en la península de Yucatán favorece la ascensión de nitratos (Ver la siguiente figura).

A nivel superficial no siempre los nutrientes ayudan a identificar algún proceso de dinámica oceánica, por ejemplo, la ascensión y el afloramiento de aguas profundas o giros. En el Caribe mexicano solo a partir de los 200 m de profundidad se detecta la ascensión de aguas que tocan a la península de Yucatán con altas concentraciones de nitratos. El afloramiento en el oriente de la península yucateca es estacional y producido por cambios en la velocidad de la Corriente de Yucatán, que fricciona el talud continental haciendo ascender las aguas de fondo (Cochrane, 1968), registrándose los máximos en primavera y menores en otoño-invierno. Las aguas que afloran en dicha área provienen de aguas caribeñas de 225 a 250 m de profundidad con contenidos de NO₃ de 8 a 11 μM (Merino, 1992).

Figura IV-82. Perfil vertical de los Nitratos en la surgencia de Progreso, Yucatán (Ramos, 1990).



Fósforo

En el afloramiento de la península de Yucatán, Merino (1992) propone a través de la disposición de las isoclinas de ortofosfatos, la ascensión de aguas profundas ricas en este nutriente, detectándose contenidos de hasta $2.2 \mu\text{M}$ a 250 m de profundidad, con una reducción marcada en verano hasta de 80%, debido a cambios en la dinámica del afloramiento.

Clorofila a

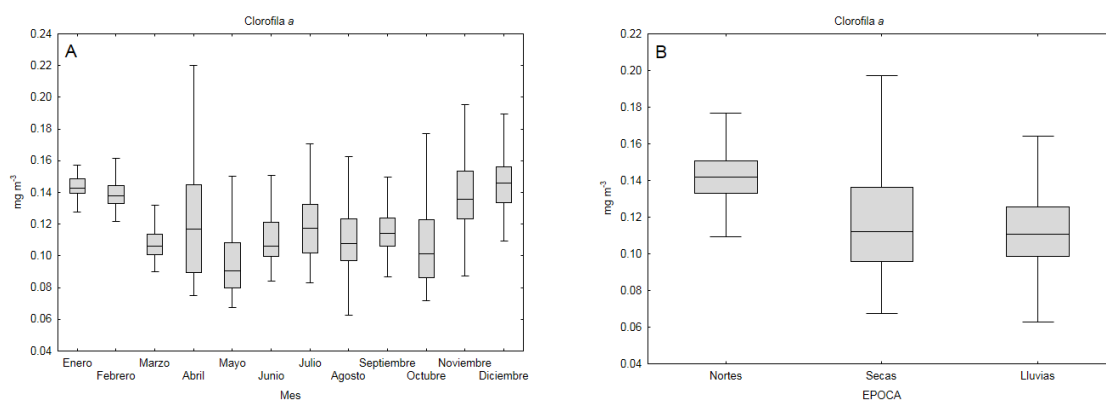
En general la concentración del pigmento es baja, su concentración cataloga a los ambientes como oligotróficos y corresponden, en ocasiones, a la región oceánica. Signoret et al., (1998) cuantificaron concentraciones de 0.04 a 0.33 mg m^{-3} desde la superficie a 120 m de profundidad; en las áreas de surgencia de Yucatán se alcanzan 1.41 mg m^{-3} en superficie hasta 4.24 mg m^{-3} a los 20 m evidencia de la ascensión de agua rica en nutrientes. Müller-Karger et al., (1991) definieron comportamientos espaciales y temporales del pigmento basados en imágenes de satélite (CZCS) resultado de la circulación fundamentalmente y del clima (Ver la siguiente figura). Los máximos valores ($>0.18 \text{ mg m}^{-3}$) los autores los reportaron de diciembre a febrero (época de nortes) y los mínimos de mayo a junio (0.6 mg m^{-3}) siendo la profundidad de la capa de mezcla la que controla la concentración del pigmento; además, discriminaron las diferencias entre el océano y la plataforma continental donde se alcanzan valores hasta de 1.5 mg m^{-3} .

Merino, (1992) registró concentraciones puntuales hasta de 4 mg m^{-3} durante primavera con una disminución en otoño (0.25 mg m^{-3}). En áreas de surgencia, el autor definió la variación vertical con el nivel de clorofila máximo (1.5 mg m^{-3}) a escasos 20 m de profundidad y una disminución a partir de los 40 m ($<0.25 \text{ mg m}^{-3}$).

3) mientras que en áreas sin surgencia los valores no alcanzan más de 0.25 mg m^{-3} a los 110 m de profundidad.

Durante 2015, los valores de clorofila a en el SAR presentaron una temporalidad bien diferenciada (Ver la siguiente figura) coincidiendo por lo expuesto por Signoret et al., (1998); las concentraciones más altas se detectaron durante nortes ($0.15 \pm 0.10 \text{ mg m}^{-3}$) así como también la máxima variación (CV% 67) mientras que en secas y lluvias la concentración promedio fue similar (0.12 mg m^{-3}).

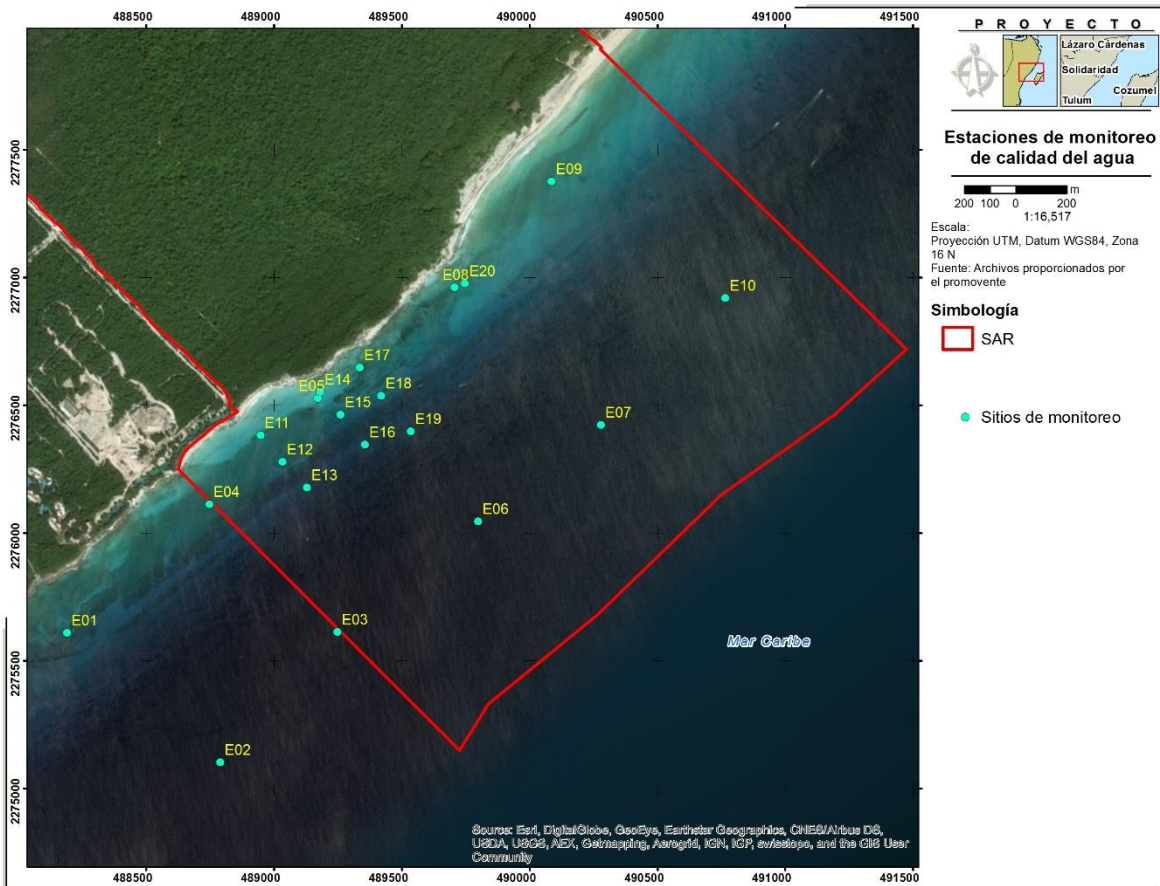
Figura IV-83. Variación A) anual y por B) época climática de la clorofila a superficial del mar Caribe durante 2015.



Amonio en el SAR

El amonio varió en concentración de $0.57 \mu\text{M}$ a $5.91 \mu\text{M}$ con un promedio de $1.99 \mu\text{M}$; especialmente registraron concentraciones de amonio $<1 \mu\text{M}$ en las estaciones más alejadas de la costa (2, 4, 6, 7 y 10, ver la siguiente figura) y concentraciones entre $2 \mu\text{M}$ y $3 \mu\text{M}$ en las inmediaciones de las estaciones 5, 8 y 9. En fondo se registraron las máximas concentraciones $3 \mu\text{M}$ principalmente en las estaciones 1, 3, 6, y 10 en dirección sur-norte.

Figura IV-84. Estaciones de monitoreo de calidad del agua y sedimentos del medio marino.



La concentración de amonio registrada fue similar a la reportada para el SAR y áreas adyacentes (Ver la siguiente tabla) sin embargo, tales concentraciones son tan variables que se han reportado desde valores por debajo del límite de detección del método ($0.1 \mu\text{M}$) hasta valores tan altos como $51.15 \mu\text{M}$. Lo anterior se debe probablemente a las fuentes locales de contaminación que pueden ser una causa importante para la variabilidad entre los sitios. Así lo reportó Hernández-Terrones (2011) para algunos de sitios de Puerto Morelos, donde las concentraciones de amonio fueron tan altas como $21.51 \mu\text{M}$ y en un sitio de playa cercano a un complejo hotelero, el amonio y los nitratos también fueron anormalmente altos. Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Lapointe et al., (1990) quienes

reportaron aumentos de nutrientes hasta 5.000 veces más en aguas subterráneas cercanas a los tanques sépticos en los Cayos de Florida.

Tabla IV-31. Resumen estadístico de los nutrientes registrados durante agosto de 2016.

Estación	Amonio (N-NH ₄ µm)					Nitratos (N-NO ₃ µm)					Nitritos (N-NO ₂ µm)					Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID)				
	Media	DE	Min	Max	CV%	Media	DE	Min	Max	CV%	Media	DE	Min	Max	CV%	Media	DE	Min	Max	CV%
E01S	4.49	2.02	3.06	5.91	44.96	1.98	1.21	1.12	2.84	61.31	0.13	0.10	0.06	0.21	75.39	6.60	3.33	4.24	8.96	50.49
E01F	2.57	0.99	1.87	3.27	38.61	0.42	0.04	0.40	0.45	8.71	0.07	0.01	0.07	0.08	10.75	3.07	0.96	2.39	3.75	31.42
E02S	1.14	0.63	0.69	1.58	55.14	0.25	0.06	0.21	0.29	23.61	0.09	0.04	0.06	0.12	47.00	1.47	0.53	1.10	1.85	35.74
E02F	0.72	0.22	0.57	0.87	29.86	0.11	0.09	0.05	0.18	80.74	0.15	0.10	0.09	0.22	62.95	0.99	0.21	0.84	1.13	21.06
E03S	2.95	0.04	2.92	2.98	1.35	3.14	4.17	0.19	6.08	132.79	0.17	0.11	0.09	0.25	66.62	6.25	4.24	3.26	9.25	67.78
E03F	2.27	0.15	2.16	2.38	6.80	0.16	0.00	0.16	0.16	1.20	0.08	0.00	0.08	0.08	1.76	2.51	0.15	2.40	2.62	6.01
E04S	1.13	0.50	0.78	1.48	44.21	0.53	0.05	0.49	0.57	10.29	0.14	0.10	0.07	0.22	69.77	1.80	0.65	1.34	2.26	36.30
E05S	2.66	1.05	1.91	3.40	39.65	0.58	0.14	0.48	0.68	24.58	0.13	0.03	0.11	0.14	22.11	3.37	0.88	2.74	3.99	26.25
E06S	0.96	0.15	0.85	1.07	16.09	0.15	0.05	0.12	0.19	32.89	0.25	0.30	0.03	0.46	123.91	1.36	0.51	1.00	1.72	37.51
E06F	2.31	0.76	1.77	2.85	32.91	0.33	0.12	0.25	0.42	36.47	0.11	0.06	0.07	0.15	52.21	2.75	0.94	2.09	3.41	34.09
E07S	0.64	0.03	0.61	0.66	5.19	0.10	0.00	0.09	0.10	2.36	0.05	0.01	0.04	0.05	10.90	0.78	0.04	0.75	0.81	4.62
E07F	1.48	0.48	1.14	1.82	32.23	0.12	0.09	0.05	0.18	79.48	0.07	0.01	0.06	0.08	18.40	1.67	0.58	1.26	2.08	34.89
E08S	2.78	0.36	2.52	3.03	13.01	1.33	0.01	1.32	1.34	1.05	0.24	0.09	0.18	0.31	38.14	4.35	0.28	4.15	4.55	6.47
E09S	1.80	0.21	1.64	1.95	11.97	0.51	0.10	0.44	0.58	19.15	0.12	0.06	0.08	0.17	52.58	2.42	0.38	2.16	2.69	15.49
E10S	2.79	0.67	2.32	3.26	23.99	0.88	0.82	0.30	1.46	93.39	0.14	0.02	0.13	0.15	11.00	3.81	0.17	3.69	3.93	4.43
E10F	1.14	0.41	0.85	1.43	35.99	0.13	0.07	0.08	0.19	56.21	0.06	0.04	0.03	0.09	64.63	1.33	0.30	1.12	1.54	22.18
All Grps	1.99	1.15	0.57	5.91	58.03	0.67	1.14	0.05	6.08	170.56	0.13	0.09	0.03	0.46	72.46	2.78	2.01	0.75	9.25	72.28

Estación	Ortofosfatos (P-PO ₄ µm)					Silicatos (Si-SiO ₂ µm)					Fósforo Total (FT)					Nitrógeno Total (NT)				
	Media	DE	Min	Max	CV%	Media	DE	Min	Max	CV%	Media	DE	Min	Max	CV%	Media	DE	Min	Max	CV%
E01S	0.10	0.02	0.09	0.12	20.48	4.54	2.57	2.73	6.36	56.59	0.37	0.17	0.26	0.49	44.96	20.96	8.06	15.26	26.66	38.48
E01F	0.09	0.02	0.08	0.10	18.23	2.21	0.05	2.17	2.24	2.12	0.49	0.12	0.40	0.57	24.27	21.10	1.65	19.94	22.27	7.84
E02S	0.10	0.02	0.09	0.11	15.61	3.03	0.85	2.43	3.63	28.13	0.62	0.15	0.51	0.72	23.93	28.35	5.67	24.35	32.36	19.99
E02F	0.09	0.01	0.09	0.10	7.81	2.48	0.27	2.29	2.68	11.07	0.41	0.09	0.34	0.47	21.80	23.33	4.15	20.39	26.26	17.78
E03S	0.13	0.01	0.12	0.14	6.72	2.24	0.40	1.96	2.52	17.68	0.95	0.92	0.30	1.60	97.04	53.99	46.75	20.93	87.04	86.60
E03F	0.09	0.01	0.08	0.09	14.79	3.90	3.01	1.78	6.03	76.98	1.80	1.20	0.95	2.64	66.51	26.07	12.80	17.02	35.12	49.10
E04S	0.09	0.01	0.08	0.09	8.86	2.87	1.42	1.86	3.88	49.57	1.99	1.25	1.11	2.87	62.77	33.01	12.41	24.24	41.79	37.60
E05S	0.08	0.02	0.06	0.10	31.18	2.68	1.88	1.35	4.01	70.15	0.35	0.06	0.30	0.40	18.54	25.18	0.59	24.76	25.59	2.33
E06S	0.07	0.03	0.05	0.09	36.44	3.82	2.02	2.39	5.26	52.95	0.60	0.20	0.46	0.74	32.55	25.95	1.81	24.67	27.23	6.98
E06F	0.10	0.00	0.09	0.10	3.60	2.81	1.04	2.08	3.55	36.98	0.37	0.11	0.29	0.45	30.29	22.02	6.88	17.16	26.89	31.25
E07S	0.07	0.00	0.06	0.07	6.66	1.77	0.03	1.75	1.80	1.93	0.30	0.02	0.29	0.32	5.62	22.17	5.66	18.16	26.17	25.53
E07F	0.10	0.03	0.08	0.13	34.06	2.36	0.01	2.35	2.37	0.49	0.95	0.77	0.40	1.49	81.30	21.90	3.18	19.65	24.15	14.53
E08S	0.12	0.00	0.12	0.12	1.75	2.87	0.38	2.61	3.14	13.07	2.34	1.24	1.47	3.22	52.79	26.49	4.54	23.29	29.70	17.12
E09S	0.08	0.03	0.07	0.10	30.74	2.53	0.34	2.29	2.77	13.35	2.32	2.66	0.44	4.20	114.76	43.88	25.83	25.61	62.14	58.86
E10S	0.11	0.01	0.11	0.12	4.87	3.69	1.92	2.34	5.05	51.94	0.44	0.00	0.44	0.45	1.11	22.07	5.14	18.44	25.71	23.27
E10F	0.07	0.01	0.06	0.07	12.50	1.95	0.08	1.89	2.01	4.14	0.39	0.10	0.31	0.46	26.35	20.04	2.19	18.49	21.58	10.92
All Grps	0.09	0.02	0.05	0.14	23.25	2.86	1.26	1.35	6.36	44.02	0.92	0.98	0.26	4.20	106.97	27.28	13.92	15.26	87.04	51.02

La variabilidad espacial registrada en el estudio marino del proyecto (distribución espacial en dirección sur a norte) sugiere que la fuente de amonio en el SAR proviene específicamente del parque Xcaret; al respecto de la Lanza-Espino et al., (2006) registraron durante el final de la época de lluvias (mes de noviembre) que todas las estaciones de su red de muestreo (incluido el parque Xcaret) mostraron contenidos altos de amonio que definieron la influencia costera oscilando entre 4.29

a 9.29 μM y que “pueden ser resultado de las actividades de recreación que ahí se desarrollan” además, se sabe que el amonio de las aguas residuales viene de la hidrólisis de la urea y de la descomposición de materia orgánica (Aranda-Cirerol et al., 2006).

Finalmente, la mayor concentración de amonio registrada en fondo fue resultado de los procesos de re mineralización y degradación de la materia orgánica en sedimentos y su subsecuente resuspensión, los factores que promovieron su incorporación en la columna de agua (Herrera- Silveira y Comín, 2000; Medina-Gómez y Herrera-Silveira, 2006) y que quedo corroborado con la relación negativa registrada entre la concentración de oxígeno disuelto y la contribución del amonio al NID ($r=- 0.55$, $p<0.05$).

Nitratos más nitritos en el SAR

Los nitratos presentaron un intervalo de concentración de 0.05 a 6.08 μM con un promedio de 0.67 μM , esto ocasionó que el nutriente presentara una alta variación (CV%170) que sugiere una alta heterogeneidad espacial; las máximas concentraciones se registraron en superficie en la zona más alejada de la costa, específicamente en las estaciones 2, 3 y 6, mientras que en el fondo la mayor concentración se registró en la estación 1 (al oeste fuera del SAR). Los nitritos fueron bajos (promedio 0.13 μM) presentando concentraciones similares entre superficie y fondo ($\sim 1 \mu\text{M}$).

La concentración de nitratos fue similar a lo reportado para el medio marino para zonas del Caribe mexicano, esto es particularmente importante ya que en aguas subterráneas de Yucatán se han detectado valores tan altos entre 116 y 302 μM que han generado contaminación de mantos freáticos volviéndose un problema de salud pública (Pacheco-Ávila y Cabrera-Sansores, 2003; Aranda-Cirerol et al.,

2006) este hecho supone que su origen es antropogénico por percolación de aguas residuales y muestra que las actuales prácticas de eliminación de aguas residuales son inadecuados para las condiciones kársticas de la península de Yucatán y la conexión altamente dinámica del acuífero con los ecosistemas costeros (Hernández-Terrones et al., 2011). Por lo anterior, el registro de nitratos en concentraciones altas ($>100 \mu\text{M}$) en la zona costera sería indicador de contaminación por aguas subterráneas lo cual no fue el escenario en el SAR. Al contrario, las concentraciones más altas se registraron en la zona más alejada de la costa asociadas con la mayor salinidad lo que sugiere un aporte de nitratos del ambiente marino resultado de un afloramiento de aguas profundas tal como lo sugieren Cochrane, (1968) y Merino, (1992).

Fosforo Reactivo Soluble (ortofosfatos) en el SAR

Los fosfatos variaron poco en el SAR (CV%23) lo que supone una relativa homogeneidad en su distribución, la concentración promedio fue de $0.09 \mu\text{M}$ y varió de $0.05 \mu\text{M}$ como valor mínimo a $0.14 \mu\text{M}$ como máximo registrado en las estaciones más lejanas de la costa similar a los nitratos. Las concentraciones de fondo fueron más homogéneas variando apenas 10%, los valores más altos ($0.105 \mu\text{M}$) se registraron en la zona adyacente a las estaciones 6 y 7 (lejos de la costa).

Las concentraciones de fósforo registradas en el estudio marino son las esperadas para un ambiente kárstico donde el fósforo es retenido por rocas carbonatadas y sedimentos por co-precipitación con el calcio (Zimmerman et al 1985; Lapointe et al 1990; Corredor et al., 1999) y caen dentro del intervalo registrado por otros autores en zonas de la región del Caribe como Puerto Morelos, la Bahía de Chetumal, Mahahual e incluso los ambientes costeros del norte de la península de Yucatán como Dzilam de Bravo, Progreso, Sisal y Celestún.

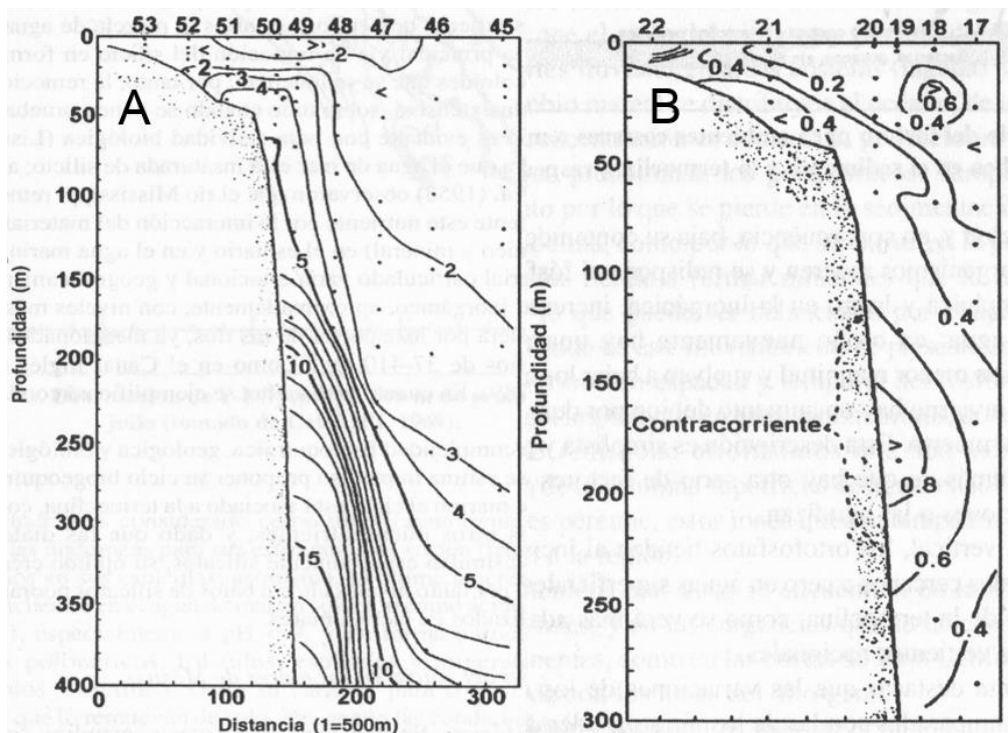
Para Xcaret y zonas adyacentes de la Lanza-Espino et al., (2006) reportaron que las concentraciones de fosfatos fueron en general homogéneas (CV%35), similar a los resultados del estudio marino del presente proyecto, oscilando entre 0.32 y 3.6 μM con una concentración puntual de la estación “Xcaret tanque de delfines” de 8.1 μM , anormal para el medio marino y que puede asociarse a las actividades turísticas.

Silicatos a escala regional

Se han realizado escasos estudios sobre este nutriente y los existentes señalan que es superficialmente pobre con máximos de 2.0 μM .

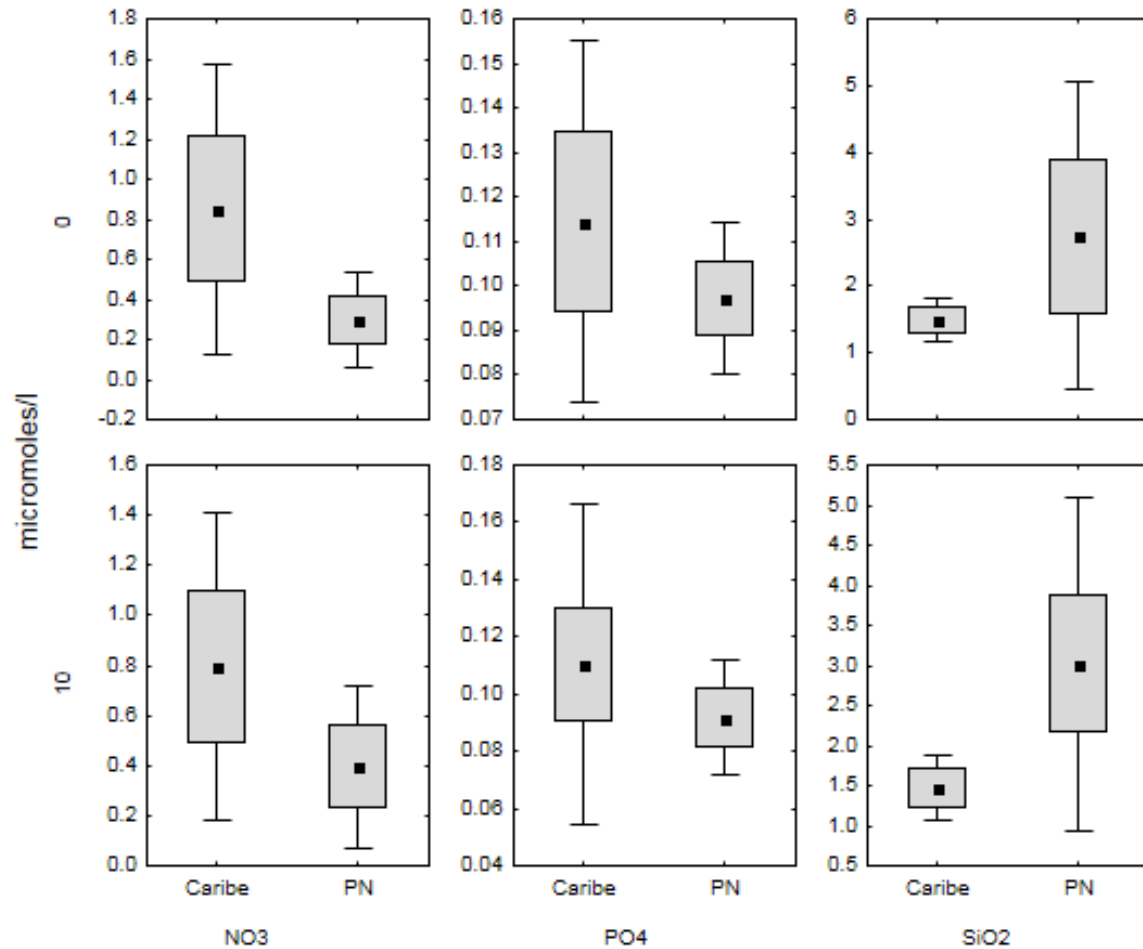
Contenidos semejantes registró Merino (1992) en el noreste de la península de Yucatán, con un incremento respecto a la profundidad hasta de 10 μM a los 200 m, con una disposición de las isolíneas que señala el mecanismo de ascensión de aguas (Ver la siguiente). Según Froelich et al, (1978) los silicatos del Caribe mexicano provienen de las aguas de los ríos Orinoco y Amazonas.

Figura IV-85. Perfil vertical de los A) Fosfatos y B) Silicatos frente a Quintana Roo (Merino, 1992).



Usando los datos del World Ocean Atlas 2009 (Locarnini et al., 2010) para el SAR, se puede observar que las concentraciones de nutrientes son características de un ambiente oligotrófico presentando concentraciones promedio en superficie de 0.85-0.80 μM para nitratos, 0.11 μM para fosfatos y 1.49- 1.48 μM para silicatos respectivamente (Ver la siguiente figura).

Figura IV-86. Variación de los nitratos, fosfatos y silicatos en la parte central del Caribe y la parte noroeste de la península de Yucatán (PN) según datos de WOA09_Annual collection.



Silicatos en el SAR

Los silicatos presentaron un intervalo en su concentración de 1.35 μM a 6.36 μM con un valor promedio de 2.86 μM (Ver la siguiente tabla).

Tabla IV-32. Concentración de nutrientes en diferentes localidades del mar Caribe y Península de Yucatán durante la época de lluvias.

REFERENCIA	Localidad	Nitratos			Nitritos			Amonio			Fosfatos			Silicatos			DIN:P			Clorofila a		
		Media	Min	Max	Media	Min	Max	Media	Min	Max	Media	Min	Max	Media	Min	Max	Media	Min	Max	Media	Min	Max
Este estudio	Xcaret- Agosto 2016	0.67	0.05	6.08	0.13	0.03	0.46	1.99	0.57	5.91	0.09	0.05	0.14	2.9	1.4	6.4	30.1	12.58	91.05			
Herrera-Silveira y Morales-Ojeda, 2010	Holbox	0.72	0.03	2.55	0.35	0.01	1.92	4.65	1.24	13	0.57	0.1	0.99	33.2	5.0	90.1	10.0	14	15	1.99	0.36	6.05
	Chacmochochuk	0.47	0.01	3.20	0.82	0.05	2.70	5.09	0.10	29.00	0.63	0.03	1.40	31.2	3.6	78.3	10.0	58.00	22.00	3.22	0.10	17.00
	Ascensión	0.98	0.01	9.99	0.40	0.01	1.64	1.75	0.02	9.39	0.24	0.01	1.30	20.8	0.1	227.1	13.0	10.00	11.00	0.41	0.02	1.16
	Bahía de Chetumal	2.49	0.05	12.60	1.16	0.01	6.17	12.72	0.54	36.20	0.46	0.03	1.86	187.3	89.8	332.4	36.0	22.00	25.00	1.04	0.03	4.10
INE-SEMARNAP, 2000	Zona nerítica Quintana Roo	1.20	0.03	0.54	0.40	0.20	0.26				0.65	0.01	0.39							0.00	0.00	0.00
	Bahía de Chetumal							4.10	1.37	2.71												
Null et al., 2014	Cancún-Nov 09																					
	Nearshore	7.10	6.20		0.90	1.00		0.70	6.20		0.70	1.00		1.8	3.1							14.4
	Offshore	1.90	3.10		0.30	0.40		0.20	3.10		0.60	0.30		0.6	9.0							3.6
	Puerto Morelos-Jan09																					
	Nearshore	1.60	6.20		0.20	0.30		2.70	1.50		0.20	0.00		1.5	0.3							16.7
	Offshore	0.80	1.10		0.20	0.40		2.70	6.50		0.20	0.10		1.8	4.3							4.1
	Sian Ka'an - Oct 09																					
	Nearshore	9.30	4.30		0.30	0.00		0.60	0.40		0.50	0.10		5.1	2.7							22.2
	Offshore																					
	Xcalak- Jan 09																					
	Nearshore	0.70	1.00		0.10	0.00		1.80	1.20		0.20	0.00		5.4	14.1							13.2
	Offshore	0.20	0.10		0.10	0.10		1.90	1.10		0.30	0.10		1.2	0.5							9.1
Hernández-Terrones et al., 2011	Puerto Morelos																					
	Manantial subterráneo	0.16			0.06			9.7			0.32			27.3								37.8
	0.31	0.02		0			1.01			0				1.3								
	Laguna Arrecifal	0.22			0.06			0.02		0.08				2.7								42.2
	0.64	0.03		0			0			0				0.1								
	Mar abierto	0.15			5			0		0.08				2.8								30.1
	2.27	0.01		0			0			0				0.1								
Rodríguez-Juárez, 2011	Mahahual Jul-09	0.15	0.13	0.18				11.00	9.47	12.66	0.22	0.02	0.41							50.7	480	31.32
	oct-09	0.60	0.29	0.87				3.41	1.61	4.75	0.10	0.07	0.14							40.1	27.14	40.14
	oct-10	0.45	0.30	0.77					0.48	3.17												
Carruthers et al., 2005	Puerto Morelos	0.92	0.19		0.04	0.19		3.42	0.61		1.52	0.06								2.9:1		
	Manantial	1.57	0.80		0.07	0.04		1.20	0.25		1.26	0.12								2.2:1		
Aranda-Cirerol et al., 2006	Agua subterránea Yucatan	116.92	1.77	302.11	3.60	0.01	119.33	4.79	0.10	51.15	0.75	0.03	1.70	66.7	4.8	439.4	167.1	62.67	277.99			
	79.00			3.28			1.97			0.41				37.8								
	Dzilam de Bravo	4.94	0.30	50.58	0.69	0.05	2.17	4.42	0.55	23.94	0.62	0.05	1.66	8.6	2.2	27.4	16.2	18.00	46.20	1.14	0.04	3.69
	2.48			0.24			1.65			0.31				3.1								0.40
	Progreso	1.23	0.15	4.37	0.31	0.01	1.60	4.14	0.40	23.22	0.47	3.00	0.79	4.3	0.5	21.3	12.1	0.19	36.95	1.70	0.30	9.67
	0.55			0.29			1.54			0.21				1.4								0.89
	Sisal	4.62	0.05	50.53	0.86	0.01	3.31	4.04	0.61	42.26	0.47	0.10	1.60	6.6	0.5	30.0	20.3	6.70	60.06	3.08	0.30	17.05
	1.76			0.46			2.89			0.21				3.1								1.68
	Celestún	1.75	0.06	13.70	0.49	0.03	1.77	5.21	0.79	34.60	0.47	0.03	1.66	7.6	0.5	30.5	15.9	29.33	30.16	2.51	0.26	30.79
	1.09			0.33			1.97			0.21				3.2								1.37

Espacialmente, a nivel superficial se presentaron las mayores concentraciones (>3 µM) en la zona adyacente a las estaciones, 2 y 10 (lejanos de la costa) y concentraciones intermedias en la zona de mezcla localizada entre las estaciones 4, 5 y 8 (cercanas a la costa) mientras que en el fondo las concentraciones fueron ligeramente menores (2.6 µM) y su distribución se presentó en la zona más lejana de la costa entre las estaciones 2, 3 y 6.

Aranda-Cirerol et al., (2006), Hernández-Terrones et al., (2011) y Null et al., (2014) determinaron que en la zona kárstica de la península de Yucatán, el patrón espacial en la distribución de los nutrientes, incluidos los silicatos, exhibe una clara tendencia

creciente desde el mar hacia la tierra. De esta manera, en las aguas subterráneas se ha detectado una concentración $>400 \mu\text{M}$ mientras que en aguas costeras se reduce hasta $0.1 \mu\text{M}$.

Nitrógeno y fósforo total

El nitrógeno total (NT) presentó una concentración promedio de $27.28 \mu\text{M}$ con un intervalo de $15.26 \mu\text{M}$ a $87.04 \mu\text{M}$, especialmente las concentraciones fueron más altas en superficie. Por su parte, la concentración de fósforo total (FT) presentó una concentración promedio baja ($0.92 \mu\text{M}$) que varió de $0.26 \mu\text{M}$ a $4.20 \mu\text{M}$, especialmente, similar al NT, fue en superficie donde se presentaron las concentraciones más altas con respecto a las concentraciones de fondo (1.028 y $0.735 \mu\text{M}$ respectivamente) y específicamente se identificaron en las inmediaciones de las estaciones más costeras (8 y 9).

Las altas concentraciones de NT registradas en el estudio marino son consecuencia de la contaminación orgánica resultado de las actividades en áreas con una gran población, comercio, turismo y en vías urbanización, tal como lo registró Aranda-Cirerol et al., (2006) en la parte norte de la Península de Yucatán en las localidades de Celestún, Sisal, Progreso y Dzilam de Bravo.

Para el SAR y zonas adyacentes, de la Lanza-Espino et al., (2006) reportaron concentraciones entre $5.0 \mu\text{M}$ y $20.0 \mu\text{M}$; sin embargo registraron niveles de $100.0 \mu\text{M}$ en marzo y $97.46 \mu\text{M}$ en agosto del 2005 en las localidades frente Avenida Constituyentes, Punta Maroma ($30.0 \mu\text{M}$ en marzo y $28.0 \mu\text{M}$ en agosto) que pueden proceder de descargas del área terrestre o actividades antropogénicas locales, redistribuidas y diluidas en la zona costera por corrientes. Hernández-Terrones et al., (2011) registraron en Puerto Morelos concentraciones similares de TN y FT a las reportadas en el estudio marino (27.4 y $0.57 \mu\text{M}$ respectivamente), los autores

atribuyen estas concentraciones a la contaminación por nitrógeno (orgánico) del agua subterránea en la península de Yucatán y que presenta un gradiente de dilución en dirección continente-océano.

IV.3.2.7. Geomorfología costera

El SAR se caracteriza por ubicarse en una costa rocosa baja, en la cual debido a la resistencia de algunas rocas, se forman caletas rocosas y se reconocen afloramientos de escollos rocosos en la zona intermareal, los cuales están total o parcialmente sumergidos durante la pleamar, y quedando descubiertos durante bajamar (Castro, et al.,2005) (Ver la siguiente figura).

Figura IV-87. Fisiografía costa rocosa, característica del SAR.



La acción de erosión diferencial del oleaje es debido a las distintas resistencias de las rocas con relación a su composición química y compactación. La fisiografía producida por la erosión diferencial en costas rocosas se expresa en forma de arcos, muescas de abrasión, que se forman en zonas de debilidad de las rocas. En rocas calcáreas como las que hay en el SAR se forman muescas por disolución, así mismo, las acciones biogénicas también contribuyen a la disolución de las rocas (Castro, et al., 2005) (Ver la siguiente figura).

Figura IV-88. Fisiografía producida por la erosión diferencial.



El SAR limita al norte donde termina la costa rocosa y comienza una playa extensa (Ver la siguiente figura). Este cambio fisiográfico en la costa es indicativo de un cambio en la dinámica litoral, debido a que las playas se forman cuando la cantidad

de material disponible sobrepasa el volumen de sedimento que puede ser transportado por el oleaje y las corrientes litorales (Castro, et al., 2005).

La costa rocosa en el SAR se caracteriza por ser muy estrechas, ya que la costa rectilínea se encuentra expuesta al oleaje de las corrientes, lo que impide la formación de playas.

Figura IV-89. Ambiente de playa en el límite norte del SAR.



Erosión costera

La erosión costera es un fenómeno natural que se origina por la interacción de los procesos climáticos, meteorológicos, hidrodinámicas y sedimentarios con la

morfología costera y con la batimetría de fondo de la zona cercana a la costa. Lo que ocasiona un fuerte retroceso de la línea de costa.

Estudios elaborados por SECTUR – CONACYT que indican para la Riviera Maya tasas de erosión de 1.22 m/año, lo cual muestra un predominio de los procesos erosivos sobre los de acumulación. Específicamente para Playa del Carmen (destino turístico que colinda al norte con el SAR) las tasas de erosión promedio anual es de 1.70 m/año.

Para la costa del SAR, debido a que predomina la costa rocosa no se presentan procesos de erosión debido a que no hay formación de playa, sin embargo existen sectores donde la morfología de entrantes, se forman zonas de resguardo que permiten la formación de playas arenosas, dichas playas generalmente presentan una playa mixta en donde se encuentran asociadas la costa rocosa y la arenosa.

La presencia del oleaje, las corrientes, así como los eventos meteorológicos extremos determina que la costa sea una zona dinámica sujeta a procesos de erosión - acreción.

IV.3.2.8. Sedimentación regional

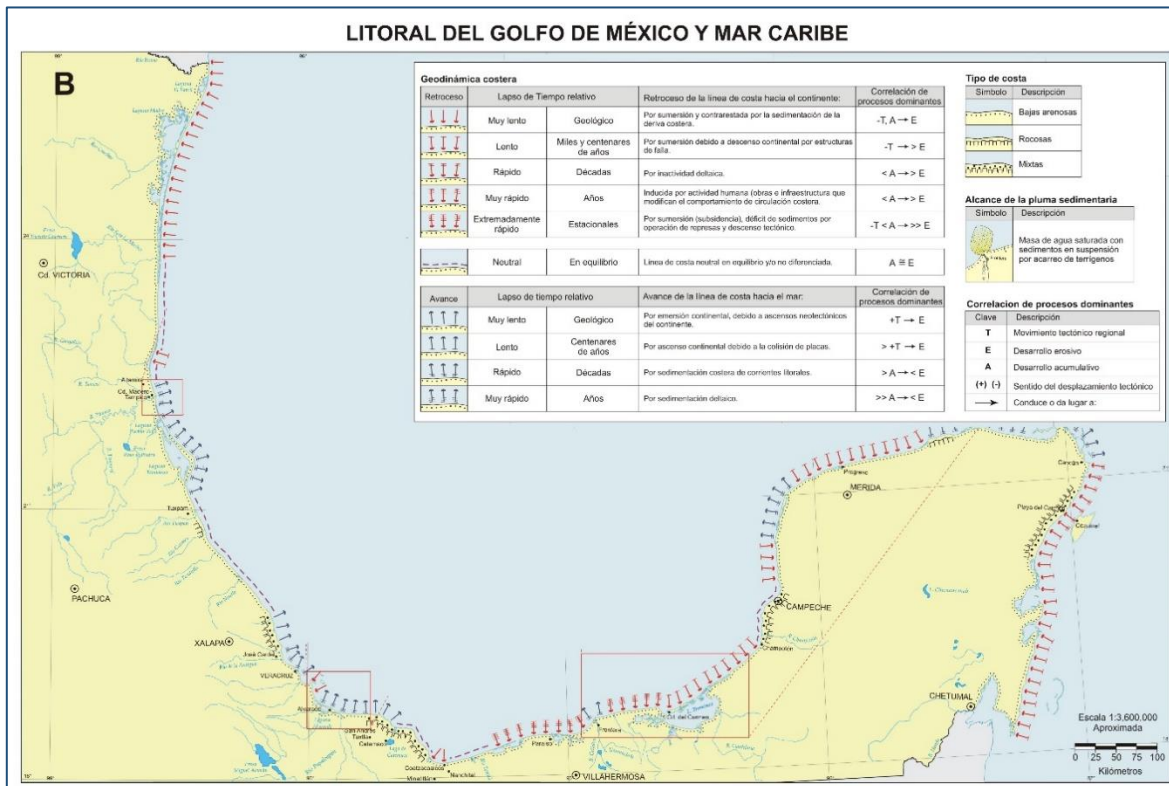
La Península de Yucatán, constituye una típica llanura costera carsificada, que no sobrepasa los 25 metros de altitud, desarrollada mayormente sobre rocas calcáreas terciarias hacia las zonas más interiores, mientras que, hacia la costa predominan las rocas calcáreas cuaternarias, recubiertas en partes por depósitos recientes, principalmente arcilloso-pantanosos en las zonas bajas de lagunas y humedales circundantes, y por arenas en los sectores de playas y dunas.

Las variaciones sedimentológicas que se presentan en las playas principalmente se da por una combinación de diversos factores, como cambios energéticos en las corrientes marinas, el oleaje y la productividad biogénica presente (sistemas arrecifales) en la zona, que a su vez, son modificados por los cambios climáticos durante el transcurso del año.

A escala regional se encuentran presentes estructuras arrecifales, que pertenecen al Sistema Arrecifal Mesoamericano. De acuerdo a Pichon (1981) y Guilcher (1988), los arrecifes de la región son de tipo bordeante con tres zonas principales: 1) la laguna arrecifal, b) la cresta arrecifal y c) el arrecife frontal. En la zona donde se encuentra Playa del Carmen (norte del SAR), el desarrollo arrecifal se limita a los bajos arrecifales aislados entre la laja calcárea o en los bordes, donde esta se interrumpe y forma un desnivel o “escalón”, parecido a los arrecifes de Punta Cancún, mientras que, los que se encuentran frente a Punta Maroma presentan un notable desarrollo y diversidad de organismos, con crecimientos coralinos continuos en las zonas someras y con estructuras arrecifales del tipo macizo y canales en la pendiente oriental.

En zonas donde no se presenta la protección de la barrera arrecifal, se producen fenómenos de erosión (Ver la siguiente figura), que afectan la estructura de la playa, con la aparición de afloramientos rocosos y la disminución del ancho de playa, ya que el depósito de material sedimentario es menor (comparado con el de Yucatán) dando como resultado playas más angostas (Nolasco-Moreno & Carranza-Edwards, 1987). Este es el caso del SAR.

Figura IV-90. Dinámica de la zona costera y procesos dominantes en las playas (Tomada de Instituto de Geografía, 2007).

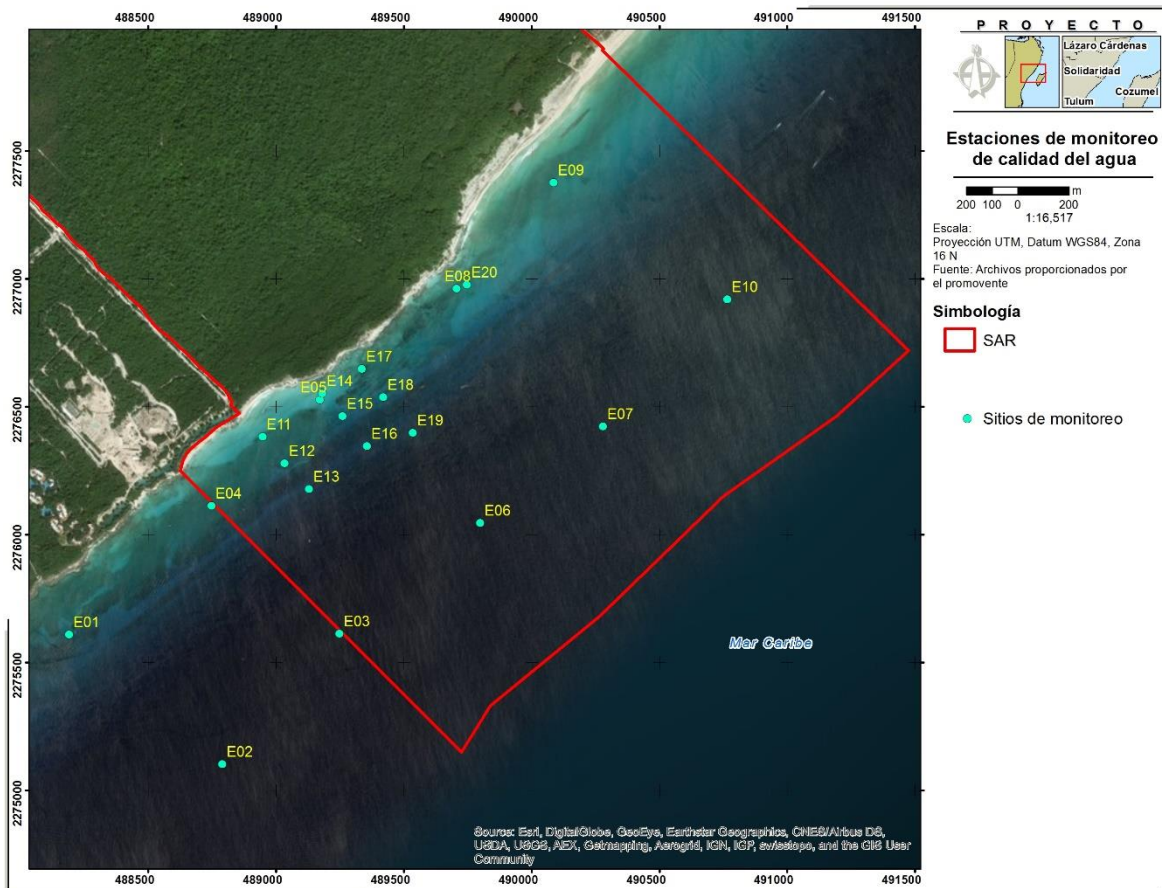


De acuerdo a Aguayo, et al. (1980); Nolasco-Montero y Carranza Edwards (1987), Ruiz-Martínez et al. (2013) para el estado de Quintana Roo, los sedimentos son medios a finos. Composicionalmente, los sedimentos están constituidos principalmente por oolitas y en menor cantidad de fragmentos de corales, moluscos, ostrácodos y equinodermos, además de microforaminíferos bentónicos y planctónicos. De acuerdo a Aguayo et al. (1978) este cambio se inicia al norte de Punta Nizuc (al sur de Cancún) lo cual posiblemente se deba a que aquí termina la barrera arrecifal generándose como consecuencia un ambiente de alta energía propicio para la formación de oolitos.

a) Análisis de sedimentos en el SAR

Durante el muestreo de campo, se colectaron muestras de sedimentos marinos en 20 estaciones dentro de los límites del SAR marino (10 en las mismas estaciones donde se tomaron las muestras de química marina y 10 más frente a la zona donde se pretende hacer la obra).

Figura IV-91. Estaciones de monitoreo de calidad del agua y sedimentos del medio marino.



La profundidad y la posición geográfica se determinaron mediante una ecosonda con GPS integrado y la colecta de las muestras de sedimentos se realizó con una

draga Van Veen de 3 litros de capacidad. La metodología completa se incluye dentro de la metodología del capítulo VIII de la presente MIA-R.

De las 20 estaciones muestreadas, el 50 % fueron sustrato rocoso y el 50 % fueron arenas. De las arenas, el tamaño predominante obtenido en el estudio marino, fueron las arenas medias con un 40 %, seguida de arenas gruesas, las cuales están constituidas principalmente por fragmentos moluscos, ostrácodos. (Ver la siguiente figura y tabla).

Figura IV-92. Tamaño gráfico promedio de los sedimentos marinos.

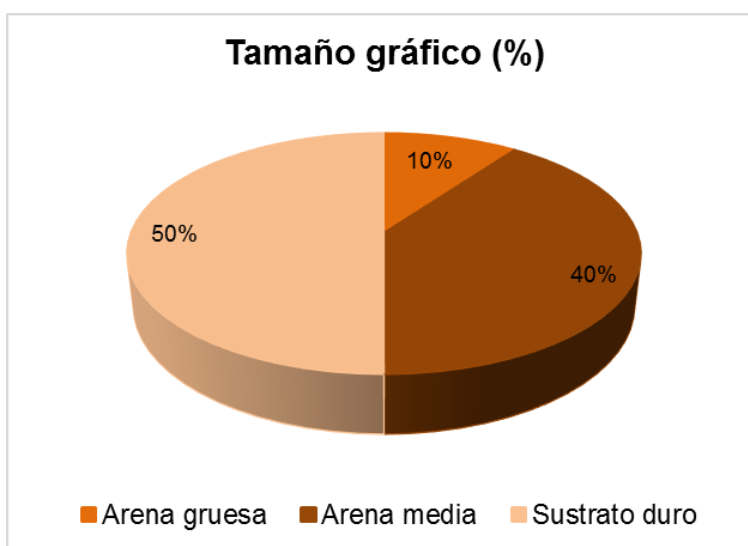


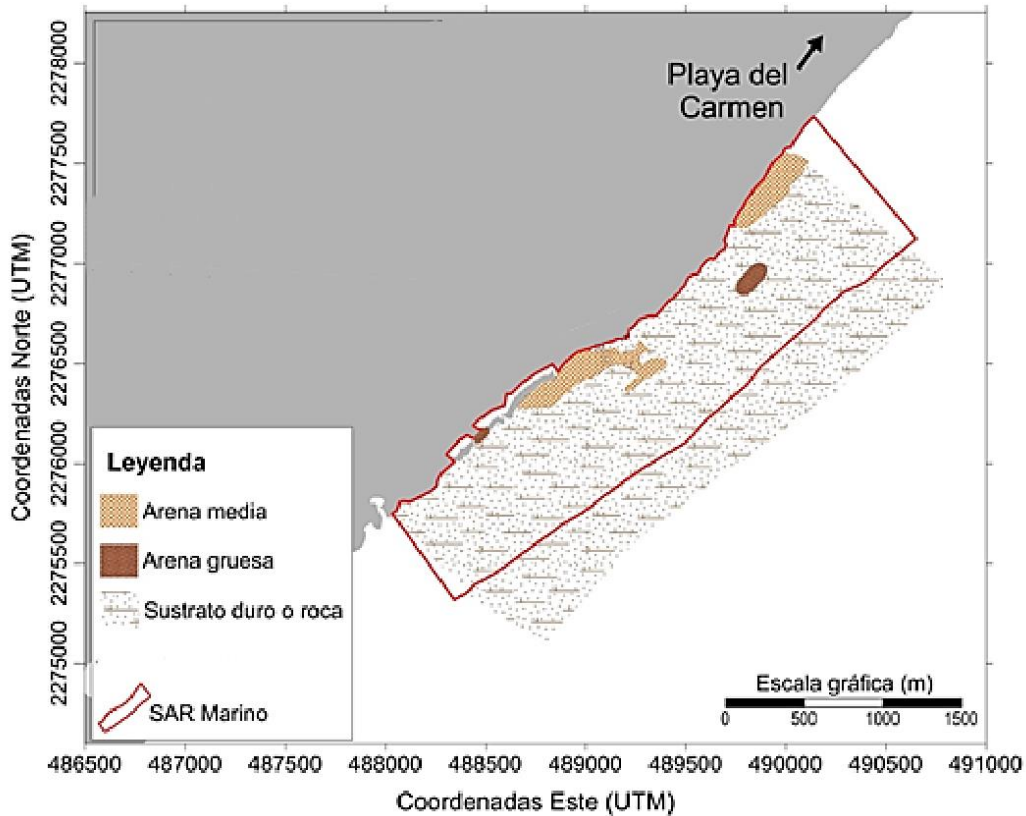
Tabla IV-33. Tamaño gráfico promedio de los sedimentos marinos del SAR Marino.

Estación	Tamaño promedio gráfico (Mz)	Desv. Est. (ϕ)	Grado de asimetría (Ski)	Curtosis (k_G)
E01	Sustrato duro o roca	-	-	-
E02	Sustrato duro o roca	-	-	-
E03	Sustrato duro o roca	-	-	-
E04	Sustrato duro o roca	-	-	-
E05	Arena media	Moderadamente bien clasificado	Muy asimétrico hacia gruesos	Mesocúrtico
E06	Sustrato duro o roca	-	-	-
E07	Sustrato duro o roca	-	-	-

Estación	Tamaño promedio gráfico (Mz)	Desv. Est. (ϕ l)	Grado de asimetría (Ski)	Curtosis (k_G)
E08	Arena gruesa	Moderadamente bien clasificado	Simétrico	Mesocúrtico
E09	Arena media	Moderadamente bien clasificado	Asimétrico hacia finos	Mesocúrtico
E10	Sustrato duro o roca	-	-	-
E11	Arena media	Moderadamente bien clasificado	Asimétrico hacia gruesos	Mesocúrtico
E12	Arena media	Moderadamente bien clasificado	Asimétrico hacia gruesos	Mesocúrtico
E13	Arena media	Moderadamente bien clasificado	Simétrico	Mesocúrtico
E14	Arena media	Moderadamente bien clasificado	Simétrico	Leptocúrtico
E15	Arena media	Moderadamente bien clasificado	Simétrico	Leptocúrtico
E16	Sustrato duro o roca	-	-	-
E17	Arena media	Moderadamente clasificado	Asimétrico hacia gruesos	Mesocúrtico
E18	Sustrato duro o roca	-	-	-
E19	Sustrato duro o roca	-	-	-
E20	Arena gruesa	Moderadamente bien clasificado	Asimétrico hacia gruesos	Muy leptocúrtico

La distribución del tamaño de grano de los sedimentos marinos, mostró que el fondo está constituido principalmente de sustrato rocoso en casi todo el área que abarca el SAR marino, con parches o manchones de arena, encontrándose arena media hacia la costa y en la zona donde se pretende ubicar la obra (Ver la siguiente figura).

Figura IV-93. Distribución del tamaño gráfico promedio de los sedimentos marinos encontrados en el SAR Marino.

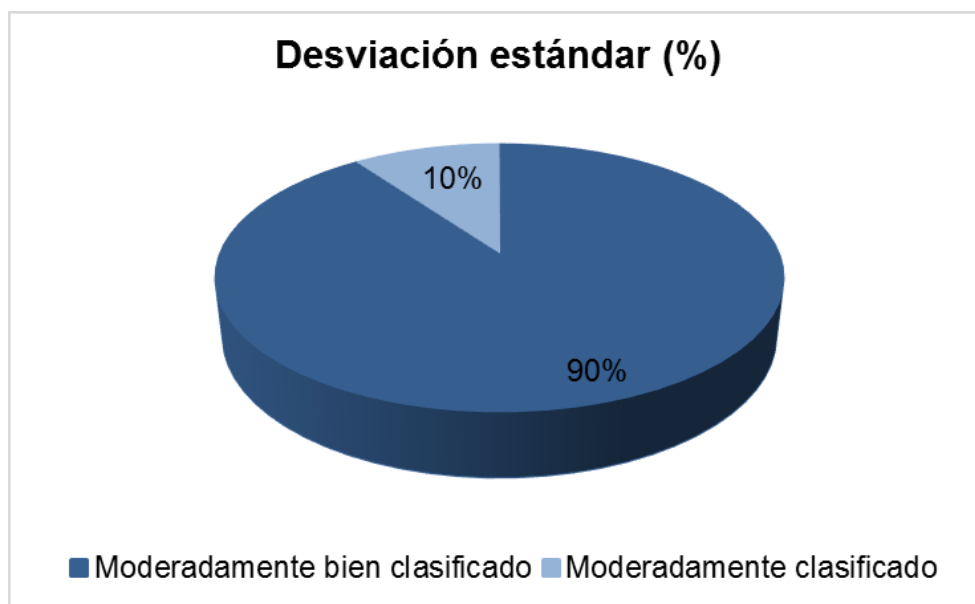


Desviación estándar gráfica inclusiva

Según Krumbein y Sloss (1963), valores bajos de clasificación de los granos (menores de 2.5ϕ), indican que un sedimento está bien clasificado, es decir, que hay una tendencia a presentar un sólo tamaño de grano; mientras que valores altos (mayores a 4ϕ), indican sedimentos mal clasificados, es decir, que no ha habido selección por tamaños. Este parámetro es importante, porque depende de la efectividad de un agente selectivo, como las corrientes y el oleaje.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se encontró que predominaron los sedimentos moderadamente bien clasificados (90%), y moderadamente clasificados (10%) (Ver la siguiente figura), esto debido quizás, al origen biogénico del sedimento.

Figura IV-94. Clasificación de los sedimentos marinos.



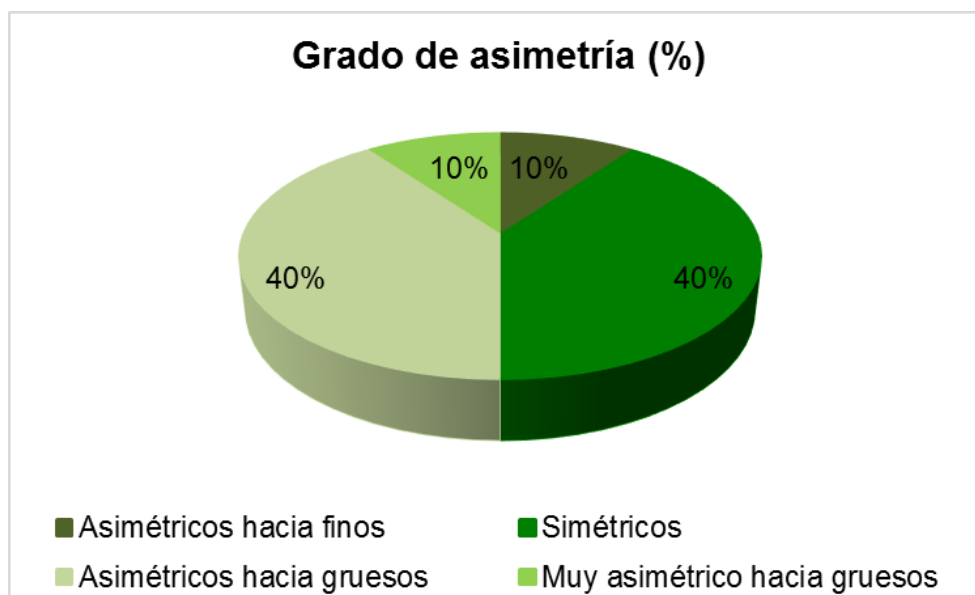
Grado de asimetría gráfica

Otro parámetro estadístico importante en el estudio marino de ambientes sedimentarios, fue el grado de asimetría, el cual depende principalmente de las corrientes marinas; y en menor grado, de las características heredadas de las áreas fuentes (Villwock, 1978). Este parámetro indica el predominio de un tamaño de grano sobre otro.

Respecto a los resultados obtenidos; los sedimentos presentaron asimetría hacia gruesos y simétricos con 40 %, respectivamente, mientras que los asimétricos hacia

finos y muy asimétricos hacia grueso presentaron el 10 % (Ver la siguiente figura). La tendencia hacia materiales gruesos se debe posiblemente a la abundancia de fragmentos de concha presente en el SAR.

Figura IV-95. Grado de asimetría de los sedimentos marinos.

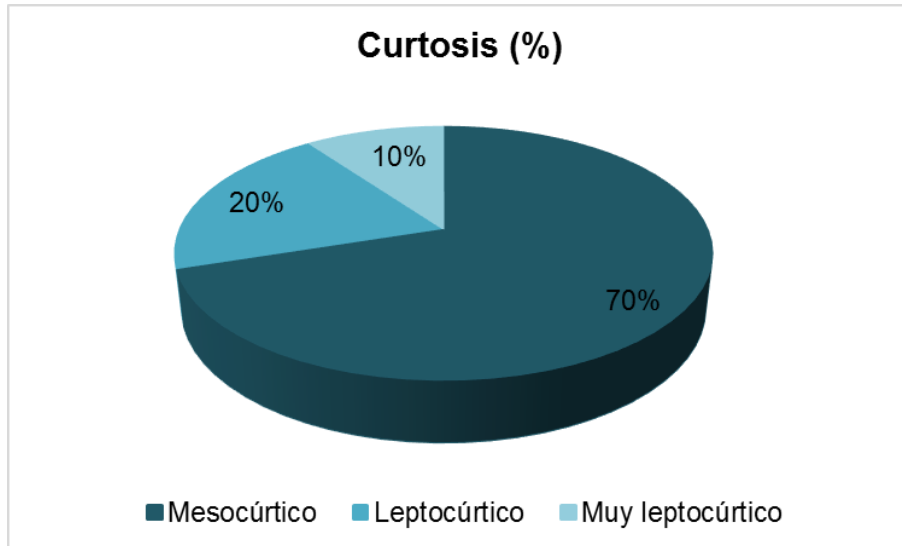


Curtosis gráfica

En cuanto al parámetro de la curtosis, de acuerdo a Folk (1980), observar sedimentos platicúrticos señala que hay presencia de dos o tres tamaños de grano en el SAR, debido a la procedencia del sedimento y a la energía presente. La presencia de sedimentos leptocúrticos indica que predomina un tamaño de grano sobre los demás, el cual muestra una fuente de procedencia con poca variación energética. Mientras que sedimentos mesocúrticos indican que no hay predominio de ningún tamaño de grano en particular.

Los sedimentos presentes indicaron un predominio de sedimentos mesocúrticos con un 70 %, y leptocúrticos y muy leptocúrticos con 20 y 10 %, respectivamente (Ver la siguiente figura).

Figura IV-96. Curtosis de los sedimentos marinos.



De manera general, estos resultados coinciden con lo presentado por Nolasco-Moreno y Carranza-Edwards (1987), presentando ligeras variaciones en algunos parámetros, sin embargo se encuentran dentro de los rangos establecidos para la clasificación estadística de los sedimentos.

IV.3.2.9. Calidad del aire

Ruido

En el SAR terrestre debido al bajo desarrollo de actividades antrópicas, no se considera que exista como línea base alguna fuente de generación de ruidos. Ahora bien, en las inmediaciones del SAR, las actividades turísticas del parque de Xcaret

y Playa del Carmen son una fuente de generación de ruido, pero con la densidad de la vegetación de selva, es posible amortiguar la generación de los ruidos existentes.

En el medio costero – marino las principales fuentes de emisión de ruido es la actividad turística costera, generada principalmente por embarcaciones menores de tipo crucero.

Cabe señalar que dependiendo del tipo de barco el sonido generado es diferente, lo que dificulta la tarea de los expertos de estimar los efectos de una fuente sonora contaminante. Lo evidente es que los mayores focos contaminantes son los buques de pasajes y carga, debido a que sus salas de máquinas son más ruidosas.

En las inmediaciones del SAR existen dos puertos, hacia el sur el puerto de Cáliza y al norte a una distancia de 5 km la Terminal Marítima Playa del Carmen-Cozumel. Esta terminal embarca anualmente más de 1'000,000 pasajeros con destino a Cozumel. Y la intensidad del tráfico marítimo es alta de tal forma que diariamente y a cada hora existen salidas de las embarcaciones.

Con respecto a la generación de ruido por embarcaciones pesqueras, y de acuerdo con los datos aportados por el Centro Nacional de Medios de Protección (Sevilla, España), se reportaron para los trabajadores del sector pesquero una exposición diaria del ruido mayor a 80 dB. Ahora bien, tal y como se señaló en el párrafo anterior, cada uno de los barcos emiten diferentes niveles de ruido, por mencionar los resultados del Centro Nacional de Medios de Protección, la draga y el arrastre son los barcos que generan un valor mayor a los 90 dB. Sin embargo, es necesario resaltar que las fuentes bibliográficas sugieren que las principales áreas de pesca están fuera del SAR. Por lo que no existe generación de ruido importante por la presencia de embarcaciones pesqueras.

IV.4. MEDIO PERCEPTUAL - PAISAJE

El paisaje se describe como todo aquello que forma un conjunto de elementos visuales sobre el horizonte. Se conforma por un conjunto de elementos de tipo fisiográficos o naturales, antrópicos o artificial, sociales o culturales que al ser delimitados por el observador configuran una escena en armonía, con un orden y un significado.

En el presente apartado, se analizará el paisaje con base en las diferentes Unidades del Paisaje y se establecen con base al criterio de uso de suelo y vegetación.

Se obtuvo para el SAR, dos unidades de paisaje: el natural y el antrópico.

Unidad de paisaje Natural: Los paisajes naturales son aquéllos en donde aún se preservan las características originales.

En este sentido, es necesario precisar que el SAR se encuentra integrado por el medio terrestre, y el costero – marino.

En el medio terrestre, las unidades de paisaje natural que lo constituyen son la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, sin embargo la vegetación no se encuentra totalmente conservada ya que está asociada a elementos antrópicos.

El medio costero se encuentra en una zona de constante cambio ya que es la transición entre el medio marino y el terrestre, donde las mareas y corrientes aportan a la zona costera parte de la energía del mar, pero las olas son el principal factor de

cambio ya que transportan los sedimentos marinos a la superficie formando o erosionando la playa.

En la costa donde se pretende emplazar el proyecto no existe vegetación; y por su morfología rectilínea predominan las playas rocosas y en algunos tramos se presenta la playa arenosa; por lo que los principales elementos y características que dan un valor escénico y de belleza a este tipo de paisaje son las olas, el mar, las rocas y en algunos tramos la playa arenosa.

Finalmente, en el medio costero – marino es el mar y la bóveda celeste los elementos predominantes e incluso son los de mayor atracción para los visitantes. Sin embargo la falta de playa arenosa representa una limitante para el desarrollo de actividades turísticas.

En las siguientes figuras se muestran imágenes de los paisajes naturales del SAR.

Figura IV-97. Playa rocosa a lo largo de la costa del SAR.



Figura IV-98. Segmentos de playa arenosa en el medio costero.



MIA-R

CAPÍTULO IV

Descripción del Sistema Ambiental Regional y Señalamiento de Tendencias del Desarrollo y Deterioro de la Región

Unidades de Paisaje antrópico. Se define como aquellos paisajes que por la intervención del hombre ya no conservan todos sus elementos naturales.

El SAR terrestre del proyecto presenta actualmente elementos antrópicos como senderos para realizar actividades ecoturísticas, tales como paseos mediante motocicletas, bicicletas o a pie.

En la siguiente imagen se muestra las diferentes rutas de los senderos existentes en el SAR.

Figura IV-99. Rutas de senderos existentes en el SAR del proyecto.



En las siguientes figuras se muestran algunos de los elementos antrópicos existentes en el SAR terrestre.

Figura IV-100. Elementos antrópicos en el SAR terrestre. A la izquierda palapas, y a la derecha caminos existentes.



El SAR es un polígono terrestre con características predominantemente naturales, que se encuentra bordeado por varios elementos del paisaje antrópico. Desde este punto de vista el desarrollo urbano y turístico de Xcaret y Playa del Carmen ejercen una fuerte presión de cambio sobre el SAR y el predio del proyecto.

IV.4.1. Calidad del paisaje

La calidad del paisaje es el valor del recurso visual, y se evalúa a través de sus elementos y características visuales. Por una parte se estudia el valor interno que posee, y por otro se analiza la visual exterior que rodean al proyecto. Ya que parte del paisaje que se tiene después de analizar los componentes y elementos visuales dentro de la visual y en los fondos escénicos se puede dar una evaluación según la visibilidad, calidad visual y fragilidad del paisaje.

IV.4.2. Visibilidad del paisaje

Se entiende por calidad del paisaje el grado de excelencia de este, su mérito para que su esencia y su estructura actual se conserve (Blanco, 1979). Su calidad se puede definir en función de su calidad visual intrínseca, de la calidad de las vistas intrínsecas que desde él se divisan o por el horizonte escénico que lo enmarca, es decir, es el conjunto de características visuales y emocionales que califican la belleza del paisaje (Cifuentes, 1979).

Entre las variables que se incluyen para mediar la calidad del paisaje se encuentra la fisiografía (relieve), la vegetación, presencia de cuerpos de agua y el grado de antropización.

Todos los aspectos que permiten medir la calidad del paisaje, ya fueron señalados en las unidades de paisaje natural y antrópicos, a excepción de la fisiografía.

Dentro de la fisiografía se toma en cuenta la topografía. De tal forma que un relieve que abarca diferentes cotas del relieve, se le asigna una mayor calidad visual, ya

que es lo que permite observar diferentes elementos del relieve, así como tipos de vegetación.

En el caso del SAR, se trata de una planicie, cuya altura oscila entre los 0 a 12 metros, por lo que no presenta diferentes pisos bioclimáticos. Este bajo rango altitudinal del relieve, determina que desde el frente costero, sólo podrá percibirse la selva. El cordón costero por su parte, es una franja muy delgada que no presenta vegetación, y la playa en su mayor parte es de tipo rocosa, y sólo en pequeñas entrantes a lo largo de la costa es donde se llega a formar playa arenosa.

Con respecto a la vegetación, en la planicie se presenta la vegetación secundaria de selva subperennifolia, sin embargo como ya se mencionó no se encuentra en un estado de conservación, ya que el SAR terrestre presenta elementos de carácter antrópico asociados a las actividades ecoturísticas de bajo impacto.

Con respecto a la presencia de los cuerpos de agua, es el medio marino la mayor fuente de calidad visual en el SAR, y en consecuencia la mayor fuente de atracción turística.

Con la presencia del proyecto, se espera un cambio en el paisaje natural, perdiendo elementos naturales de la zona costera. El frente de playa del SAR tiene una longitud de 2.40 km, de esta longitud total, el proyecto ocupará menos de 150 m, lo que representa una modificación de 6.25% de la línea de costa del SAR. Desde este punto de vista, el cambio visual que ocasionará el proyecto en el plano horizontal del paisaje no es relevante.

IV.5. MEDIO SOCIOECONÓMICO

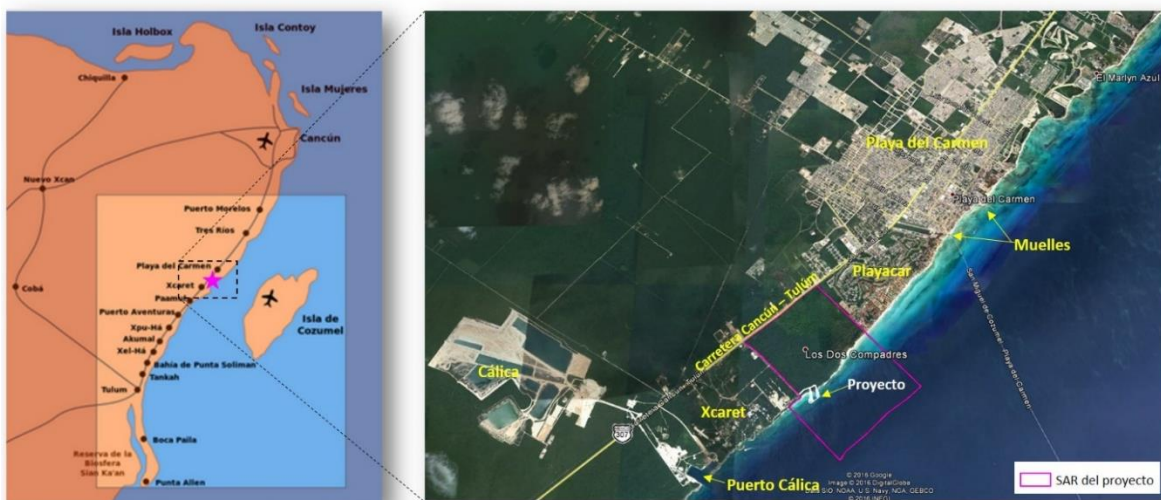
Las características y tendencias de deterioro del SAR, dentro de su marco social y económico sólo pueden ser explicadas desde una escala de referencia mucho más amplia que el mismo SAR.

En este sentido se contextualizó el proyecto dentro del corredor turístico de la Riviera Maya y se identificaron los principales desarrollos urbanos y turísticos cercanos, y que ejercen influencia en las tendencias de cambio del SAR.

De tal forma que el Área de Referencia del marco socioeconómico incluye las localidades urbanas y parques turísticos más cercanos al predio del proyecto, tales como Playacar, Playa del Carmen y el Parque de Xcaret (Ver la siguiente figura).

La dinámica que ha mostrado el Área de Referencia es un incremento en la población, así como en las actividades económicas, lo cual ha demandado un mayor abastecimiento de servicios, tales como el agua, generación de electricidad, mejoramiento de las vías de comunicación.

Figura IV-101. Localidades urbanas y turísticas en el Área de Referencia.



Hace 16 años el municipio de Solidaridad (sitio donde se localiza el SAR) y el Centro de Población de Playa del Carmen, tenía una población de 3,100 habitantes, junto con localidades como Tulum, en el 2008 contaba con 34,000 cuartos hoteleros más que la zona turística de Cancún. Gallart Gallego (2008), pronosticó que en un futuro, esta zona contendrá 110,000 cuartos con numerosos hoteles y distintas zonas habitacionales, infraestructura y equipamiento.

La zona de Playa del Carmen se constituía como un pueblo de pescadores hasta 1998, pero en tan solo seis años superó cualquier pronóstico y la tasa poblacional aumentó a niveles del 34% anual. En el año 2000, fue visitada por más de tres millones de turistas anualmente, ocupando el primer lugar nacional (Gallart Gallego, 2008). En la siguiente figura es posible observar en diferentes años, el proceso de crecimiento urbano y turístico de Playa del Carmen, la cual se localiza el norte del SAR.

Figura IV-102. Crecimiento urbano Playa del Carmen.

CRECIMIENTO DE PLAYA DEL CARMEN



1974



2006



1995



2008



2016

Hoy en día Playa del Carmen constituye el centro urbano de más rápido crecimiento de todo el continente americano. Y aunque Playa del Carmen no forma parte del SAR del proyecto, es relevante mencionar su desarrollo a lo largo del tiempo, ya que esto ejerce influencia en el proceso de cambio urbano, turístico y ambiental de la zona litoral de Quintana Roo y por lo tanto también en el SAR.

La tasa de crecimiento del Municipio de Solidaridad en donde se ubica Playa del Carmen, ha mostrado las tasas más altas del país (Gallart Gallego, 2008). De acuerdo con el INEGI, la tasa de crecimiento para este municipio es de 11.99%, lo que corresponde 5.02% al crecimiento natural de la población y 6.97% al crecimiento social o migratorio. Esta enorme corriente migratoria genera problemas estructurales que llegan a convertirse en ciclos, teniendo su origen en la variedad de oferta de empleo que brinda el ramo turístico; sin embargo las personas que arriban demandan vivienda, infraestructura, servicios, y mayor equipamiento a una velocidad mayor a la que las instancias de Gobierno son capaces de cubrir. Todos estos factores ejercen una influencia de cambio y presión sobre el SAR y el predio del proyecto.

Ahora bien, la relevancia de mencionar el proceso de crecimiento urbano y turístico de Playa del Carmen, es resaltar que este mismo desarrollo ha ocasionado también problemáticas ambientales, entre las que se pueden mencionar las siguientes.

La modificación de los ecosistemas costeros resultado del desarrollo urbano y turístico; la contaminación de ecosistemas por la generación de aguas residuales provenientes de los grandes hoteles; los usos de pesticidas para controlar los insectos dentro de las zonas turísticas, además de los impactos físicos directos hacia los arrecifes (localizados en algunos tramos frente a Playa del Carmen) por los turistas, embarcaciones, y las malas prácticas de atracó y navegación.

IV.5.1. Actividades socioeconómicas

IV.5.1.1. Pesca

Quintana Roo aporta 0.3% de la producción pesquera nacional y ocupa el sitio 20 pesquero (INEGI, 2012); sin embargo, por su valor aporta 1.32% al PIB pesquero nacional y ocupa la posición 17 (INEGI, 2011). La pesca es de tipo artesanal y es desarrollada por 158 permisionarios y 25 cooperativas pesqueras, con alrededor de 833 pescadores y 52 permisos vigentes. En la base de datos del Registro Nacional de Pesca y Acuicultura de CONAPESCA existen registradas 434 embarcaciones menores y 14 mayores. Existen tres zonas de pesca en el estado (Sosa-Cordero y Ramírez-González, 2011):

- Norte: desde la frontera con Yucatán hasta el paralelo 20°N (Puerto Morelos), en esta zona está incluida isla Holbox, Puerto Juárez, Isla Mujeres y Cancún. La mayoría de las cooperativas y permisionarios se encuentran en esta zona.
- Central: desde Puerto Morelos hasta Punta Herrero en el extremo sur de la boca de Bahía Espíritu Santo (19.30 °N), incluye Cozumel, Playa del Carmen, Tulum, Punta Allen y las bahías de Ascensión y Espíritu Santo.
- Sur: Desde Punta Herrero hasta Xcalak. Abarca Mahahual, Banco Chinchorro y la bahía de Chetumal.

Los recursos pesqueros más importantes son especies de escama y los crustáceos (Ver la siguiente tabla); dentro de los cuales destacan el mero y especies asociadas, la langosta, especies de escama (rubio, esmedregal, etc.), el camarón, los pargos y guachinangos, así como el tiburón. En 2011 las mayores capturas fueron de camarón, pulpo y mero (Ver la siguiente tabla) seguida por la langosta, tiburón y

especies de escama. En la página web de CONAPESCA se obtuvieron los registros del periodo 2006-2014, efectuados en las Oficinas de Pesca de Cancún, Cozumel, Punta Allen, Playa del Carmen y Tulum, ubicadas cerca del área de interés (Ver la siguiente figura). Los datos de Playa del Carmen fueron muy escasos por lo que no se observan en las gráficas.

Tabla IV-34. Captura pesquera (peso desembarcado). Tomada de INEGI (2012).

Principales especies	Toneladas	% en el total Nacional	Lugar nacional
Total	4073.8	0.3	20° De 31
Camarón	632.2	0.4	12° de 16
Pulpo	595.0	2.3	3° de 13
Mero	559.3	6.9	3° de 17
Langosta	292.8	9.3	3° de 10
Tiburón	223.8	1.3	13° de 17
Rubio	152.5	7.4	4° de 7
Pargo	149.7	3.7	10° de 17
Esmedregal	134.2	9.6	4° de 11
Róbalo	117.3	1.7	11° de 17
Otras	1217.0		

La producción de escama (incluyendo meros y abadejos) y tiburones es mayor en las zonas pesqueras que reportan en Cancún que en el resto de la zona (Ver la siguiente figura). La tendencia, por otra parte, es descendiente en la mayoría de los recursos. En Cozumel las capturas de escama, pargos y meros son mayores que en Tulum y Punta Allen; mientras que en esta última se registra mayor cantidad de tiburones y langosta. En todas las localidades, la producción varió ampliamente entre 2006 y 2014.

Figura IV-103. Variaciones de la captura de los principales recursos pesqueros registrada en las Oficinas de Pesca de Cancún (Zona Norte); Tulum, Cozumel y Punta Allen (Zona Centro),

durante el periodo enero 2006 a diciembre 2014. Se aprecia que la mayor parte del volumen se registra en Cancún y Cozumel. Unidades kg de producto desembarcado.



Cabe señalar que las poblaciones explotadas están deterioradas, cercanas a los valores máximos de captura sostenible, por ejemplo, la producción de los dos recursos principales (langosta y mero) es alrededor de 40% del valor máximo histórico. En el caso del pulpo, se afirma que colapsó en 2013, debido a las escasas capturas.

Además de la escasa cantidad de información disponible acerca de la abundancia de las poblaciones, en años recientes, los eventos hidrometeorológicos han contribuido a reducir los volúmenes capturados (Anónimo, 2013). Entre las principales amenazas a las pesquerías de Quintana Roo, según la Alianza Kanankay se pueden enlistar:

- La pesca desmedida de las especies con mayor demanda comercial y de recursos en estado vulnerable como el caracol rosado.
- El incremento continuo en la demanda de productos marinos por el auge del turismo.
- El deterioro de hábitats fundamentales para la persistencia de especies asociadas a arrecifes coralinos por desarrollo costero asociado al turismo, por ejemplo el desarrollo excesivo de complejos turístico-urbanos a expensas de humedales y manglares que funcionan como áreas de crianza para peces e invertebrados de interés comercial.
- La mayor incidencia en la frecuencia y fuerza de huracanes y tormentas tropicales que afectan seriamente los arrecifes coralinos y humedales, como consecuencia del cambio climático global.

- La escasa vigilancia en la zona marina, los altos niveles de pesca ilegal en algunas zonas y las deficiencias en la aplicación de las leyes pesqueras y ambientales.

Las actividades del promovente no tienen relación con la mayoría de estos aspectos, los cuales dependen de la demanda de los recursos, los fenómenos hidrometeorológicos y la falta de vigilancia por las autoridades competentes. Cabe mencionar que no se afectarán áreas de crianza (humedales, manglares, etc.) ni arrecifales por lo que es posible asumir que no habrá impactos en estos aspectos.

IV.6. DIAGNÓSTICO

Con la finalidad de que la caracterización y diagnóstico del SAR sea capaz de analizar los procesos y componentes regionales y suprarregionales que influyen en la dinámica y funcionamiento del ecosistema, es que se describen los procesos a una escala mucho más amplia que el mismo SAR.

La estabilidad y funcionalidad del sistema depende de los procesos suprarregionales, regionales, así como locales. Uno de los procesos de mayor escala que tiene influencia regional y suprarregional sobre el funcionamiento del sistema son los eventos hidrometeorológicos. Al respecto el SAR se ubica dentro de la franja con mayor incidencia de huracanes, lo que la hace altamente vulnerable a los mismos. La ocurrencia de eventos meteorológicos extremos en los últimos años ha ocasionado cuantiosos daños a la infraestructura hotelera y ha afectado significativamente la estabilidad de las playas. En el SAR no existen importantes áreas de playa, pues predomina la costa rocosa; sin embargo, los pequeños sectores con playa arenosa están sujetas a los procesos de erosión – acresión; la

ocurrencia de estos procesos estará en función de la ocurrencia de los fenómenos hidrometeorológicos.

En una segunda escala de análisis se encuentran los procesos regionales, que le dan funcionalidad al SAR y que son intrínsecos al sistema. Uno de estos fenómenos es el funcionamiento hidrogeológico.

El funcionamiento hidrogeológico regional está estrechamente relacionado con el origen geológico de la península de Yucatán. La conformación del relieve kárstico ha sido determinante en los procesos de infiltración del agua superficial hacia el acuífero regional, por lo que este último es la principal y única fuente de aprovechamiento para el desarrollo de las actividades humanas.

A escala del SAR, el funcionamiento hidrogeológico se encuentra influenciado por la presencia de fracturamientos locales, que sirven como conductos de disolución o zona de cavidades por donde circula el agua subterránea y de forma horizontal para su posterior descarga hacia el mar. Lo anterior, se evidencia con el estudio marino que se llevó a cabo para el proyecto, ya que cerca de la costa en el medio marino se corroboró la entrada de agua dulce a nivel superficial (estaciones 4, 5 y 8); sin embargo, de acuerdo con el mismo estudio marino, la entrada de esta agua dulce al mar **NO** aportó nutrientes debido al efecto de disolución que se da en dirección continente – mar.

En el componente edáfico, el SAR terrestre presenta suelos Arenosoles, por lo que una de las debilidades del SAR terrestre es la vulnerabilidad del suelo ante la contaminación por generación y descarga de residuos, y su consecuente infiltración hacia el agua subterránea. Los Arenosoles también dependen de la cobertura vegetal que los proteja, una vez que hay pérdida de la vegetación, estos suelos son susceptibles a la erosión.

De tal forma que uno de los principales componentes de estabilidad del SAR es el grado de conservación de la vegetación. En el predio del proyecto se registra la vegetación secundaria de selva subperennoifolia y aun cuando no se encuentra en su mejor estado de conservación porque presenta algunos elementos antrópicos tales como brechas, si comparamos la vegetación del predio del proyecto con respecto a los predios aledaños de Playa del Carmen y del parque de Xcaret, es posible observar que presenta un mayor grado de preservación.

En cuanto al crecimiento y desarrollo del corredor turístico, tal y como se mencionó en el apartado socioeconómico, el SAR del proyecto se encuentra presionado por las actividades urbanas y turísticas que se desarrollan a lo largo del corredor turístico Riviera Maya, por lo que una de las tendencias de cambio, es el crecimiento del desarrollo turístico a diferentes escalas.

Con respecto a la actividad pesquera, a escala estatal Quintana Roo aporta 0.3% de la producción pesquera nacional y ocupa el sitio 20 pesquero. La mayor parte de la pesca es artesanal y se efectúa en la zona norte (desde la frontera con Yucatán hasta Puerto Morelos). En la zona central (Puerto Morelos a Punta Herrero) los registros de captura fueron más abundantes en las oficinas de Cozumel y Punta Allen, en tanto que los registros de Playa del Carmen y por lo tanto en el SAR fueron muy escasos.

Las pesquerías existentes en la región presentan una serie de problemáticas asociadas a la demanda de los recursos, los fenómenos hidrometeorológicos y la falta de vigilancia por las autoridades competentes, por lo que el desarrollo del proyecto no tendrá relación alguna con estos aspectos. Cabe mencionar que el proyecto no afectará áreas de crianza (humedales, manglares, etc.) ni arrecifales, porque no son ecosistemas presentes en el SAR, por lo que es posible asumir que no habrá impactos en estos aspectos.

Con respecto a las condiciones actuales y las tendencias de deterioro del medio marino, el estudio concluyó lo siguiente:

Las condiciones físico-químicas correspondieron a lo descrito para la temporada de lluvias en la región (mar Caribe) y en el SAR. Dichas condiciones fueron características de un ambiente oligo-mesotrófico de influencia marina y baja productividad. Las características más importantes fueron una alta temperatura ($>29^{\circ}\text{C}$), alta salinidad (>35), subsaturación de oxígeno disuelto ($<90\%$) condiciones bajas de nutrientes con la dominancia de amonio como forma principal de nitrógeno (80%) y baja clorofila a.

En el SAR se identificó la entrada de agua dulce subterránea en las inmediaciones de las estaciones 4, 5 y 8 que generó una zona de mezcla que pudo ser corroborada por una salinidad menor a la marina (factor de dilución positivo), concentraciones intermedias de pH y oxígeno disuelto y una concentración de SST mayor. Esta entrada de agua dulce **NO** aportó nutrientes debido al efecto de dilución que se da en dirección continente-mar establecido con anterioridad en la región y en el SAR debido a la naturaleza kárstica del suelo (Hernández-Terrones et al., 2011) por lo que las concentraciones en el agua fueron bajas.

El aporte de nutrientes, ha originado algunas zonas donde la calidad del agua es mala de acuerdo a la escala de clasificación de los niveles tróficos del índice TRIX y Carlson basado en clorofila a. Los resultados obtenidos en el estudio marino revelaron que durante la época de lluvias las condiciones de la calidad del agua fueron buenas (valores del TRIX) y de condiciones que varían de oligotróficas a mesotróficas (índice IT-Clor basado en la clorofila a). Este estado oligotrófico-mesotrófico, puede ser explicado porque la contaminación orgánica resultado de las actividades humanas (descargas residuales) es retenida en el subsuelo debido a la naturaleza kárstica de la Península de Yucatán que además condiciona que las

aguas costeras exhiban una alta alcalinidad por lo que el fosforo (FRS) precipita y se almacena en el sedimento (Herrera-Silveira y Morales-Ojeda, 2010); por lo tanto, su concentración en la columna de agua es baja, lo que limita la productividad acuática.

Respecto a los sedimentos, de acuerdo con los parámetros estadísticos obtenidos, de manera general, se puede decir que los sedimentos marinos en el SAR son arenas medias moderadamente bien clasificadas, simétricas hacia gruesos y simétricas y mesocúrticas, asociadas a la presencia de fragmentos de concha.

En cuanto a las modelaciones del oleaje, los resultados del estudio indicaron que las alturas de las ola incidente es pequeña debido a la localización del proyecto, ya que se encuentra en la sombra que produce la isla de Cozumel, presentándose oleaje difractado procedente de mar abierto. Por otra parte el oleaje de mayor frecuencia y de menor energía corresponde al oleaje generado de manera local.

De acuerdo con el análisis del oleaje en la zona de estudio las tres direcciones con mayor frecuencia de ocurrencia corresponden al Este (51.40%), Sureste (39.30%) y Noreste (7.10%). Siendo las olas del sureste las que corresponden a oleaje mayores a 2 m (relacionados con eventos ciclónicos) y las olas del Este (menores a 2 m) generadas por los vientos locales en la zona.

Los datos de altura significativa para oleaje normal fueron de 1.80 m en un periodo de 8.00 s, y para oleaje extraordinario alturas de 8.0 m en un periodo de 12.0 s.

De las simulaciones realizadas se observó que el oleaje proveniente del Noreste y Este tienen capacidad de transporte de sedimentos de Norte a sur, compensando el transporte de sedimentos que se da de Sur a Norte durante los eventos ciclónicos que se presentan por en la zona.

El arreglo de las obras de protección analizado mostró un comportamiento adecuado para abrigar la marina del oleaje proveniente del Noreste y Este, sin embargo, el oleaje del Sureste penetra de manera directa. De igual forma se identificó un patrón de corrientes dominante de Norte a Sur, por lo que se estima que una vez construidas las obras de protección se presentará retención de sedimentos en la playa norte y erosión en la playa sur.

Finalmente, las afectaciones que el proyecto podría generar no son relevantes desde el punto de vista ambiental, dado su diseño y las características fisiográficas del lugar. La morfología rectilínea de la costa, y las tendencias de erosión de la playa son aspectos negativos que de forma natural afectan a la costa del SAR, por lo que incluso la retención de sedimentos que podría generar el proyecto en la playa Norte, podrían resultar un aspecto favorable.

CAPÍTULO IV

Biótico

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y
SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y
DETERIORO DE LA REGIÓN

Manifestación de Impacto Ambiental,

Modalidad Regional

Proyecto “Sol de Selva”

CONTENIDO

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN	5
IV.1. MEDIO BIÓTICO	5
IV.1.1. Regiones de importancia para la biodiversidad	5
IV.1.2. Vegetación	9
IV.1.2.1. Usos de suelo y vegetación en el SAR	9
IV.1.2.2. Usos de suelo y vegetación en el polígono del proyecto	11
IV.1.2.3. Distribución espacial de pastos marinos	13
IV.1.2.4. Validación de pastos marinos en el SAR como en el polígono del proyecto.	15
IV.1.2.5. Revisión bibliográfica y de bases de datos en la flora presente en el SAR.	17
IV.1.2.6. Resultados del trabajo de campo a grupos fitoplanctónicos	19
IV.1.3. Fauna	34
IV.1.3.1. Fauna terrestre	34
IV.1.3.2. Fauna marina	37
IV.1.3.3. Distribución global de arrecifes de coral	55
IV.1.3.4. Especies en categoría de riesgo	61
IV.1.3.5. Tortugas marinas	68
IV.1.3.6. Mamíferos marinos de Quintana Roo	84
IV.1.3.7. Movimiento de fauna en la zona marina donde se desarrollara el proyecto	90
IV.2. DIAGNÓSTICO	93

FIGURAS

Figura IV-1. Regiones de importancia para la biodiversidad.	8
Figura IV-2. Representatividad de los USV en el SAR.	10
Figura IV-3. Distribución espacial de los USV en el SAR.	11
Figura IV-4. Representatividad de los USV en el polígono del proyecto.	12
Figura IV-5. Distribución espacial de los USV en el polígono del proyecto.	13
Figura IV-6. Distribución potencial de pastos marinos en el SAR y el polígono del proyecto.	14
Figura IV-7. Estaciones de muestreo para la validación de pastos marinos.	15
Figura IV-8. Transecto de muestreo.	16
Figura IV-9. Variación espacial de los grupos fitoplanctónicos.	21
Figura IV-10. Variación espacial de los grupos fitoplanctónicos.	22
Figura IV-11. Variación de la relación A) N:P y B) Si:N en las estaciones de muestreo.	24
Figura IV-12. Variación espacial de las picocianobacterias.	27
Figura IV-13. Variación del índice trófico A) TRIX y B) índice trófico de Carlson (1977) basado en clorofila en el área de estudio.	30
Figura IV-14. Porcentaje de la densidad muestreada que comprende cada uno de los grupos taxonómicos registrados en el área de estudio.	37
Figura IV-15. Porcentaje de la densidad muestreada que comprende cada uno de los grupos taxonómicos registrados en el área de estudio por estación y réplica.	38
Figura IV-16. Porcentaje de la riqueza de especies que comprende cada uno de los grupos taxonómicos registrados en el área de estudio por estación y réplica.	38
Figura IV-17. Análisis de asociación de Olmstead y Tukey donde se observan las especies dominantes, comunes, ocasionales y raras.	40
Figura IV-18. Valores de diversidad y equidad calculados por estación de muestreo.	44
Figura IV-19. Escalamiento multidimensional no métrico con base en densidades.	45
Figura IV-20. Escalamiento multidimensional no métrico con base en densidades de la especie <i>Armandia agilis</i> .	46
Figura IV-21. Escalamiento multidimensional no métrico con base en densidades de la especie <i>Levinsenia gracilis</i> .	47
Figura IV-22. Escalamiento multidimensional no métrico con base en densidades de la especie <i>Prionospio (P.) cristata</i> .	48
Figura IV-23. Escalamiento multidimensional no métrico con base en densidades de la especie <i>Armandia cf. agilis</i> .	49
Figura IV-24. Escalamiento multidimensional no métrico con base en densidades de la especie <i>Hesionura sp.</i>	50
Figura IV-25. Imágenes representativas de lo registrado a lo largo de los videotransectos (en orden de estaciones: 2,3, 4, 5, 7,8 y 10).	53
Figura IV-26. Imágenes representativas de lo registrado a lo largo de los videotransectos (en orden de estaciones: 2,3, 4, 5, 7,8 y 10).	54
Figura IV-27. Distribución de arrecifes de coral en el SAR como en el polígono del proyecto.	56
Figura IV-28. Estaciones de muestreo para la validación de zonas de arrecife de coral.	57
Figura IV-29. Transecto de muestreo 2.	58
Figura IV-30. Transecto de muestreo 3.	59
Figura IV-31. Transecto de muestreo 4.	59

Figura IV-32. Transecto de muestreo 5.	60
Figura IV-33. Transecto de muestreo 7.	60
Figura IV-34. Transecto de muestreo 8.	61
Figura IV-35. Transecto de muestreo 10.	61
Figura IV-36. Seguimiento de ejemplares de tortuga blanca por telemetría (Pawikan, Mayan, Vida y Adele).	70
Figura IV-37. Seguimiento de ejemplares de tortuga laúd por telemetría (Calypso Blue, Panama Jack, Panama Jackie, Karma y Groove).	72
Figura IV-38. Sitios de avistamiento de tortugas blancas.	73
Figura IV-39. Sitios de avistamiento de tortugas caguama.	73
Figura IV-40. Sitios de avistamiento de tortugas carey (C).	74
Figura IV-41. Sitios de anidación y campamentos cercanos al sitio de estudio.	75
Figura IV-42. Nidos protegidos de la tortuga blanca (<i>C. mydas</i>) en 13 playas de anidación por Flora Fauna y Cultura de México, AC, en la costa de Quintana Roo.	77
Figura IV-43. Nidos protegidos de la tortuga caguama (<i>C. caretta</i>) en 13 playas de anidación por Flora Fauna y Cultura de México, AC4, en la costa de Quintana Roo.	79
Figura IV-44. Nidos protegidos de la tortuga caguama (<i>C. caretta</i>) en 14 campamentos en la costa de Quintana Roo, incluyendo varias de las playas índice establecidas en el PACE (CONANP, 2011b).	80
Figura IV-45. Nidos protegidos de la tortuga blanca (<i>C. mydas</i>) en 17 campamentos en la costa de Quintana Roo.	81
Figura IV-46. Frente de playa del área donde pretende establecerse el proyecto.	83
Figura IV-47. Avistamientos de ejemplares de los delfines <i>Stenella attenuata</i> , <i>Tursiops truncatus</i> , <i>Stenella frontalis</i> y <i>Stenella clymene</i> .	88
Figura IV-48. Mapa de Las tortugas marinas y sus playas de anidación en México (en amarillo) y su ubicación con respecto al proyecto (Gbif 2018).	92

TABLAS

Tabla IV-1. Superficie de los USV en el SAR.	9
Tabla IV-2. Cuantificación de los USV en el polígono del proyecto.	12
Tabla IV-3. Listado de especies representativas de selva mediana subperennifolia.	18
Tabla IV-4. Abundancia del picoplancton (células/ml x 10 ³).	28
Tabla IV-5. Abundancia del picoplancton (células/ml x 10 ³).	29
Tabla IV-6. Abundancia del picoplancton (células/ml x 10 ³).	31
Tabla IV-7. Listado de especies registradas en la zona del proyecto.	35
Tabla IV-8. Especies incluidas en alguna categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.	36
Tabla IV-9. Categorización de especies del análisis de asociación de Olmstead y Tukey.	41
Tabla IV-10. Órdenes y especies de peces óseos de la zona costera y nerítica de Quintana Roo, registrados en la Colección Nacional de Peces Cartilagosos del Instituto de Biología-UNAM, Schmitter-Soto et al. (2000), Vega-Cendejas y Hernández de Santillana (2014) y Anónimo (1998).	63
Tabla IV-11. Especies de peces en riesgo registrados en Quintana Roo.	64
Tabla IV-12. Especies de peces en riesgo registrados en Quintana Roo. Categorías establecidas por CITES y (Apéndice I: Comercio Internacional Prohibido; Apéndice II: Comercio Internacional Monitoreado). Categorías de la NOM 059 (Categoría A: Amenazada; Pr: Bajo Protección).	66
Tabla IV-13. Parámetros biométricos y reproductivos de las tres especies de tortugas marinas que se encuentran en Q. Roo, adaptada de Márquez-M (1990); Márquez-M (1996); Márquez-M y Carrasco (1996); Márquez et al. (2000).	69
Tabla IV-14. Especies de mamíferos marinos registrados en el litoral de la Península de Yucatán.	85

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN

IV.1. MEDIO BIÓTICO

Por el tipo de proyecto que se pretende desarrollar, el cual se establecerá en el medio terrestre y marino, se consultaron diversas fuentes bibliográficas y se llevó a cabo trabajo de campo, con la finalidad de evidenciar la estructura, el funcionamiento y el grado de conservación del SAR y del polígono del proyecto.

A partir de los datos bibliográficos se recabo información que permitió conocer las especies de flora y fauna, poblaciones o comunidades presentes en el SAR. En cuanto al trabajo de campo este permitió realizar una caracterización más específica del SAR y del polígono del proyecto. Con estas dos fuentes, y con el uso de indicadores ecológicos, muestreos estadísticamente sustentados, y sistemas de información geográfica, se identificó y describió el grado de conservación y/o deterioro de los tipos de vegetación, la zona marina, así como la importancia de las especies de flora y fauna, en el contexto del SAR, que pudieran ser susceptibles de ser afectadas por el desarrollo del proyecto.

IV.1.1. Regiones de importancia para la biodiversidad

En este apartado se identificaron las regiones con alta biodiversidad, las cuales se basan en sus características físicas y bióticas para su conservación debido a la crisis ambiental que enfrenta el país (cambio de uso de suelo, deforestación,

degradación ambiental, y cambio climático global entre otros factores) de acuerdo con la CONABIO (2010).

Como se muestra en la siguiente figura, el polígono del proyecto incide en dos áreas de importancia para la biodiversidad así como del SAR establecido, estas corresponden a la Región Hidrológica Prioritaria (RHP): Corredor Cancún-Tulum y Región Marina Prioritaria: Pta. Maroma-Nizuc.

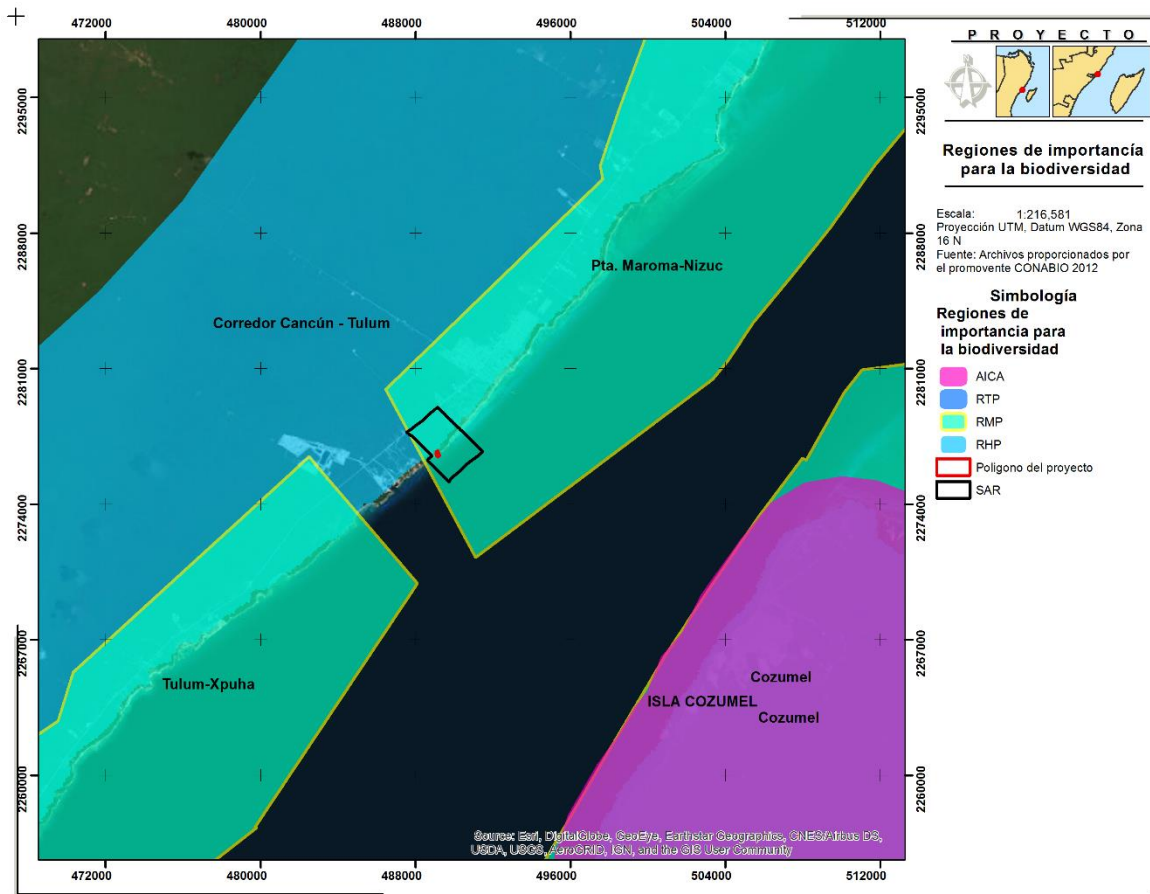
La RHP: Corredor Cancún-Tulum tiene como principales recursos hídricos de la región, las lagunas de Chakmochuk, Nichupté, cenotes, estuarios, humedales y aguas subterráneas. En cuanto a recursos de importancia para la biodiversidad dicha región presenta una cobertura vegetal de selva mediana subperennifolia, selva baja perennifolia, selva baja inundable, manglar, sabana, palmar inundable y vegetación de dunas costeras. En cuanto a especies en riesgo están consideradas la boa (*Boa constrictor*), huico rayado (*Cnemidophorus cozumela*), arrobo (*Ctenosaura similis*), iguana verde (*Iguana iguana*), casquito (*Kinosternon scorpioides*), mojina (*Rhinoclemmys areolata*), jicotea (*Trachemys scripta*); las aves loro yucateco (*Amazona xantholora*), garceta de alas azules (*Anas discors*), carao (*Aramus guarauna*), aguililla cangrejera (*Buteogallus anthracinus*), hocofaisán (*Crax rubra*), el trepatroncos alileonado (*Dendrocincla nabatina*), garcita alazana (*Egretta rufescens*), halcón palomero (*Falco columbarius*), el gavián zancudo (*Geranospiza caerulescens*), el bolsero yucateco (*Icterus auratus*), el bolsero cuculado (*Icterus cucullatus*), zopilote rey (*Sarcoramphus papa*), golondrina marina (*Sterna antillarum*), cárabo blanquinegro (*Strix nigrolineata*) y los mamíferos mono aullador (*Alouatta pigra*), mono araña (*Ateles geoffroyi*), grisón (*Galictis vittata*) y oso hormiguero (*Tamandua mexicana*).

Las principales problemáticas de esta región son la modificación del entorno ocasionado por la perturbación de complejos turísticos, obras de ingeniería para

corredores turísticos, deforestación, modificación de la vegetación (tala de manglar) y de barreras naturales, relleno de áreas inundables y formación de canales. En cuanto a contaminación, las aguas residuales y los desechos sólidos son las principales fuentes de contaminación de la región. Así también el uso de recursos como la pesca ilegal y las plantaciones de cocos afectan a esta región.

La RMP: Pta. Maroma-Nizuc, es considerada un área de importancia para la biodiversidad al incluir moluscos, poliquetos, equinodermos, crustáceos, esponjas, corales, artrópodos, tortugas, peces, aves, mamíferos marinos, manglares, selva baja inundable. Zona de reproducción de tortugas y merostomados. Al igual que en la RHP las problemáticas están relacionadas con la tala de manglar, relleno de áreas inundables (pérdida de permeabilidad de la barra), remoción de pastos marinos, construcción sobre bocas, modificación de barreras naturales. Daño al ambiente por embarcaciones pesqueras, mercantes y turísticas. Existe deforestación e impactos humanos. Blanqueamiento de corales. Contaminación por descargas urbanas y falta de condiciones de salubridad. La introducción de especies como *Casuarina* spp y *Columbina* spp.

Figura IV-1. Regiones de importancia para la biodiversidad.



De acuerdo a la naturaleza del proyecto este se pretende desarrollar en la zona terrestre y en la zona marina, por lo que se evaluó el efecto del proyecto en estas zonas (ver Capítulo V) y con base en ello se propusieron medidas ambientales (ver Capítulo VI) I. Se descarta que el proyecto, por sus características, pueda abonar a las problemáticas como pérdida de permeabilidad de la barra, remoción de pastos marinos, construcción sobre bocas, modificación de barreras naturales y modificación de la vegetación de manglar. Para el caso de los residuos generados durante las diferentes etapas del proyecto se aplicará un programa de manejo de residuos, el cual evitará la contaminación del agua y suelo.

IV.1.2. Vegetación

Para describir la vegetación, así como las especies que la integran, se consultó el archivo vectorial “Mapa de uso del suelo y vegetación de la zona costera asociada a los manglares, Región Península de Yucatán (2015) (CONABIO, 2016)” a una escala 1:50 000, dada la importancia que tiene la vegetación de manglar y sus restricciones en la NOM-022-SEMARNAT-2003 y la información de INEGI (2012) Usos de suelo y tipos de vegetación Serie V.

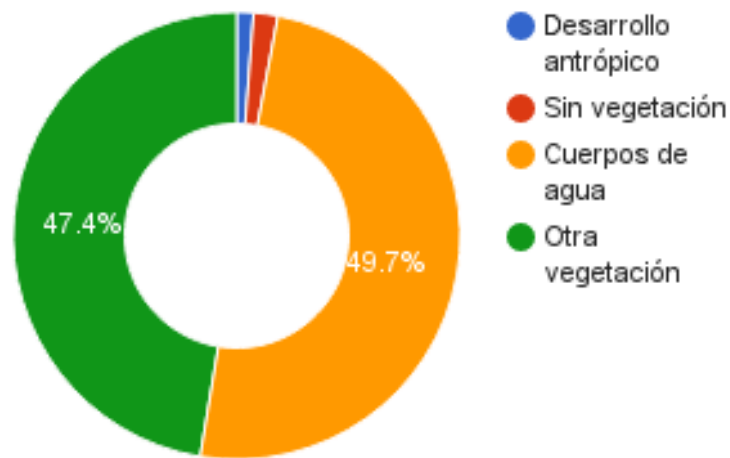
IV.1.2.1. Usos de suelo y vegetación en el SAR

De acuerdo con el archivo vectorial consultado de CONABIO (2016), en el SAR se registró como uso de suelo la categoría de desarrollo antrópico, como vegetación la categoría de “otra vegetación” y como información complementaria del SAR existen las categorías de sin vegetación y cuerpos de agua. Al obtener el cálculo de las superficies el 49.65% de SAR está representado por cuerpos de agua, seguido de la categoría de otra vegetación con el 47.39%, la categoría sin vegetación representa el 1.75% y por último la categoría de desarrollo antrópico representa el 1.21% (ver siguiente tabla y figura).

Tabla IV-1. Superficie de los USV en el SAR.

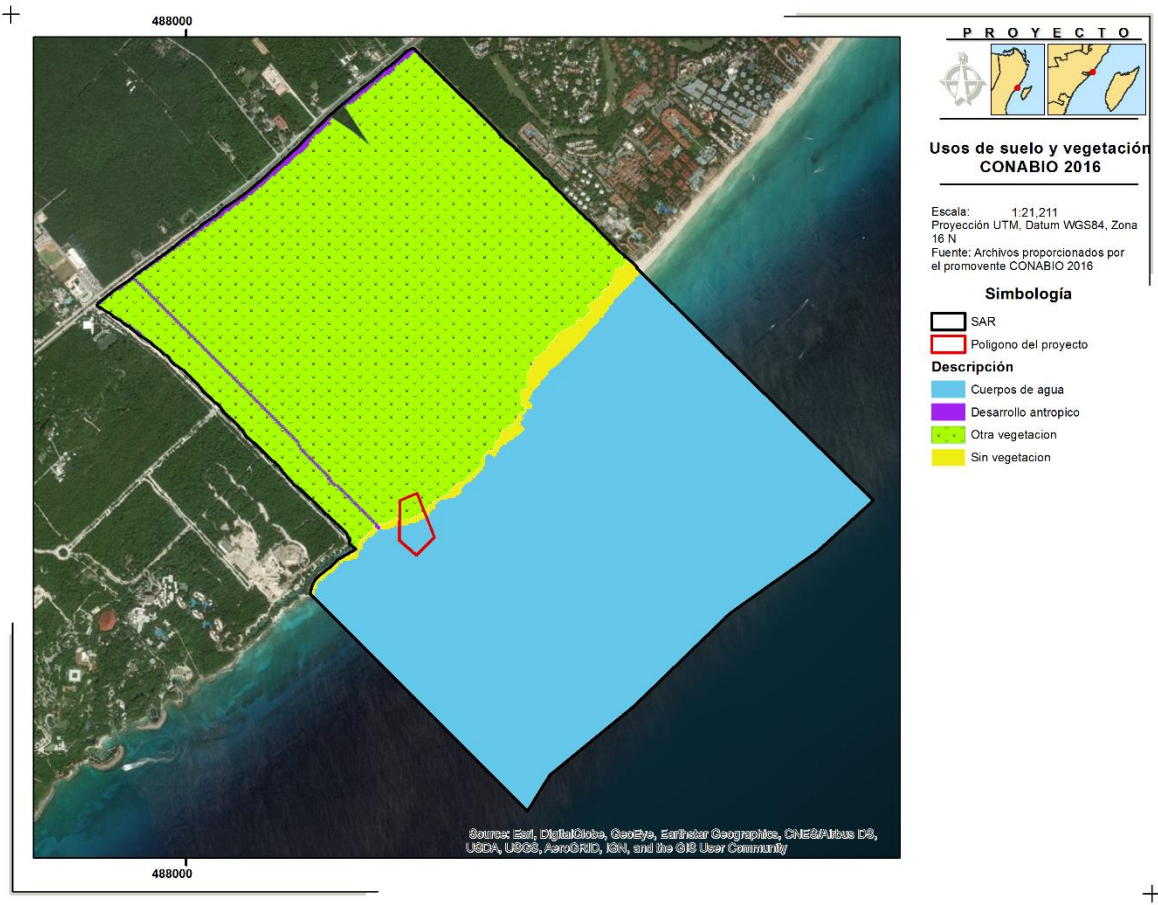
Usos de Suelo y tipos de Vegetación	Superficie	
	ha	%
Cuerpos de agua	349.76	49.65
Desarrollo antrópico	8.49	1.21
Otra vegetación	333.85	47.39
Sin vegetación	12.34	1.75
Total general	704	100.00

Figura IV-2. Representatividad de los USV en el SAR.



En la siguiente figura se muestra la distribución espacial de los USV en el SAR del proyecto de acuerdo con CONABIO (2016). Es importante destacar que **no** se presenta vegetación de manglar en la superficie del SAR.

Figura IV-3. Distribución espacial de los USV en el SAR.



IV.1.2.2. Usos de suelo y vegetación en el polígono del proyecto

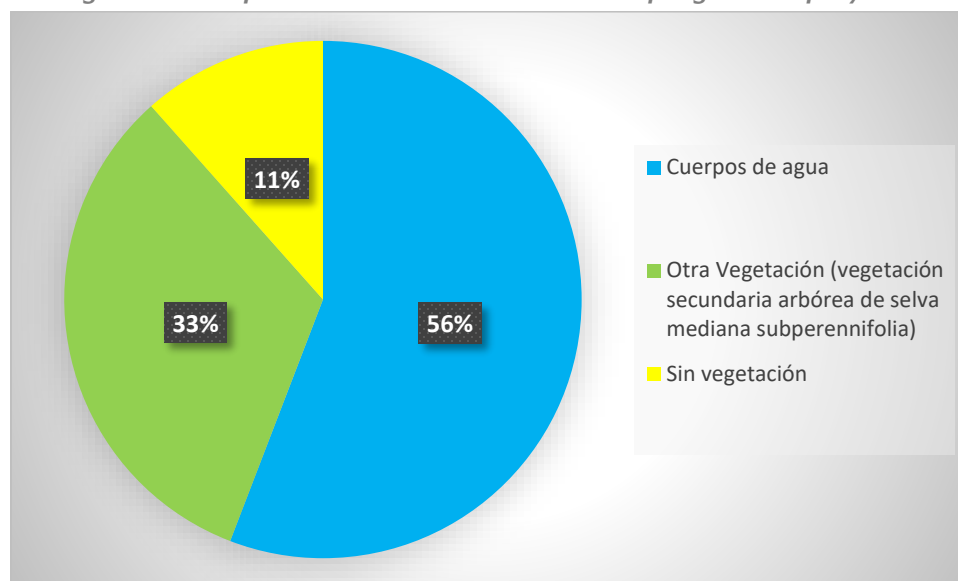
De acuerdo con CONABIO (2016) en el polígono del proyecto se registró un uso de suelo (desarrollo antrópico), un tipo de vegetación (otra vegetación, que de acuerdo con INEGI esta corresponde a vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia) y como información complementaria, se cuenta con cuerpos de agua y superficie sin vegetación, la cual corresponde a playa y rocas. Al cuantificar la superficie del polígono del proyecto el 55.84% se localiza en cuerpos de agua, seguido del 32.6% en la categoría de Otra vegetación (vegetación secundaria

arbórea de selva mediana subperennifolia), y sin vegetación con el 11.56% (ver siguiente tabla y figura).

Tabla IV-2. Cuantificación de los USV en el polígono del proyecto.

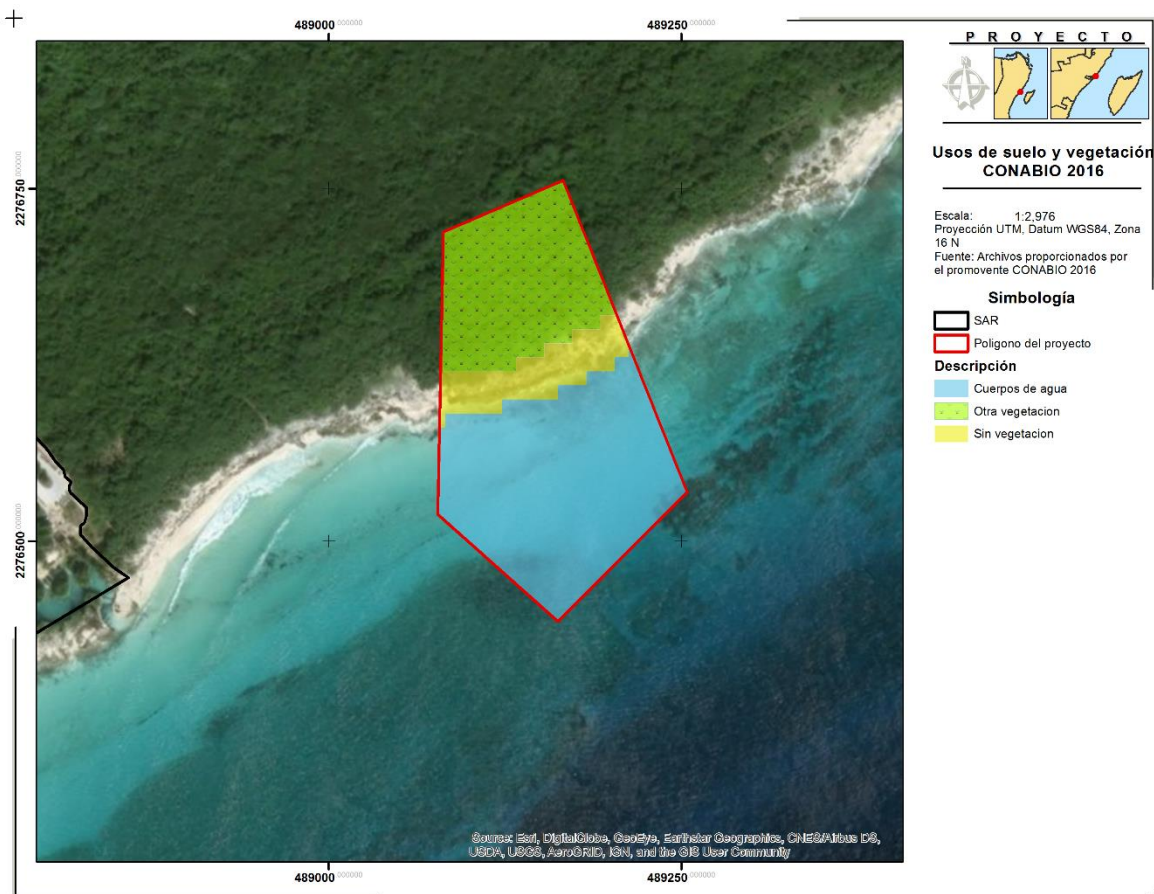
Usos de suelo y tipos de vegetación	Superficie	
	Ha	%
Cuerpos de agua	2.01	55.84
Otra Vegetación (vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia)	1.18	32.60
Sin vegetación	0.42	11.56
Total	3.61	100

Figura IV-4. Representatividad de los USV en el polígono del proyecto.



Como se muestra en la siguiente figura, el polígono del proyecto tiene una superficie de ocupación mayor en la zona marina; sin embargo, también considera un área importante en la zona terrestre.

Figura IV-5. Distribución espacial de los USV en el polígono del proyecto.

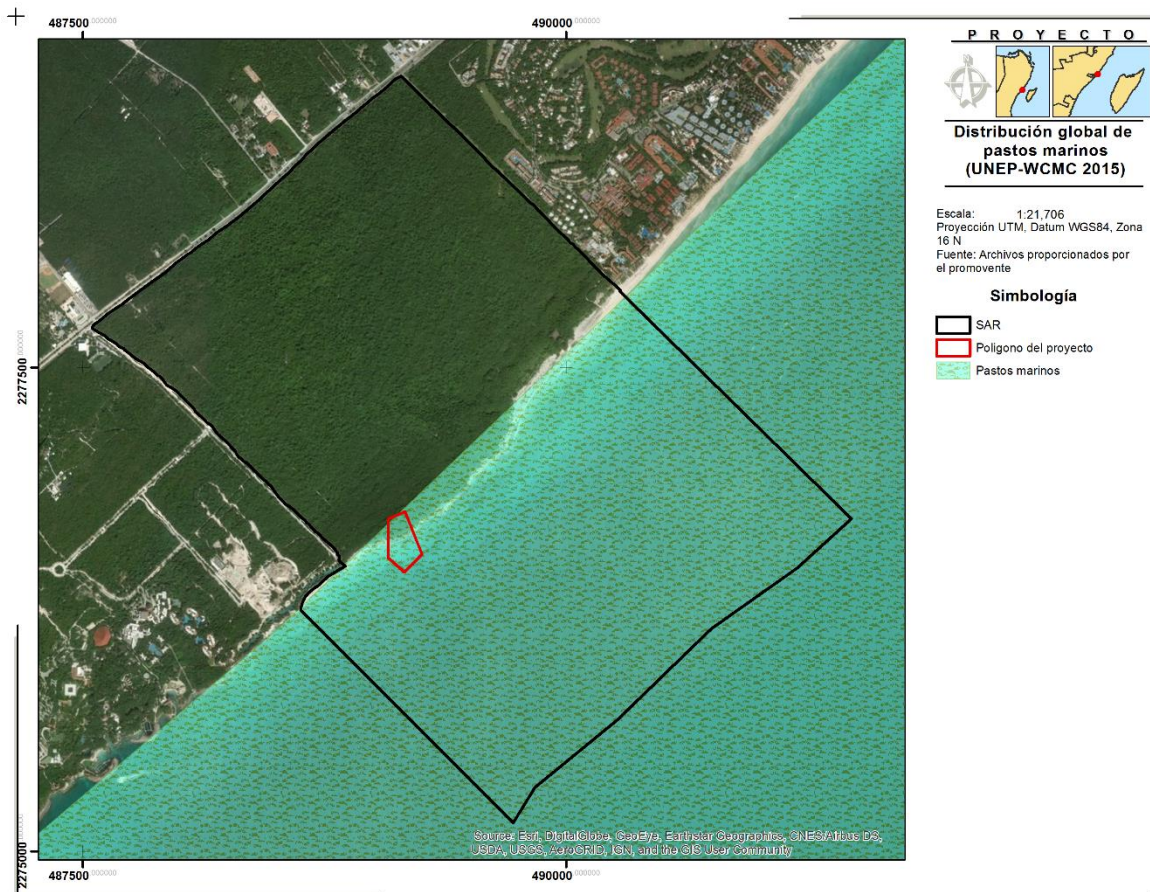


IV.1.2.3. Distribución espacial de pastos marinos

Los pastos marinos son plantas sumergidas a lo largo de la línea de costa, con una superficie estimada de 300,000-600,000 km². Mantener una buena cobertura de pastos marinos es importante ya que resguardan la zona de costa, promueven la biodiversidad, almacenan carbono, reciclan nutrientes y finalmente benefician en actividades como la pesca y el turismo.

Debido a la importancia que tiene este tipo de vegetación en el océano y respecto a la ubicación del proyecto así como del SAR, se consultó el mapa de “Global Distribution of Seagrasses”, al sobreponer el archivo de pastos marinos se muestra que se encuentran dentro del SAR como el polígono del proyecto (ver siguiente figura).

Figura IV-6. Distribución potencial de pastos marinos en el SAR y el polígono del proyecto.



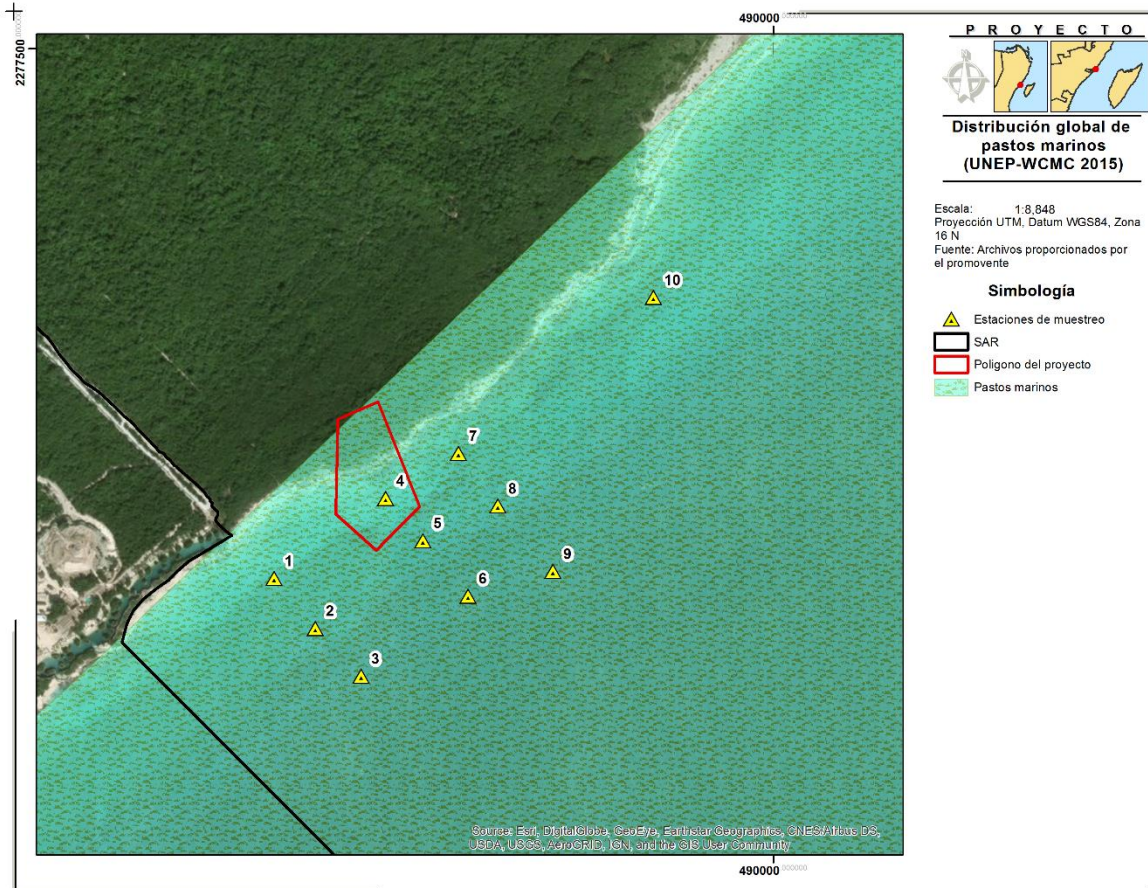
Sin embargo, es importante destacar que la información analizada presenta una escala a nivel mundial, por lo que la información presentada es de carácter de potencial, por lo que se realizó trabajo de campo en el área del proyecto, como en

el SAR enfocada a validar la presencia de pastos marinos así como su delimitación y cuantificación.

IV.1.2.4. Validación de pastos marinos en el SAR como en el polígono del proyecto.

Para validar la presencia de pastos marinos se realizó trabajo de campo tanto en el área del proyecto así también como en zonas aledañas a este, el método empleado consistió en buceo autónomo SCUBA para un total de 10 estaciones de muestreo (ver siguiente figura).

Figura IV-7. Estaciones de muestreo para la validación de pastos marinos.



De acuerdo con los resultados obtenidos, **no** se registró la presencia de pastos marinos en dichas zonas del proyecto así como fuera de este, lo dicho anteriormente se puede corroborar con las fotografías obtenidas para cada una de las estaciones de muestreo (ver siguientes figuras).

Figura IV-8. Transecto de muestreo.



transecto 2



transecto 3



transecto 4



transecto 5



transecto 7



transecto 8



transecto 10

Una vez verificado en campo la ausencia de pastos marinos, se puede concluir que el mapa del modelo de predicción de “Global Distribution of Seagrasses” presenta una escala de predicción muy amplia, por lo que el mapa presentado anteriormente y donde se ubica el proyecto no es válido para decir que existen o se distribuyen pastos marinos de una manera local.

IV.1.2.5. Revisión bibliográfica y de bases de datos en la flora presente en el SAR.

De acuerdo con la ubicación espacial del proyecto este se localiza en “vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia” clasificación obtenida del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI 2012) para interpretar la Serie V de información de Uso de Suelo y Vegetación.

De acuerdo con INEGI esta vegetación presenta fases sucesionales de tipo arbórea, arbustiva y herbácea. Los árboles de esta comunidad tienen contrafuertes y por lo general poseen muchas epífitas y lianas, otro rasgo común de este tipo de vegetación es la presencia de palmas. De acuerdo con este tipo de vegetación entre las especies más comunes se han listado un total de 30 especies (ver siguiente tabla), de dicho listado se tienen tres especies amenazadas y una sujeta a protección

especial. Así mismo las especies presentadas son consideradas nativas de México, y su distribución no se restringe al SAR o al polígono del proyecto, pudiendo estar representadas en otro estado e incluso fuera del país.

Tabla IV-3. Listado de especies representativas de selva mediana subperennifolia.

Nombre común	Especie	NOM-059-SEMARNAT-2010	Distribución
Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>		Nativa de México
Ceiba pentandra	<i>Ceiba pentandra</i>		Nativa de México
Cedro rojo	<i>Cedrela odorata</i>	Sujeta a protección especial	Nativa de México
Flor de corazón	<i>Talauma mexicana</i>	Amenazada	Nativa de México
Guapaque	<i>Dialium guianense</i>		Nativa de México
Jobo	<i>Spondias mombin</i>		Nativa de México
Molinillo	<i>Quararibea funebris</i>		
Metapalo	<i>Ficus spp.</i>		
Mamey zapote	<i>Pouteria sapota</i>		Nativa de México
Palo de aguacate	<i>Nectandra sinuata</i>		Nativa de México
Palo mulato	<i>Bursera simaruba</i>		Nativa de México
Ramón	<i>Brosimum alicastrum</i>		Nativa de México
Sombrerete	<i>Terminalia amazonia</i>		Nativa de México
Zapote cabello	<i>Licania platypus</i>		
Zapote	<i>Manilkara zapota</i>		Nativa de México
Zopo	<i>Guatteria anómala</i>	Amenazada	Nativa de México
Cacao	<i>Theobroma cacao</i>		Nativa de México
Guanábana	<i>Annona muricata</i>		Nativa de México
Rosita de cacao	<i>Quararibea funebris</i>		
Palo de hule	<i>Castilla elastica</i>		
Chancarro	<i>Cecropiaobtusifolia</i>		
Corcho	<i>Ochroma pyramidale</i>		Nativa de México
Jonote	<i>Heliocarpus appendiculatus</i>		Nativa de México
palmas tepejilote	<i>Chamaedorea tepejilote</i>		Nativa de México
Chocho	<i>Astrocaryum mexicanum</i>		Nativa de México
Ramón colorado	<i>Trophis racemosa</i>		Nativa de México
Flor del beso	<i>Psychotriaelata</i>		Nativa de México
Platanillo	<i>Heliconia bihai</i>		Nativa de México

Nombre común	Especie	NOM-059-SEMARNAT-2010	Distribución
Pariete	<i>Dalechampia spathulata</i>		Nativa de México
Palma chit	<i>Thrinax radiata</i>	Amenazada	Nativa de México

También se ha documentado como especies de importancia económica para este tipo de vegetación: el chicozapote (*Manilkara zapota*), caracolillo (*Sideroxylum foetidissimum*) y yaaxnik (*Vytex gaumeri*) y como especies melíferas el tsitsilche (*Gymnopodium floribundum*) y el guayabillo (*Myrcianthes fragans*).

Debido a la naturaleza del proyecto, el cual considera obras en la zona terrestre y especialmente en el tipo de vegetación mencionado, será necesario implementar un programa para el rescate y reubicación de especies de valor ecológico, en categoría de riesgo o endémicas principalmente, dichas medidas de mitigación pueden ser consultadas en el capítulo VI de esta MIA.

IV.1.2.6. Resultados del trabajo de campo a grupos fitoplanctónicos

Con base en los pigmentos identificados se pudo estimar la presencia de cuatro grupos fitoplanctónicos considerando la existencia de grupos que comparten pigmentos entre sí (Gaul y Antia, 2001; Mackey *et al.*, 1996), los cuales fueron las bacilariofitas, las dinofitas, las haptofitas y las cianofitas.

En superficie las cianofitas fueron el grupo fitoplanctónico dominante aportando el mayor porcentaje al total de la biomasa con más del 80% con excepción de las estaciones 1 y 2 donde alcanzaron el 100% (ver siguiente figura, recuadro A), sin embargo aunque en las estaciones 1 y 2 las cianofitas aportaron la biomasa total, fue en la zona cercana a la estación 9 donde se alcanzó la máxima abundancia de

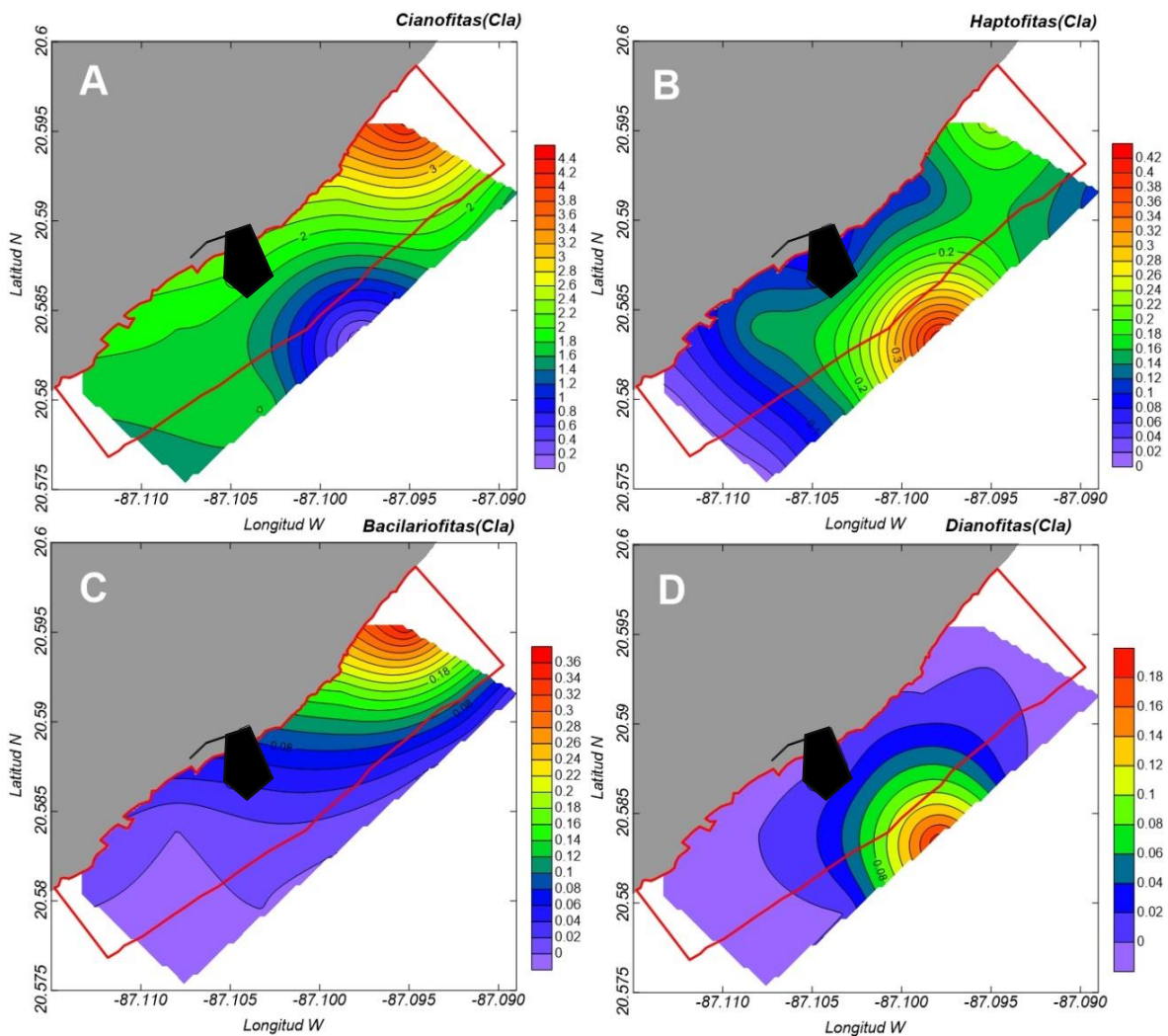
este grupo con alrededor de 4 Clā (ver siguiente figura, recuadro A), por lo que a pesar de que hubo estaciones en donde solo hubo presencia de cianofitas, estas estaciones no representaron concentraciones altas de biomasa.

El grupo de las cianofitas se asoció con los nitratos y el amonio debido a que muchas especies de cianofitas se ven favorecidas por las formas de nitrógeno inorgánico disuelto (Vidussi et al. 2001), principalmente las cianofitas pertenecientes a las fracciones nano y pico (Sommer 1999; Glé et al., 2008), por lo que es muy probable que las cianofitas presentes en el sitio de estudio pertenezcan a estas fracciones de tamaño –ver más adelante.

Las haptofitas representaron cerca del 12% del total de la biomasa de todo el sitio de estudio pero particularmente en la estación 6 este grupo alcanzó cerca del 60% y su máxima abundancia con 0.4 Clā (ver siguiente figura, recuadro B) en esta misma zona asociándose de manera inversa con la temperatura, este comportamiento puede considerarse normal debido a que las haptofitas determinadas en este estudio fueron coccolitoforidos tal como lo indica el pigmento marcador 19´Haxanohiloxy-Fucoxantina (Zapata *et al.*, 2004) y son los coccolitoforidos organismos indicadores de masas de agua frías y ricas en nutrientes (Cortés-Altamirano y Sierra-Beltrán, 2008; Reguera, 2002; Zapata *et al.*, 2004).

Figura IV-9. Variación espacial de los grupos fitoplanctónicos.

A)Cianofitas, B)Haptofitas, C)Bacilariofitas y C) Dinofitas en superficie.

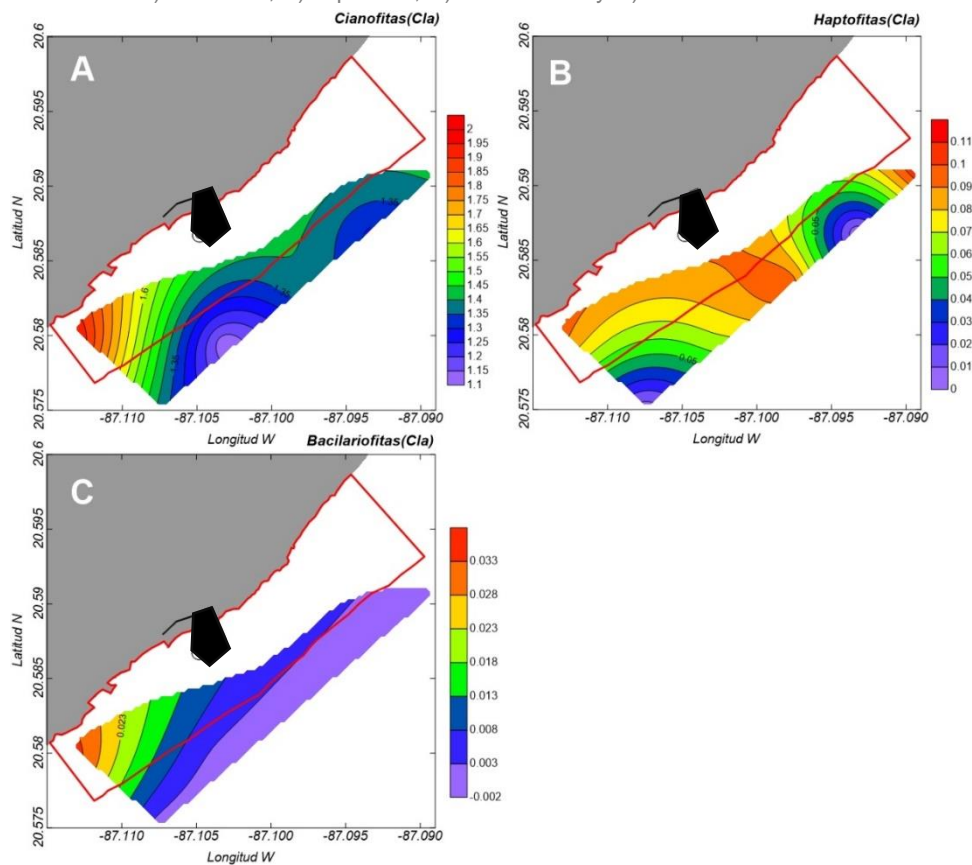


Las bacilariofitas aportaron apenas un 8% en todo el sitio de estudio alcanzando su máxima abundancia en la zona cercana a la estación 9 con 0.4 Clā asociadas positivamente con la temperatura y negativamente con la salinidad, lo cual podría estar relacionado a los aportes subterráneos que podrían llegar a la zona de estudio (Vidussi *et al.*, 2001).

Al respecto, Moreno-Ruiz (2006) reportó para la zona de Xcaret y zonas aledañas concentraciones de 39 especímenes de bacilariofitas cuya riqueza comparada con la zona costera de Yucatán fue alta (Troccoli y Herrera-Silveira, 1999). Sin embargo, la abundancia reportada fue muy baja y varió de 3 células/ml a 45 células/ml lo que reveló las condiciones oligotróficas del sitio de estudio. Esta baja abundancia, de acuerdo con el autor, es indicadora de que aún no se presentan problemas de florecimientos algales nocivos (FAN) tomando como base la concentración de 138 células/ml usada para para indicar condiciones de eutroficación en la zona costera (Licea y Santoyo, 1991).

Figura IV-10. Variación espacial de los grupos fitoplanctónicos.

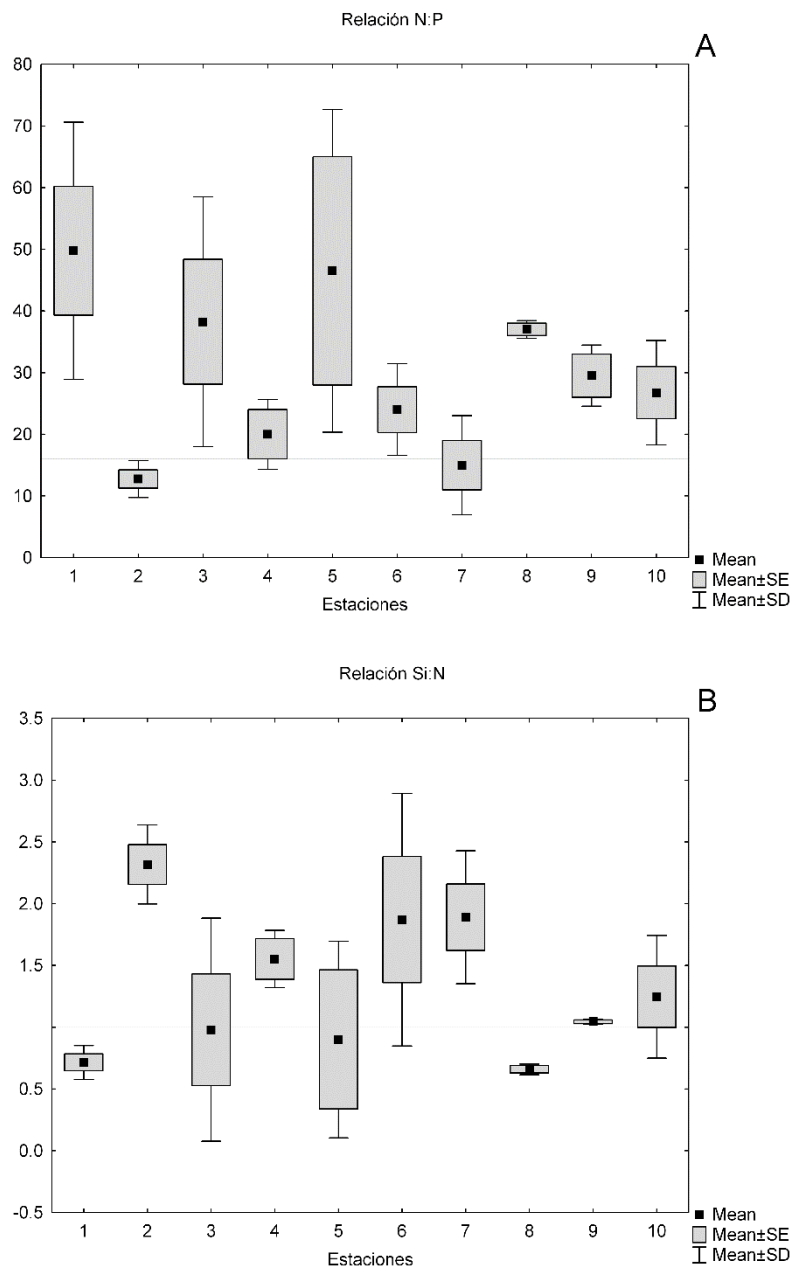
A)Cianofitas, B)Haptofitas, C)Bacilariofitas y C) Dinofitas en fondo.



En un estudio reciente, Merino-Virgilio et al., (2014) reportaron que las diatomeas *Cylindrotheca closterium* (abundancias de 1.11×10^7 células/l), *Nitzschia longissima* (2.0×10^7 células/l) y *N. reversa* (1.90×10^7 células/l) causaron FAN recurrentes en las aguas costeras del norte de la península de Yucatán, los más fuertes fueron en 2001, 2003, 2008 y 2011, impactando el medio ambiente y la economía de las familias de pescadores y causando mortandad de peces, crustáceos y moluscos marinos (langosta y pulpo, respectivamente); los autores también mencionan que fue durante la época de lluvias la época de máximo riesgo de la presencia de FAN debido a las altas temperaturas (25 a 35.5°C).

En este estudio, la presencia del pigmento marcador de diatomeas (bacilariofitas) la fucoxantina y su contribución a la biomasa total (apenas el (8%) sugieren que este grupo NO presenta el potencial de desarrollo de FAN en la zona de estudio. La razón de esto se debe a que las diatomeas se encontraron limitadas por sílice (en menor medida) y fósforo; esto debido a los resultados de la relación Si:N que indicaron que las estaciones 1, 3, 5 y 8 (ver siguiente figura, recuadro B) se encontraron por debajo del valor umbral (Si:N=1) que sugiere limitación por sílice. Además, es sabido que las bacilariofitas son incapaces de prosperar en ambientes con concentraciones de fosfatos $< 2 \mu\text{M}$ (Egge y Asksness, 1992) tal como ocurre en la zona de estudio (intervalo de $0.05 \mu\text{M}$ a $0.14 \mu\text{M}$).

Figura IV-11. Variación de la relación A) N:P y B) Si:N en las estaciones de muestreo.



Las dinofitas solo se registraron en la estación 6 aportando cerca del 40% al total alcanzando 0.4 Clā en esta estación, el hecho de que solo se hayan registrado dinofitas en esta estación puede estar asociado con que la mayoría de los dinoflagelados fotosintéticos pueden requerir grandes concentraciones de nutrientes para su desarrollo (Burkholder et al., 2006) y como se explicó anteriormente en la zona de estudio las concentraciones son bajas.

En el caso de las muestras de fondo, las cianofitas fueron el grupo dominante con un aporte de más del 90% al total de la biomasa pero contrario a lo que sucedió en la superficie, este grupo alcanzó su máxima abundancia en la zona sur del área de estudio con 2.0 Clā, probablemente porque en esta zona la concentración de amonio, nitratos y nitritos fue la más alta y como ya se mencionó, este grupo suele verse favorecido por altas concentraciones de nitrógeno inorgánico (Vidussi et al. 2001). Las haptofitas aportaron cerca del 10% de biomasa restante con excepción de la estación 1 en donde aportaron alrededor de un 8% y alcanzaron su máxima abundancia en la estación 10 con 1.25 Clā, zona en la que la temperatura fue baja, evidenciando la relación de este grupo con las masas de agua con temperaturas más bajas (Reguera, 2002).

Finalmente se detectó la presencia de las bacilariofitas en la estación 1 donde aportaron cerca de un 2% al total de la biomasa alcanzando 0.4 Clā en esta zona, sin embargo en el resto del área de estudio no se registró presencia de este grupo.

a) Picofitoplancton

En la zona de estudio los bajos niveles de nutrientes registrados en la época de lluvias (agosto 2016), la baja concentración de clorofila *a* así como la ausencia en los reportes de *blooms* o FAN de fitoplancton (Moreno-Ruiz, 2006) sugieren que la zona costera adyacente a Xcaret es un ecosistema de condiciones oligotróficas. En tales condiciones, el fitoplancton se compone de asociaciones específicas de especies y de fracciones menores a 3 μM conocidos como picofitoplancton. Por ello, en este estudio se evaluó la fracción picoplanctónica en sus componentes autótrofos.

Picofitoplancton autótrofo. Se identificaron tres grupos de picoplancton autótrofo, las picocianobacterias *Synechococcus*, *Prochlorococcus* y los picoeucariotes y su abundancia varió de 38 a 155 Células $\times 10^3$ ml y su abundancia varió un 200% (CV%). El grupo que dominó el ensamblaje fue *Synechococcus* sp. quien contribuyó con el 70% de la abundancia total (ver siguiente tabla) seguido de *Prochlorococcus* (30%) y los picoeucariotes (1% del total). En superficie fue donde se registraron las máximas abundancias de *Synechococcus* (112 Células $\times 10^3$ ml) en comparación al fondo (31.3 Células $\times 10^3$ ml) y se registraron en las inmediaciones de la estación 9 similar a los picoeucariontes (0.87 Células $\times 10^3$ ml) finalmente *Prochlorococcus* dominó en la proximidad de las estaciones 2 y 3 (ver siguiente figura).

Figura IV-12. Variación espacial de las picocianobacterias.

Synechococcus (A y C) y Prochlorococcus (B y D) en superficie y fondo respectivamente.

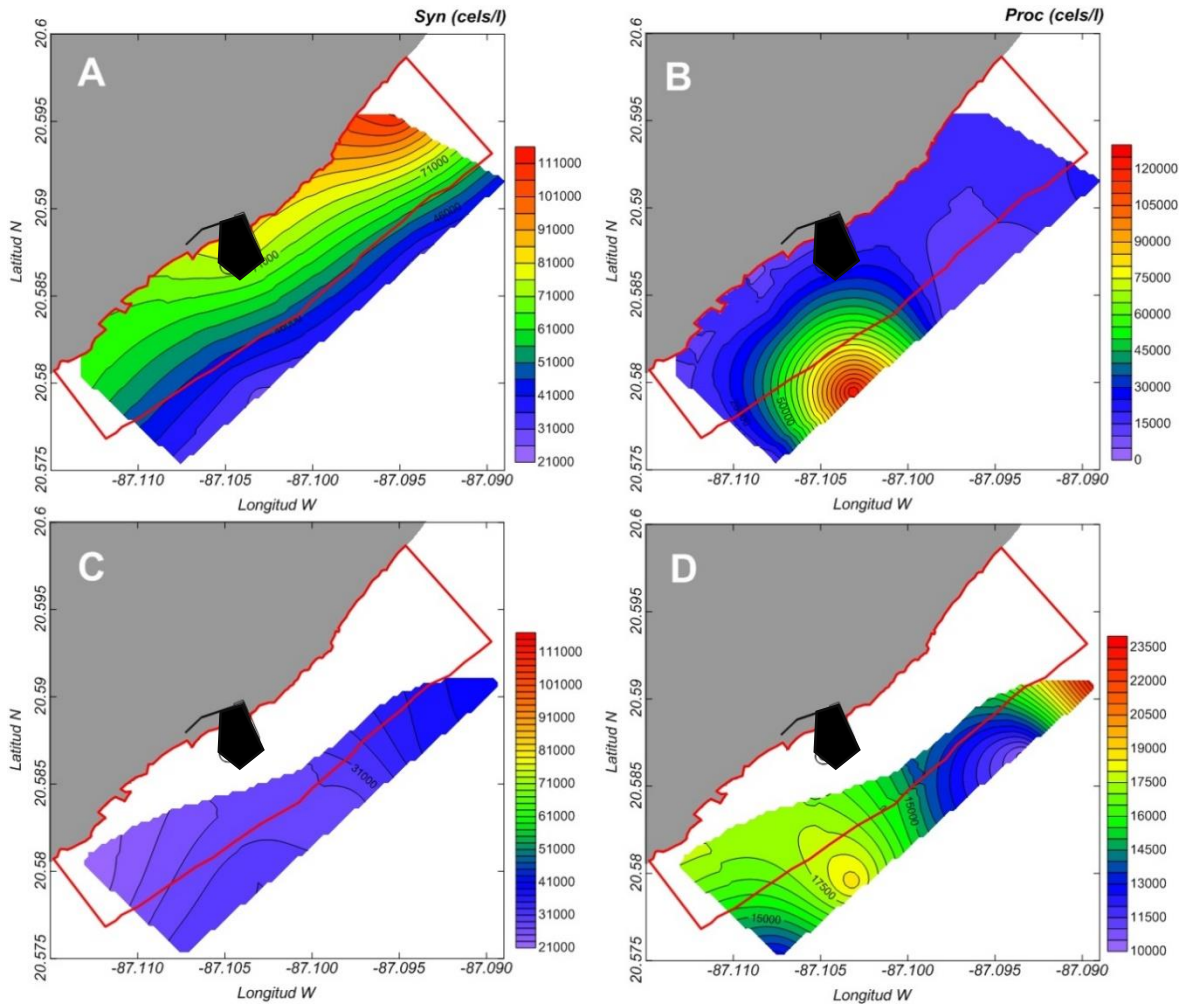


Tabla IV-4. Abundancia del picoplancton (células/ml x 103).

Estacion	Picoplancton autótrofo		
	<i>Prochlorococcus</i> sp.	<i>Synechococcus</i> sp.	Picoeucariotes
E01_S	13.26	62.46	0.43
E01_F	17.30	20.48	0.57
E02_S	8.80	32.09	0.28
E2_F	12.17	30.46	0.20
E03_S	125.78	29.89	0.09
E03_F	18.87	31.00	0.26
E04_S	20.50	63.11	0.39
E05_S	17.48	80.48	0.57
E06_S	13.80	35.65	0.30
E06_F	13.43	26.93	0.28
E07_S	11.96	28.52	0.24
E07_F	10.13	37.72	0.30
E08_S	18.65	83.33	0.54
E09_S	15.17	112.35	0.87
E10_S	23.57	38.00	0.37
E10_F	25.37	41.15	0.15
Media	22.89	47.10	0.37
Min	8.80	20.48	0.09
Max	125.78	112.35	0.87
DE	27.83	25.86	0.20

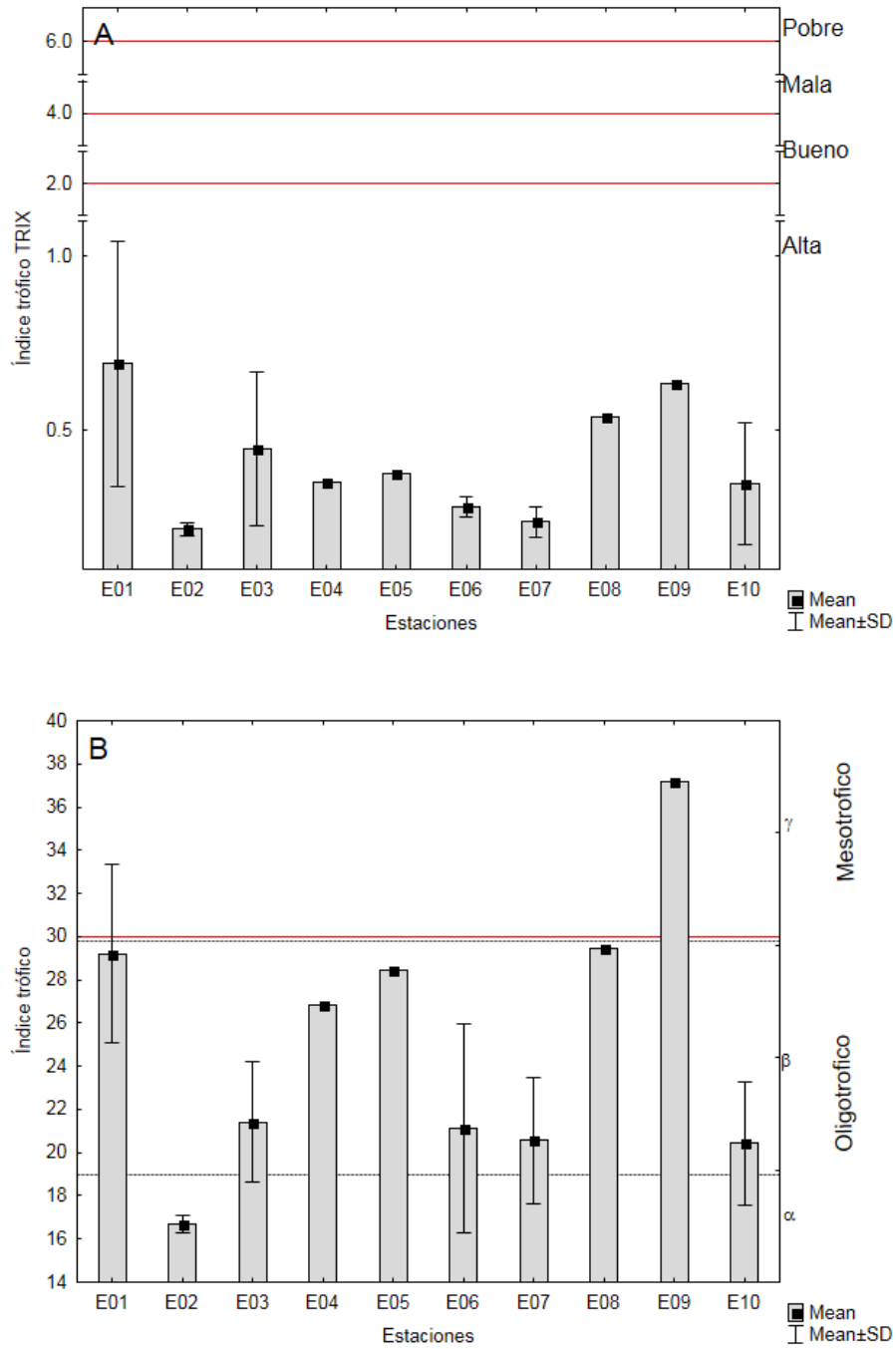
Particularmente en regímenes oligotróficos las cianobacterias y los picoeucariotas dominan la comunidad de fitoplancton (Goericke et al., 2000). La estructura de una comunidad de fitoplancton es el resultado de la respuesta fisiológica de especies particulares y de procesos ecológicos ligados a condiciones ambientales específicas (Legendre et al., 1999). Las especies que habitan los regímenes oligotróficos deben tener la capacidad de resistir la baja disponibilidad de nutrientes sin que esto afecte su fisiología. Probablemente estas especies desarrollan estrategias que les permiten optimizar su desempeño fotosintético en aguas pobres en nitratos y fosfatos. La picocianobacteria *Synechococcus* fue el componente autótrofo más abundantes en la zona, coincidiendo con los resultados de pigmentos que reveló que la zeaxantina (pigmento marcador de las cianofitas) fue el pigmento que contribuyó con la mayor biomasa, además esta dominancia podría estar relacionada con la capacidad de *Synechococcus* para adquirir fósforo cuando las concentraciones son muy bajas (Bec et al., 2011) como las concentraciones

registradas en este estudio (ver siguiente tabla). En términos de biomasa, según Charpy et al (1996) *Synechococcus* puede contribuir con el 50% de la pico-biomasa y a veces hasta 90%, en este estudio contribuyó con el 70%. Las estimaciones de la contribución de cada fracción de tamaño a la biomasa total (pico, nano y micro) revelan una mayor proporción de las fracciones pico- y nano, en comparación con la fracción micro en ambientes oligotróficos (Legendre y Rassoul Zadegan, 1995), este es el caso de la zona costera adyacente a Xcaret.

Tabla IV-5. Abundancia del picoplancton (células/ml x 103).

Estacion	Picoplancton autótrofo		
	<i>Prochlorococcus</i> sp.	<i>Synechococcus</i> sp.	Picoeucariotes
E01_S	13.26	62.46	0.43
E01_F	17.30	20.48	0.57
E02_S	8.80	32.09	0.28
E2_F	12.17	30.46	0.20
E03_S	125.78	29.89	0.09
E03_F	18.87	31.00	0.26
E04_S	20.50	63.11	0.39
E05_S	17.48	80.48	0.57
E06_S	13.80	35.65	0.30
E06_F	13.43	26.93	0.28
E07_S	11.96	28.52	0.24
E07_F	10.13	37.72	0.30
E08_S	18.65	83.33	0.54
E09_S	15.17	112.35	0.87
E10_S	23.57	38.00	0.37
E10_F	25.37	41.15	0.15
Media	22.89	47.10	0.37
Min	8.80	20.48	0.09
Max	125.78	112.35	0.87
DE	27.83	25.86	0.20

Figura IV-13. Variación del índice trófico A) TRIX y B) índice trófico de Carlson (1977) basado en clorofila en el área de estudio.



Las abundancias del picoplancton autótrofo pueden ser explicadas por la influencia marina en la zona de estudio. De hecho, *Prochlorococcus* se considera como marcador de condiciones oceánicas mientras que el picoplancton eucariótico se consideran marcador de condiciones lagunares o estuarinas (Charpy, 1996). Thomas et al., (2010) y Charpy et al., (201x) reportaron abundancias de *Synechococcus* que van desde 7.7 a 122 Células X10³ ml, estos valores están dentro del intervalo de abundancias de *Synechococcus* observados durante este estudio (ver siguiente tabla) mientras que las abundancias de los picoeucariontes encontrados durante este estudio fueron muy bajas y similares a los registrados por Thomas et al., (2010).

Tabla IV-6. Abundancia del picoplancton (células/ml x 10³).

Estacion	Picoplancton autótrofo		
	<i>Prochlorococcus</i> sp.	<i>Synechococcus</i> sp.	Picoeucariontes
E01_S	13.26	62.46	0.43
E01_F	17.30	20.48	0.57
E02_S	8.80	32.09	0.28
E2_F	12.17	30.46	0.20
E03_S	125.78	29.89	0.09
E03_F	18.87	31.00	0.26
E04_S	20.50	63.11	0.39
E05_S	17.48	80.48	0.57
E06_S	13.80	35.65	0.30
E06_F	13.43	26.93	0.28
E07_S	11.96	28.52	0.24
E07_F	10.13	37.72	0.30
E08_S	18.65	83.33	0.54
E09_S	15.17	112.35	0.87
E10_S	23.57	38.00	0.37
E10_F	25.37	41.15	0.15
Media	22.89	47.10	0.37
Min	8.80	20.48	0.09
Max	125.78	112.35	0.87
DE	27.83	25.86	0.20

HZ II= Progreso, Sacná, Telchac y Chabihau

HZ III= Dzilam, Las Bocas Punta Yalkubul, Límite Dzilam-San Felipe, Punta Bachul y San Felipe

HZ IV= Ría Lagartos, Coloradas, Angostura y El Cuyo.

Estas diferencias señalan la variación en la composición del tipo de recursos encontrados en el sistema, como se reporta en otros estudios (por ejemplo, Binder et al., 1996) además Bec et al., (2011) sugieren que el predominio numérico de las picocianobacterias es un indicador de condiciones oligo-mesotróficas. Esta dominancia, se debe a su pequeño tamaño y alta relación superficie/volumen, que les confiere la ventaja de ser más competitivos que los picoeucariontes y el fitoplancton más grande en la adquisición de nutrientes en sistemas con recursos limitados como lo es el área de estudio.

b) Índice trófico

El índice TRIX es un índice de diagnóstico que resume una fracción importante de la variabilidad total del sistema (Solidoro y Cossarini, 2001). Mide factores de expresión directa de productividad a través de la clorofila *a*, así como factores nutricionales usando como indicadores el nitrógeno y el fósforo inorgánico (NID y FRS respectivamente).

Actualmente el único índice definido para medir el estado de la calidad del agua en un ambiente marino-costero es el índice trófico TRIX que resume en un valor numérico (en una escala de valores de 1 a 10) la condición trófica del sistema de agua considerado (Vollenweider et al., 1998). Algunas limitaciones del método son que es un índice multiparamétrico y: a) no puede establecer cuáles variables juegan un papel más significativo en la tendencia del nivel trófico del agua; b) no puede identificar que tanto los factores externos afectan el estado trófico. Sin embargo, esto puede subsanarse en parte con un análisis más profundo de las variables por separado.

El resultado del índice TRIX calculado en este estudio varió entre 0.20 registrado en la estación 2 fondo y 0.94 en la estación 1 superficie, este resultado demostró que las condiciones en la zona de estudio fueron características de un ambiente de poca producción y buena calidad del agua. El resultado del índice de Carlson basado en la concentración de clorofila *a* reveló que el sitio de estudio varió de condiciones oligotróficas (valor <30) a mesotróficas (valor >30 en las estaciones 1 y 9 superficie) esto debido a que en la estación 9 se registró la mayor concentración (y acumulación) de clorofila *a*.

IV.1.3. Fauna

La fauna que es el conjunto de especies animales que tienen la capacidad de desplazarse de un lugar a otro, el desplazamiento de las especies puede estar condicionado a factores ambientales, de perturbación o antropogénicos, por ello la riqueza y la abundancia relativa es muy variable a través del tiempo. Para realizar este apartado se procuró contar con información bibliográfica y de bases de datos actualizadas, así como principalmente complementar con trabajo de campo para obtener un listado actualizado de especies presentes en el SAR y en el área del proyecto.

IV.1.3.1. Fauna terrestre

Como se mencionó anteriormente el proyecto contempla obras en la parte terrestre, en vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia. Dicha vegetación es una de las comunidades más exuberantes del país, y están formadas por árboles de 20 a 30 m o más de altos, de muy diversas especies y que conservan su follaje todo el año, por lo que este ecosistema es muy complejo y con alta variación de especies de fauna de un lugar a otro.

De acuerdo con trabajos realizados para la zona donde se ubica el proyecto, se ha registrado un total de **16 especies de fauna**, cuatro corresponden a los reptiles, ocho a las aves y cuatro a los mamíferos (ver siguiente tabla).

Tabla IV-7. Listado de especies registradas en la zona del proyecto.

Grupo Faunístico	Familia	Nombre científico	Nombre común
Reptiles	Boidae	<i>Boa constrictor</i>	Boa
	Gekkonidae	<i>Hemidactylus torcicus</i>	Cuija
	Corytophanidae	<i>Basiliscus vittatus</i>	Tolok
	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana negra
Aves	Corvidae	<i>Cyanocorax morio</i>	Urraca pea
	Emberizidae	<i>Dendroica dominica</i>	Chipe dominico
	Icteridae	<i>Icterus cucullatus</i>	Bolsero cumulado
	Emberizidae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate
	Corvidae	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	Chara yucateca
	Cracidae	<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca
	Momotidae	<i>Eumomota superciliosa</i>	Pájaro Tho; pájaro péndulo
Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Luis bienteveo	
Mamíferos	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>	Sereque
	Dedelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache
	Procyonidae	<i>Procyon lotor</i>	Mapache
	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Tejón

Los resultados de la fauna son considerados realmente bajos, sin embargo el área donde se pretende desarrollar el proyecto se ubica dentro de desarrollos turísticos así como infraestructura carretera las cuales son consideradas barreras que limitan

el flujo de especies de un lugar a otro y por lo tanto la riqueza, así como la abundancia relativa puede considerarse baja.

a) Fauna endémica y/o en categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010

De las 16 especies registradas sólo dos especies se encontraron en la categoría de Amenazada (A) de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, ambas pertenecen al grupo de los reptiles (ver siguiente tabla):

Tabla IV-8. Especies incluidas en alguna categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Grupo Faunístico	Familia	Nombre científico	Nombre común	Categoría en la NOM-059-SEMARNAT-2010	Distribución
Reptiles	Boidae	<i>Boa constrictor</i>	Boa	Amenazada	No endémica
	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana negra	Amenazada	No endémica

Es importante mencionar que para cada individuo de fauna registrado en el área del proyecto, se aplicaran los programas adecuados de rescate y reubicación de especies de acuerdo con el capítulo VI de esta MIA.

IV.1.3.2. Fauna marina

a) Resultados del muestreo de fauna bentónica

Se obtuvo un total de 1030.5 organismos del macrobentos por dm^3 . Se encontraron siete grupos taxonómicos principales. El grupo dominante fue el de los **anélidos poliquetos** con un total de 783.7 ind/ dm^3 , lo cual representa el 89% de la densidad de organismos recolectados en la zona. Los oligoquetos representaron el 4%, los crustáceos y moluscos el 3% cada uno, los cefalocordados comprendieron el 1% de la densidad; mientras que, los nematodos y equinodermos comprendieron el porcentaje restante (ver siguientes figuras).

Figura IV-14. Porcentaje de la densidad muestreada que comprende cada uno de los grupos taxonómicos registrados en el área de estudio.

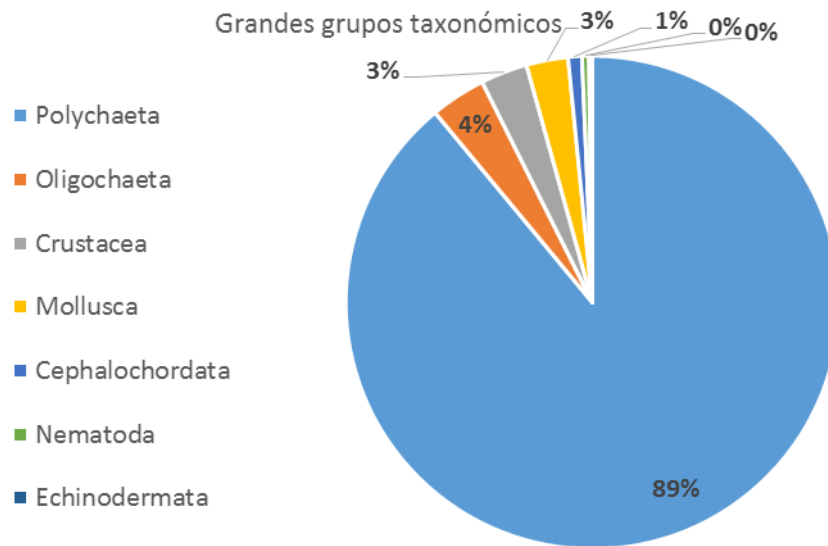


Figura IV-15. Porcentaje de la densidad muestreada que comprende cada uno de los grupos taxonómicos registrados en el área de estudio por estación y réplica.

Las estaciones están acomodadas de suroeste a noreste.

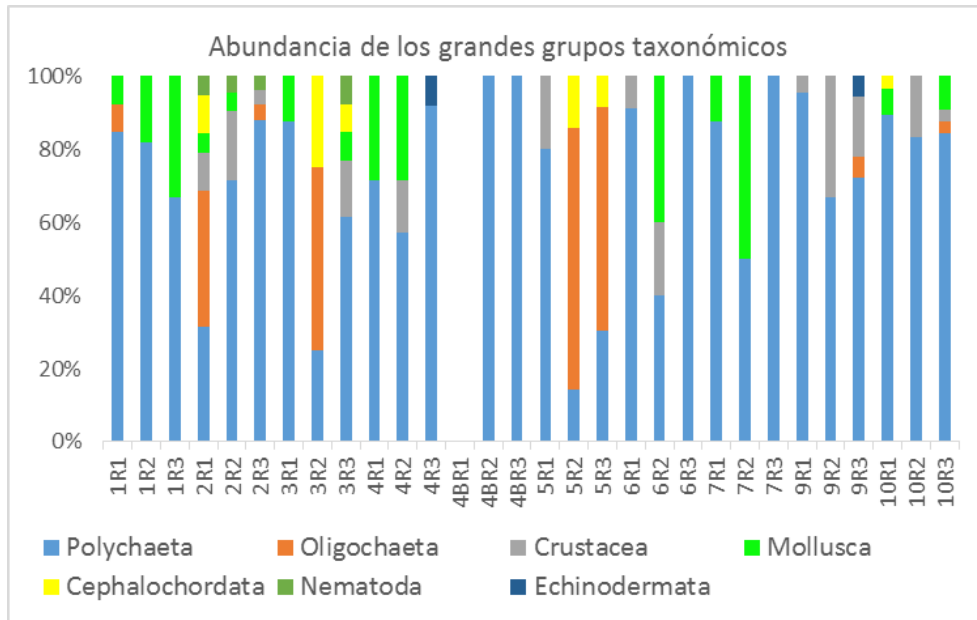
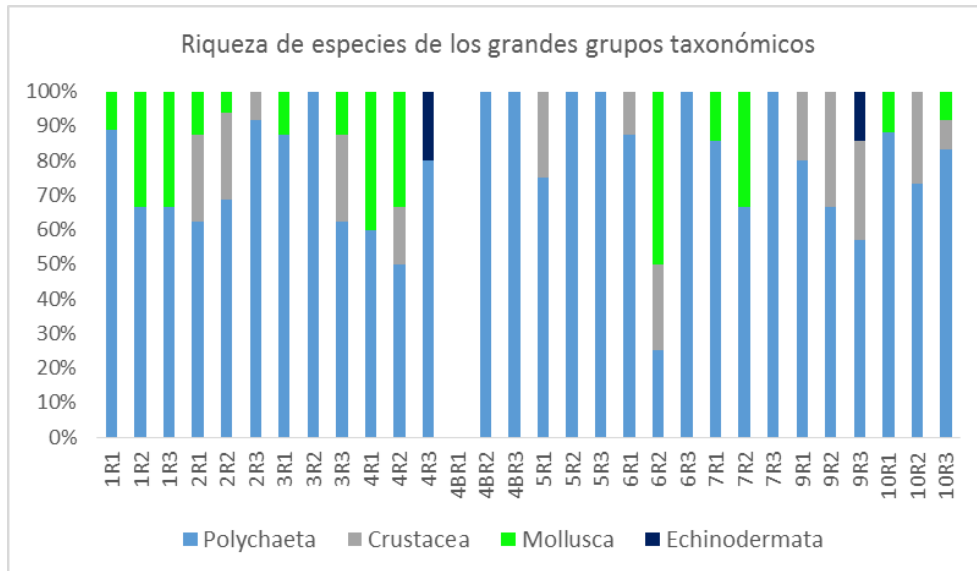


Figura IV-16. Porcentaje de la riqueza de especies que comprende cada uno de los grupos taxonómicos registrados en el área de estudio por estación y réplica.

Las estaciones están acomodadas de suroeste a noreste.



Composición faunística

Se registraron 71 especies de macroinvertebrados bentónicos en la zona. El grupo taxonómico que presentó más especies fue el de los poliquetos con 47, seguido de los crustáceos con 13, los moluscos con 9 y los equinodermos con 2 especies.

Dominancia

Se encontraron cinco especies dominantes: *Armandia agilis* (9.37% de densidad relativa), *Levinsenia gracilis* (6.06%), *Prionospio (Prionospio) cristata* (5.79%), *Armandia cf. Agilis* (6.34%) y *Hesionura sp.* (6.06%) (ver siguientes figuras y tablas). Estas especies se encontraron por encima del intervalo de confianza del 95% con respecto a la media de la frecuencia relativa y el logaritmo de la densidad. Juntas estas especies representaron el 18.8% de la densidad registrada. Para que una especie se considere dominante se requiere que sea tanto abundante como frecuente en la zona estudiada.

Armandia es un género de poliquetos de la familia Opheliidae que en general es común en zonas arenosas. Se alimentan cabeza abajo mediante movimientos peristálticos de los músculos ventrolaterales y circulando agua a través de su canal ventral y regresando por el canal sobre las branquias. De acuerdo con Fauchald y Jumars (1979) los ofélidos son depositívoros no selectivos, aunque se ha observado que algunas especies puede seleccionar la materia orgánica y alimentarse de copépodos muertos (Uebelacker, 1984). La mayoría de las especies obtienen sus nutrientes de la materia orgánica ingerida de los sedimentos. La forma de estos poliquetos semeja la forma de los anfioxos cefalocordados, los cuales son abundantes en arenas medias a finas y los cuales también se alimentan generando corrientes de agua a través de su boca. Esta especie se ha registrado en el sur del Golfo de México (Domínguez-Castanedo *et al.*, 2007); sin embargo, no con la densidad que presenta en el Gran Caribe Mexicano.

Figura IV-17. Análisis de asociación de Olmstead y Tukey donde se observan las especies dominantes, comunes, ocasionales y raras.

Los números representan a las especies de la siguiente tabla.

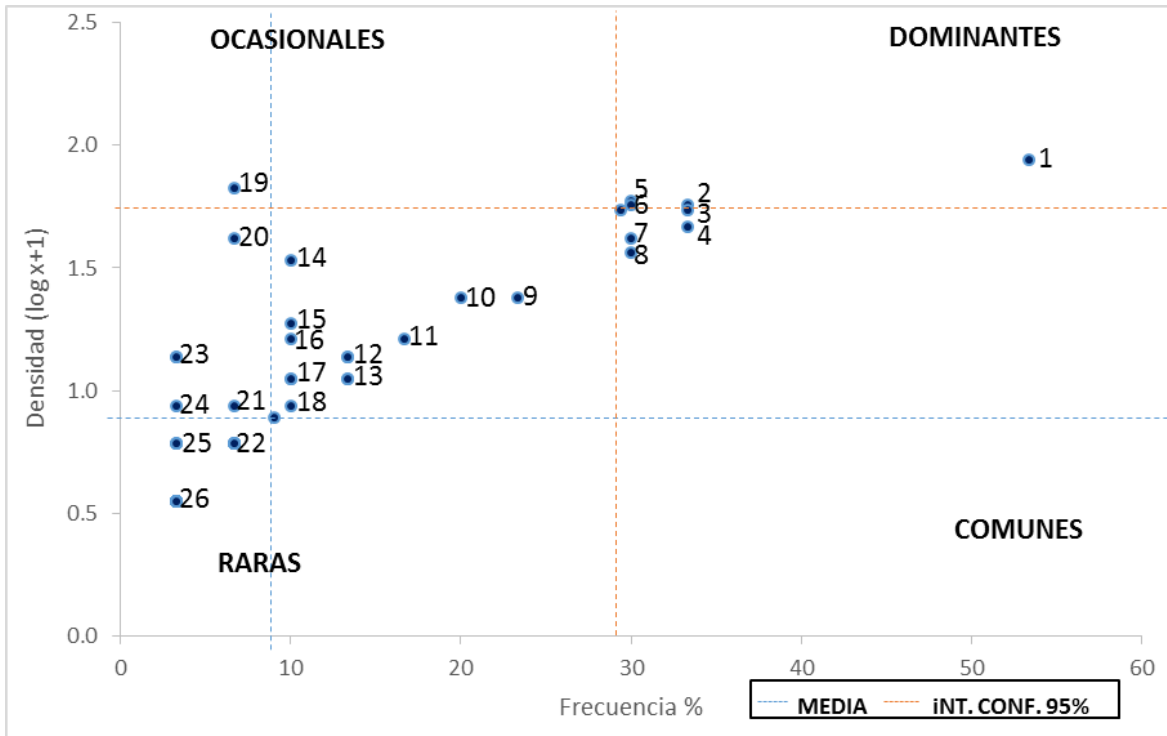


Tabla IV-9. Categorización de especies del análisis de asociación de Olmstead y Tukey.

Clave	Especie	Frecuencia %	Densidad (log x+1)	Densidad relativa %
1	<i>Armandia agilis</i>	53.33	1.94	9.37
2	<i>Levinsenia gracilis</i>	33.33	1.76	6.06
3	<i>Prionospio (P.) cristata</i>	33.33	1.74	5.79
4	<i>Eusyllis</i> sp.	33.33	1.67	4.96
5	<i>Armandia</i> cf. <i>Agilis</i>	30.00	1.77	6.34
6	<i>Hesionura</i> sp.	30.00	1.76	6.06
7	<i>Kefersteinia</i> sp.	30.00	1.62	4.41
8	<i>Donax variabilis</i>	30.00	1.56	3.86
9	<i>Glycera oxycephala</i>	23.33	1.38	2.48
10	<i>Capitella</i> sp.	20.00	1.38	2.48
11	<i>Amakusanthura signata</i>	16.67	1.21	1.65
12	<i>Spio pettiboneae</i>	13.33	1.14	1.38
12	<i>Tabatzius muelleri</i>	13.33	1.14	1.38
13	<i>Armandia</i> spp.	13.33	1.05	1.10
13	<i>Ceratonereis mirabilis</i>	13.33	1.05	1.10
14	<i>Nereimyra</i> sp. B	10.00	1.53	3.58
15	<i>Schistomeringos pectinata</i>	10.00	1.27	1.93
16	<i>Pisone</i> sp. A	10.00	1.21	1.65
17	<i>Paramphinome</i> sp. B	10.00	1.05	1.10
17	<i>Axiothella</i> sp. A	10.00	1.05	1.10
18	<i>Malacoceros vanderhostris</i>	10.00	0.94	0.83
19	<i>Polydora</i> cf. <i>quintanarooensis</i>	6.67	1.83	7.16
20	<i>Synelmis</i> sp. B	6.67	1.62	4.41
21	<i>Microspio pigmentata</i>	6.67	0.94	0.83
22	<i>Sthenelais</i> sp.	6.67	0.78	0.55
22	<i>Ophelia denticulata</i>	6.67	0.78	0.55
22	<i>Exogone lourey</i>	6.67	0.78	0.55
22	<i>Procera cornuta</i>	6.67	0.78	0.55
22	<i>Paleanotus chrysolepis</i>	6.67	0.78	0.55
22	<i>Cyclaspis pastulata</i>	6.67	0.78	0.55
22	<i>Leptochelia forresti</i>	6.67	0.78	0.55
22	<i>Phacoides nassula</i>	6.67	0.78	0.55
23	<i>Synelmis albini</i>	3.33	1.14	1.38

Clave	Especie	Frecuencia %	Densidad (log x+1)	Densidad relativa %
23	<i>Cyclaspis varians</i>	3.33	1.14	1.38
24	<i>Gyptis cf. Vittata</i>	3.33	0.94	0.83
25	<i>Drilonereis falcata</i>	3.33	0.78	0.55
25	<i>Levinsenia reducta</i>	3.33	0.78	0.55
25	<i>Spiophanes bombyx</i>	3.33	0.78	0.55
26	<i>Leocrattes sp.</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Chloeia viridis</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Aricidea (A.) wassi</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Caulerielia alata</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Grubeulepis sp. 1</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Travisia sp. 1</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Spiophanes sp.</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Prionospio (P.) sp. 1</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Decamastus gracilis</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Notomastus daueri</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Mediomastus californiensis</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Prionospio steenstrupi</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Miryoechele oculata</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Pionosyllis sp. B</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Grubeosyllis nitidula</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Chone sp. A</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Leodia sexiesperforata</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Cyclaspis bacescui</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Speleophorus pontifer</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Endeveropus honduranus</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Synopia marina</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Penaeus monodon</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Farfantepenaeus aztecus</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Calanoidea</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Kalliapseudes</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Tagelus divisus</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Caecum pulchellum</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Tellina sp.</i>	3.33	0.55	0.28

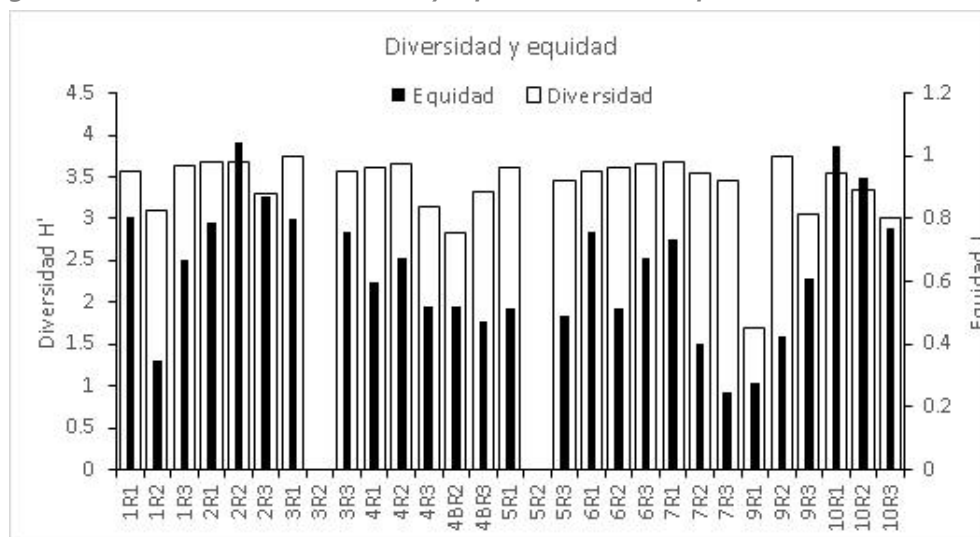
Clave	Especie	Frecuencia %	Densidad (log x+1)	Densidad relativa %
26	<i>Anomalocardia sp.</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Chione grus</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Gouldia cerina</i>	3.33	0.55	0.28
26	<i>Chione sp.</i>	3.33	0.55	0.28
26	Amphiuridae	3.33	0.55	0.28
26	Scaphopoda	3.33	0.55	0.28
	Media	9.07	0.89	
	Intervalo confianza 95%	29.38	1.74	

En general en los ambientes bentónicos costeros tiende a presentarse una abundancia elevada de especies raras (con uno o dos individuos en toda la zona); sin embargo, en una zona tan estable ambientalmente como lo es el Caribe hay más diversidad de especies y esas especies presentan más abundancia.

Diversidad y equidad

Los valores de diversidad se encontraron entre 0 y 3.92. Los valores oscilaron entre las estaciones, pero de forma general hubo valores elevados a los extremos de la zona y bajos al centro. La equidad fue elevada en toda la zona con al menos el 60% de los individuos repartidos equitativamente entre las especies.

Figura IV-18. Valores de diversidad y equidad calculados por estación de muestreo.

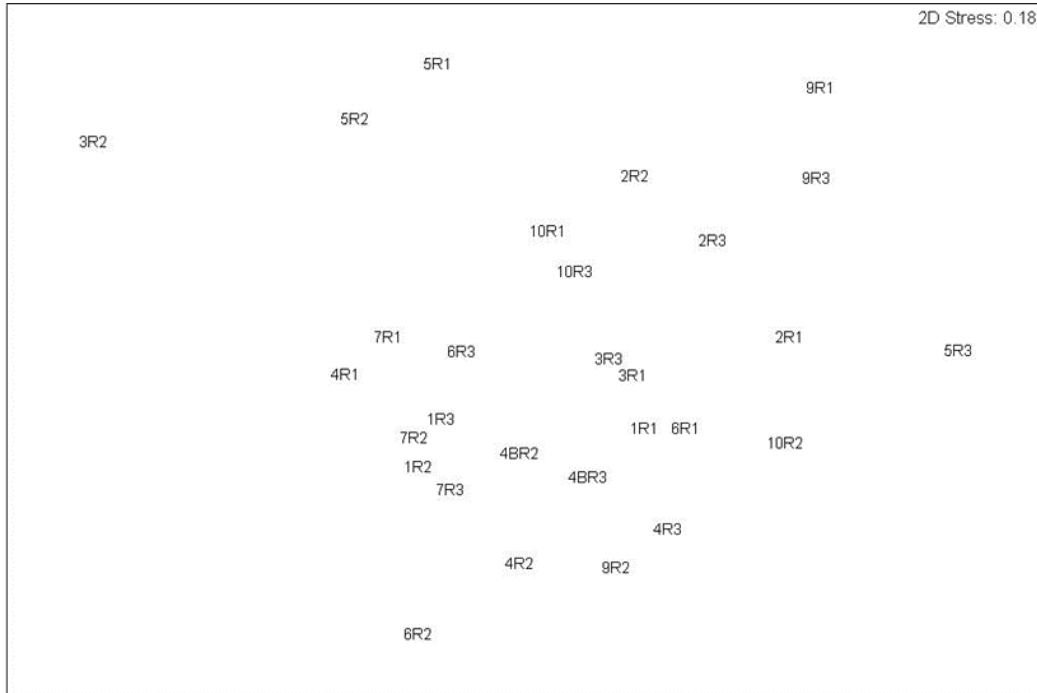


Análisis multivariado

En el análisis multivariado se observó un arreglo sin un patrón específico entre las estaciones de muestreo, donde, en general, la zona es relativamente homogénea al presentarse las réplicas de cada estación con una composición faunística semejante. Los extremos de la zona presentaron valores más elevados de densidad y riqueza de especies que la zona centro. Asimismo, al centro las estaciones presentaron más heterogeneidad en cuanto a las especies y densidad de individuos, lo cual se refleja en la distancia entre las réplicas de las estaciones 4, 5 y 6. Con respecto a las estaciones 4 y 5, en los parámetros fisicoquímicos se encontró una zona de mezcla de agua en el fondo, con valores de temperatura, salinidad, pH y saturación de oxígeno inferiores a las otras estaciones y a las marinas, por lo cual, esto puede ocasionar la disminución de especies y densidad en esta zona. Las estaciones 4B, que se muestrearon en el extremo del transecto 4 para comparar los cambios en la infauna, se ubicaron cercanas entre sí, por lo cual se puede inferir que la fauna es semejante en ambos extremos del transecto en comparación con las estaciones aledañas, por ello, hay más cambio entre estaciones que en el ecotono de la estación 4. En la siguiente figura las estaciones con densidad y

riqueza de especies más elevadas se ubicaron al centro; mientras que, las estaciones con valores más bajos se ubicaron hacia los extremos.

Figura IV-19. Escalamiento multidimensional no métrico con base en densidades.

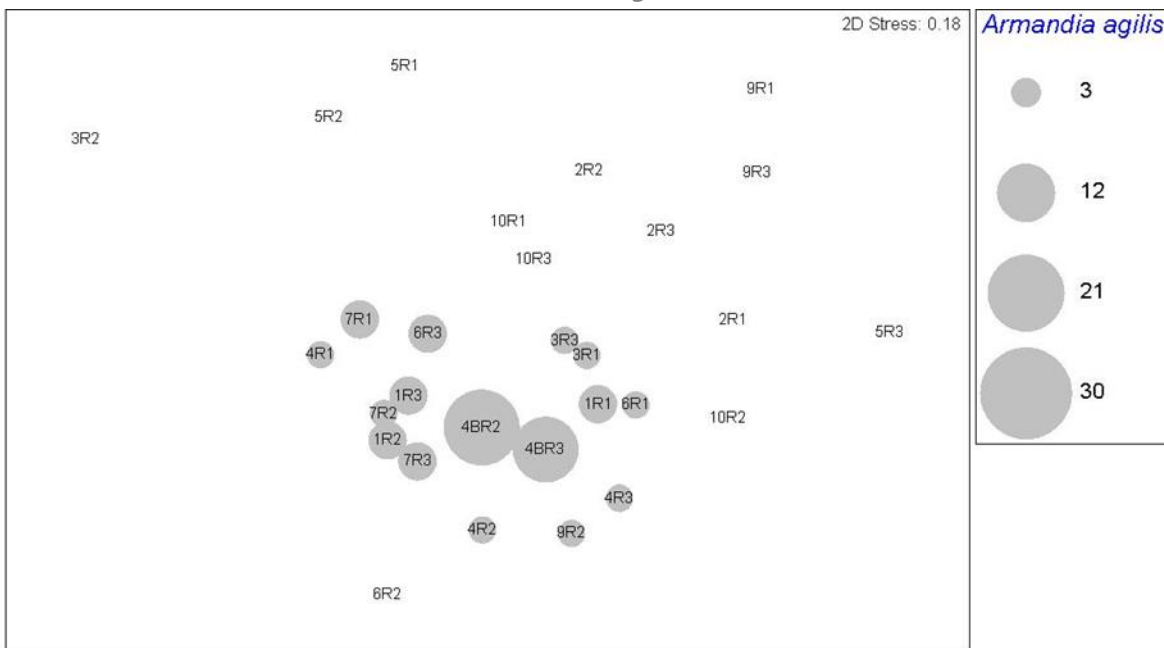


La región del Gran Caribe Mexicano tiende a ser homogénea en cuanto a los cambios en las variables ambientales, como se observó en la sección de fisicoquímica y en el cambio en textura de sedimento y tamaño de grano; donde únicamente la estación 10 presentó arena gruesa, el resto de las estaciones de macrobentos presentaron arena media y tamaños de grano muy semejantes, además de estar moderadamente bien clasificado. Al respecto se sabe que el macrobentos y en especial los poliquetos de zonas costeras tienden a incrementar en número y diversidad en este tipo de sedimento. La excepción es la estación 10 que al parecer el tipo de sedimento más grueso y moderadamente clasificado representa espacios intersticiales más grandes y variedad de tamaños de grano, lo

cual incrementó considerablemente la densidad de organismos y la diversidad de especies.

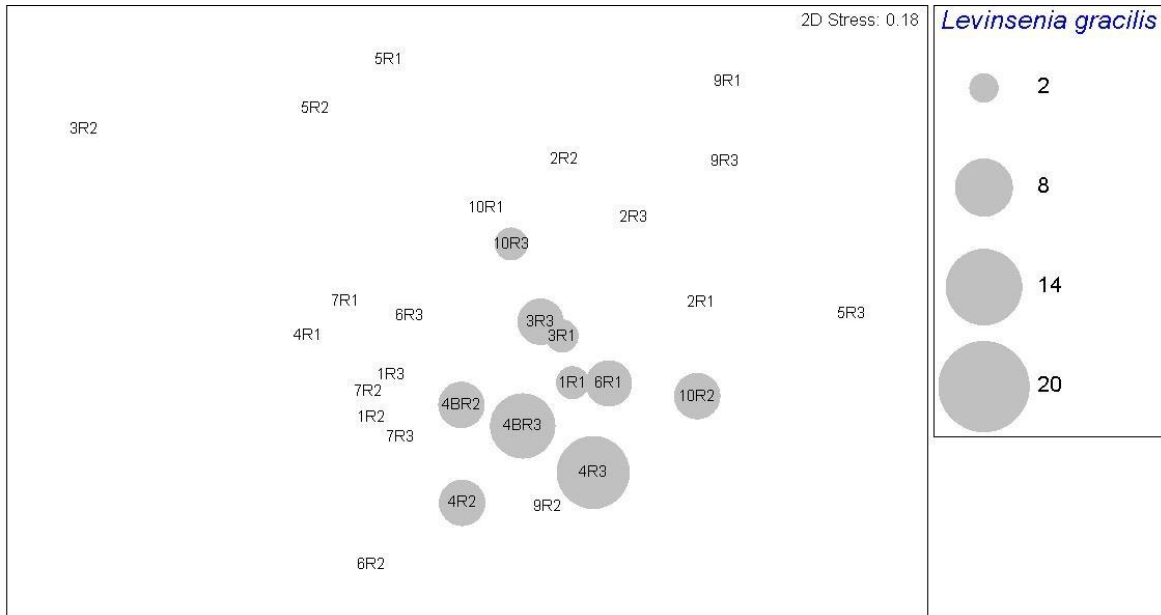
Con respecto a las especies dominantes, se observó una distribución diferencial de cada una de ellas en la zona. *Armandia agilis*, como se observa en la siguiente figura se encontró principalmente al suroeste y centro, en especial en la estación 4.

Figura IV-20. Escalamiento multidimensional no métrico con base en densidades de la especie *Armandia agilis*.



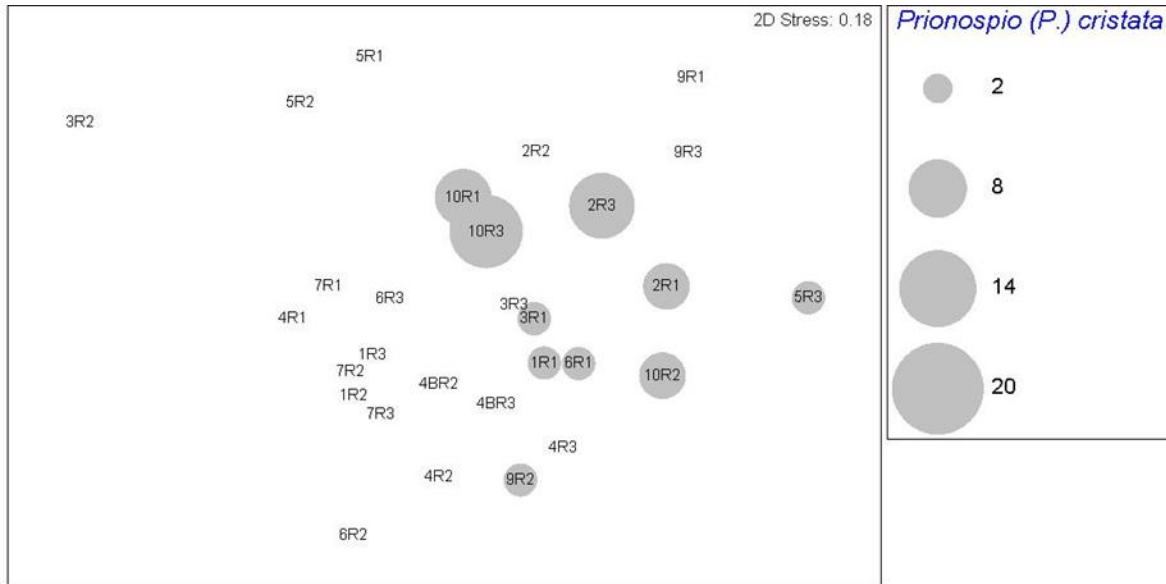
Levinsenia gracilis se distribuyó principalmente en la estación 4 y 4B en la zona central costera del área de estudio.

Figura IV-21. Escalamiento multidimensional no métrico con base en densidades de la especie *Levinsenia gracilis*.



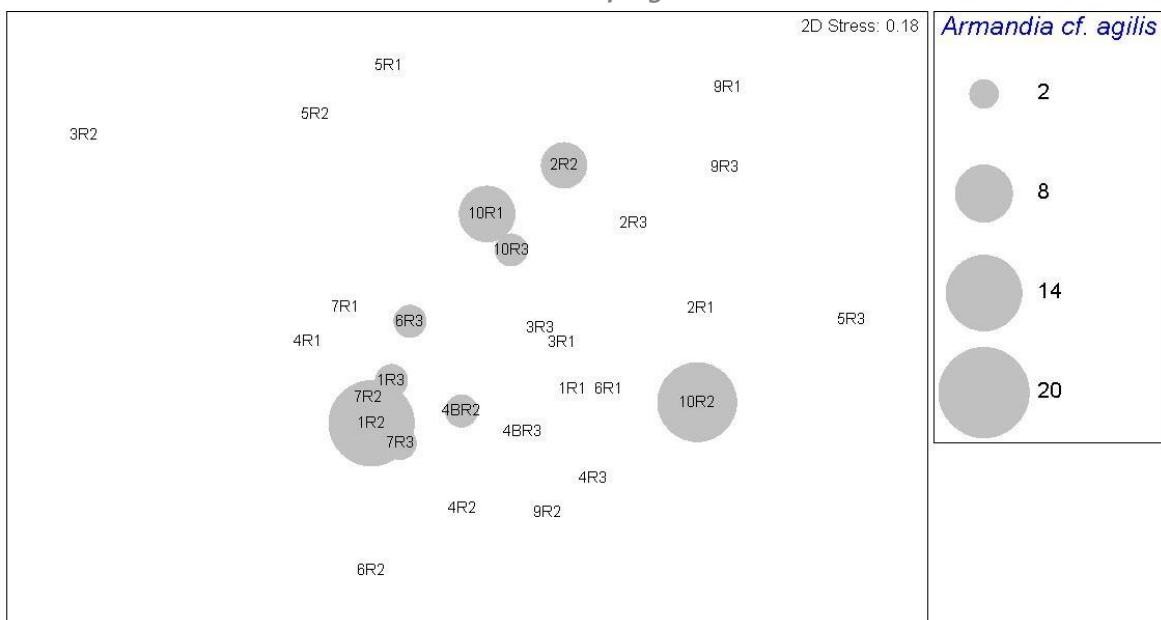
Prionospio cristata se distribuyó en los extremos de la zona, tanto al noreste como al suroeste. Presentó más abundancia en la estación 10 y la 2.

Figura IV-22. Escalamiento multidimensional no métrico con base en densidades de la especie *Prionospio (P.) cristata*.



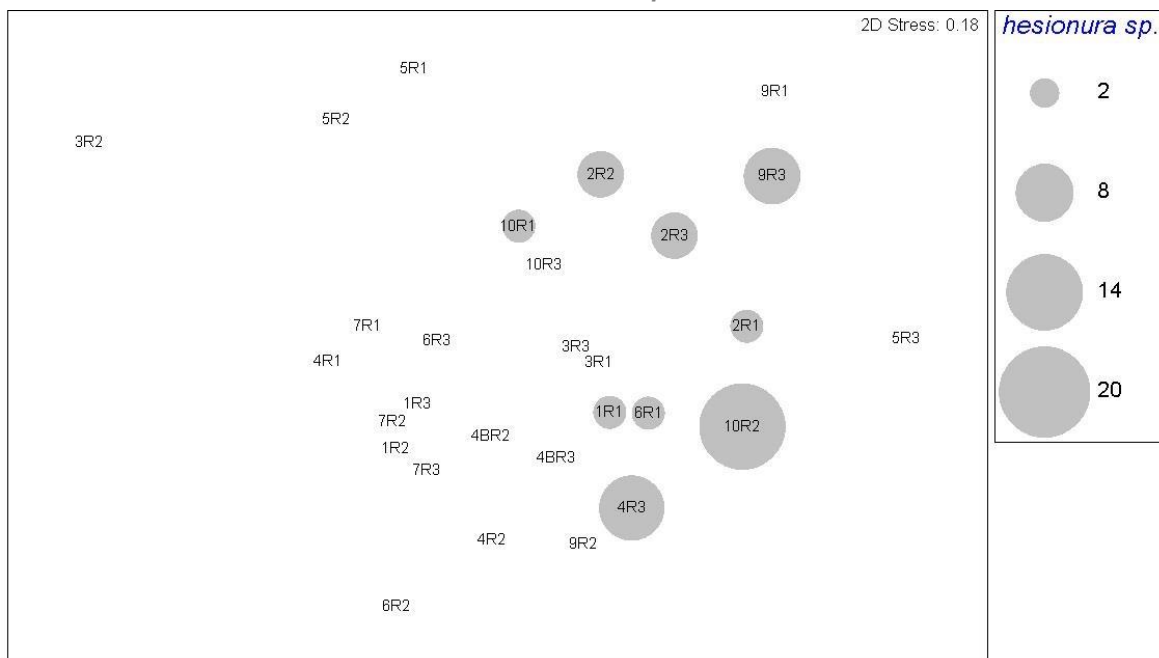
Armandia cf. agilis presentó características taxonómicas que difirieron de la especie dominante *A. agilis*, por lo cual se optó por dejarla como cercana a ésta; sin embargo, al observar su distribución espacial, lo más probable es que se trate de otra especie del género *Armandia*, pero para determinar si se trata de una especie nueva en la zona, se requiere una revisión taxonómica más detallada y su comparación con la especie tipo. De este modo, esta especie tuvo preferencia por los extremos de la zona.

Figura IV-23. Escalamiento multidimensional no métrico con base en densidades de la especie *Armandia cf. agilis*.



Hesionura sp. presentó una distribución más heterogénea en la zona, con densidades más elevadas en las estaciones 9 y 10 al noreste y valores intermedios hacia el suroeste en la estación 2.

Figura IV-24. Escalamiento multidimensional no métrico con base en densidades de la especie *Hesionura sp.*



b) Megafauna

Durante el muestreo para el proyecto se obtuvieron un total de 7 videotransectos ubicados en las estaciones de muestreo: 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10. Los videos se realizaron en banda de 50 m de longitud y 4 m de ancho con equipo de buceo autónomo SCUBA.

En la propuesta para el trabajo figuraban sólo 3 de ellos, pero al encontrar muy pocos organismos se decidió tomar en el mayor número de videos que el estado del tiempo, la profundidad y la logística de los buceos lo permitiera.

Los transectos se obtuvieron paralelos a la línea de costa, principalmente debido al cambio de profundidad y fuerza de la corriente.

Con la modificación del trazo de la obra encontramos coincidente el videotransecto de la estación 4, el cual queda sobre un arenal y con fuerte corriente de fondo, una profundidad de 1.5 a 2m (paralelo a la línea de playa), una visibilidad de 3 a 5m en donde no se encontró ningún organismo bentónico o nectónico a lo largo de los 50m muestreados, el no encontrar megafauna o peces sobre este videotransecto es considerado normal debido a que el fondo es arenoso y cercano a la playa, por lo que presenta un fuerte oleaje y corriente localizada.

Otros transectos importantes para el trazo son los pertenecientes a las estaciones: 2 y 5. En ambos una profundidad máxima de 9m pero con una visibilidad de al menos 30m de distancia, se pueden ubicar grandes cantidades de algas, muchas no están fijadas al fondo, muy pocas calcáreas y con un sustrato arenoso.

Aunque no hay evidencia de un impacto por los eventos naturales como las tormentas, se puede observar que las fuertes corrientes de eventos meteorológicos

pueden influenciar la distribución o dispersión de los organismos que normalmente se encuentran en la zona, para las fechas del muestreo se registró un evento de considerable magnitud y es viable que parte de los organismos puedan moverse a zonas un poco más profundas para refugiarse de la intensidad del movimiento.

En ninguno de los transectos se encontraron avistamientos de tortugas, ej. *Chelonia mydas* (tortuga blanca o verde), *Caretta caretta* (tortuga caguama) o *Eretmochelys imbricata* (tortuga carey) que son las que se encuentran registradas para la zona de estudio, asimismo de mamíferos marinos.

Uno de los objetivos de los videos era el avistamiento de pastos marinos, los cuales son muy importantes en los ecosistemas arenosos, principalmente de poca profundidad ya que dependen de la luz, tienen un importante papel como sitios de refugio, alimentación y reproducción de la fauna marina de todos los grupos (moluscos, crustáceos, equinodermos, poliquetos y peces), además de facilitar la dispersión de las especies por la circulación de las corrientes de agua (Holmquist 1994, Brooks & Bell 2001), en toda el del proyecto no encontramos ninguna especie de pasto marino, es probable que sea debido a la fuerte energía de las corrientes ya que pudimos observar algas verdes y rojas que no están fijas al sustrato, sin embargo tienen la facilidad de desplazarse pocas distancias, una característica que no comparten los pastos marinos ya que con demasiada corriente no pueden permanecer fijos o se rompen y no permite su propagación de forma adecuada.

Figura IV-25. Imágenes representativas de lo registrado a lo largo de los videotransectos (en orden de estaciones: 2,3, 4, 5, 7,8 y 10).

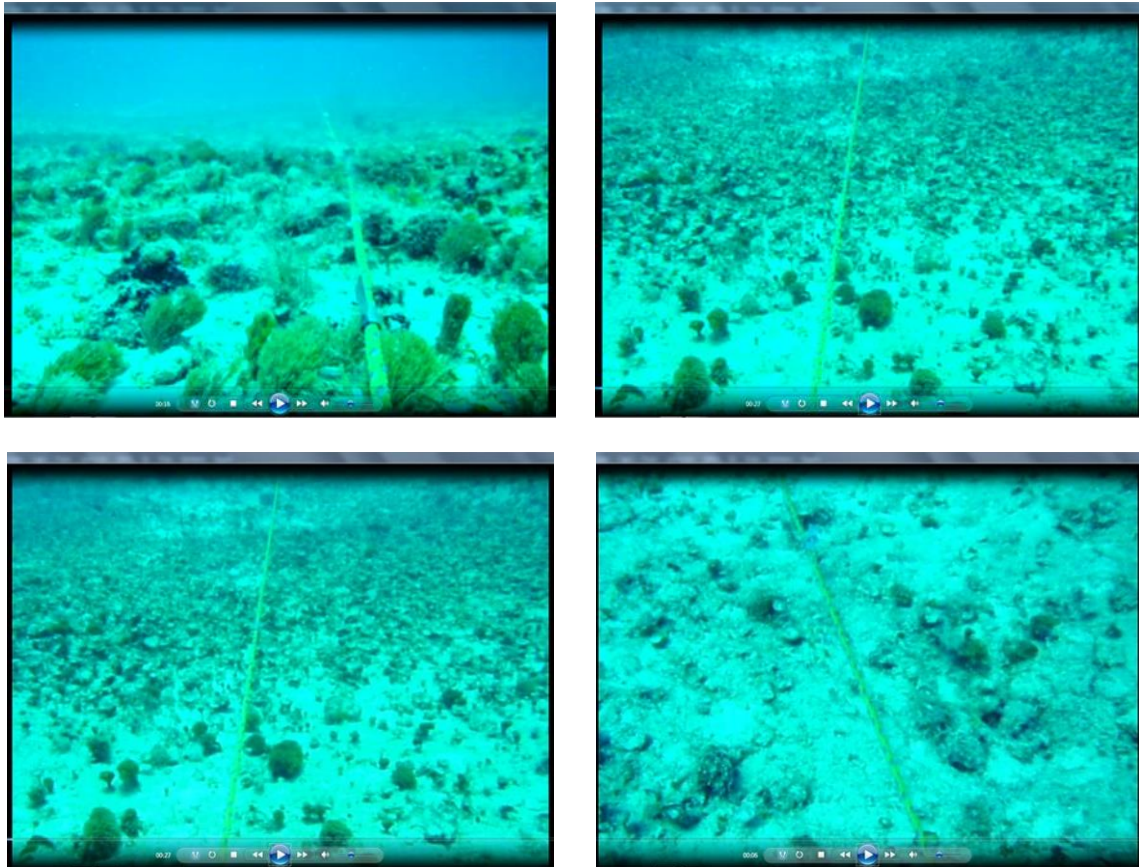
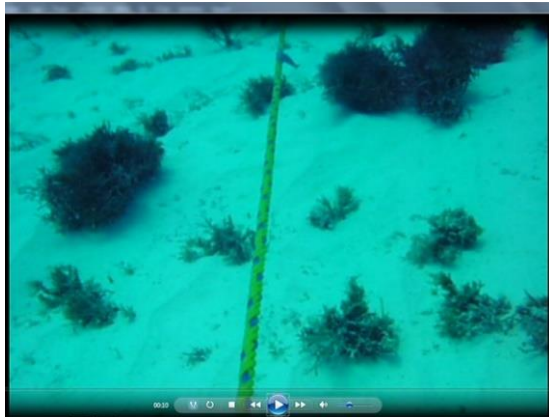


Figura IV-26. Imágenes representativas de lo registrado a lo largo de los videotransectos (en orden de estaciones: 2,3, 4, 5, 7,8 y 10).



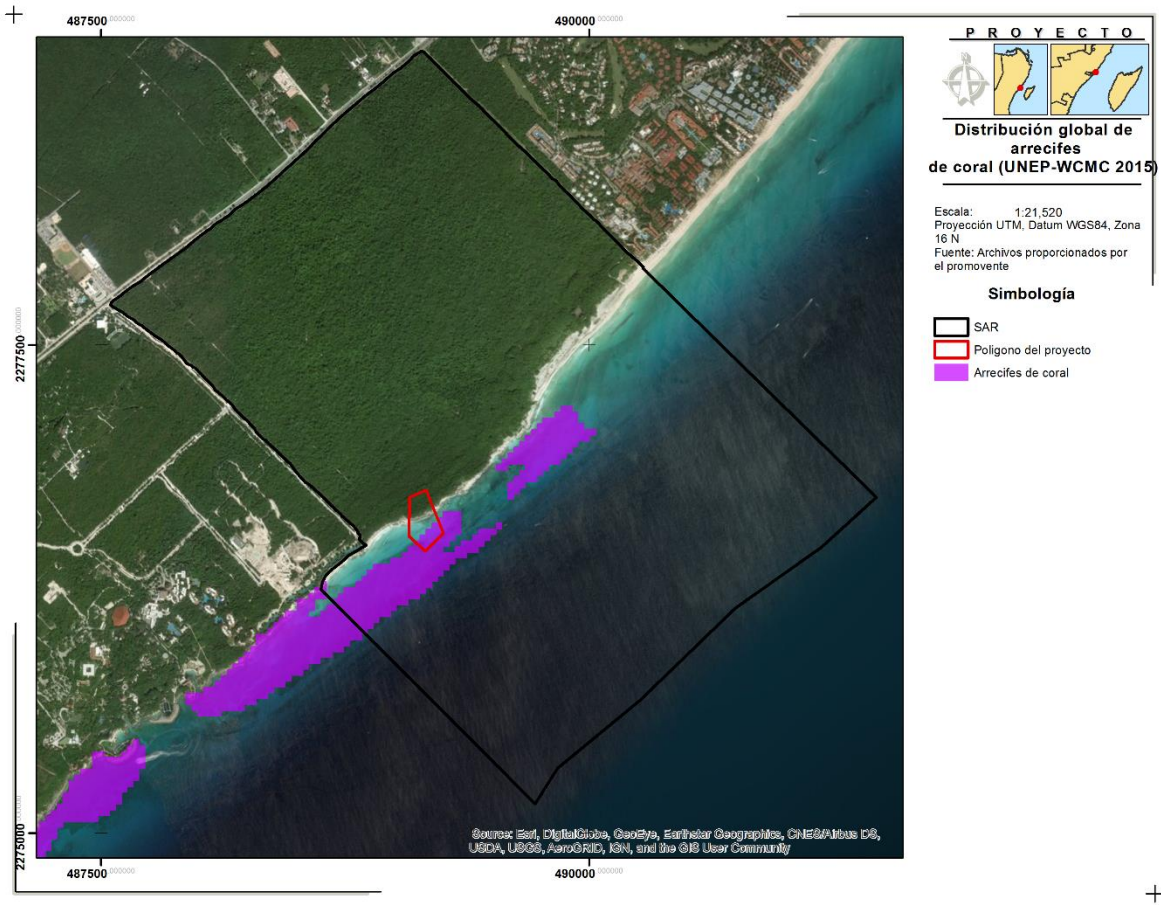
IV.1.3.3. Distribución global de arrecifes de coral

Los arrecifes de coral son los ecosistemas marinos más diversos de todos. Los corales se pueden desarrollar en aguas superficiales o aguas profundas pero los corales formadores de arrecifes se encuentran sólo en aguas poco profundas tropicales y subtropicales. La importancia de estos ecosistemas está en los servicios ambientales que proveen tales como de soporte, servicios de provisión, servicios de regulación y servicios culturales. Debido a estas particularidades es importante que los proyectos de carácter marino y donde se desarrollan los arrecifes de coral o existan estos individuos procuren no modificar o alterar dichas comunidades.

Debido a la naturaleza del proyecto, el cual se ubica en aguas de carácter tropical, se consultó la capa de “Global Distribution of Coral Reefs” dicha capa presenta la distribución mundial de los arrecifes de coral en las regiones tropicales y subtropicales. La información mostrada es una compilación de PNUMA World Conservation Monitoring Centre (PNUMA - WCMC) y el Centro Mundial de Pesca, en colaboración con el WRI (World Resources Institute) y TNC (The Nature Conservancy). Las fuentes de datos incluyen el Proyecto del Milenio de Coral Reef Mapping (IMaRS- USF y el IRD de 2005, IMaRS- USF 2005) y el Atlas Mundial de los Arrecifes de Coral (Spalding et al., 2001).

Como resultado se muestra en la siguiente figura, el proyecto se localiza dentro de la superficie de arrecifes de coral de acuerdo con la información consultada (PNUMA - WCMC, Centro Mundial de Pesca, WRI , TNC (2010). Debido a esto será necesario realizar trabajo de campo para validar la presencia de arrecifes de coral tanto en el SAR como en el polígono del proyecto.

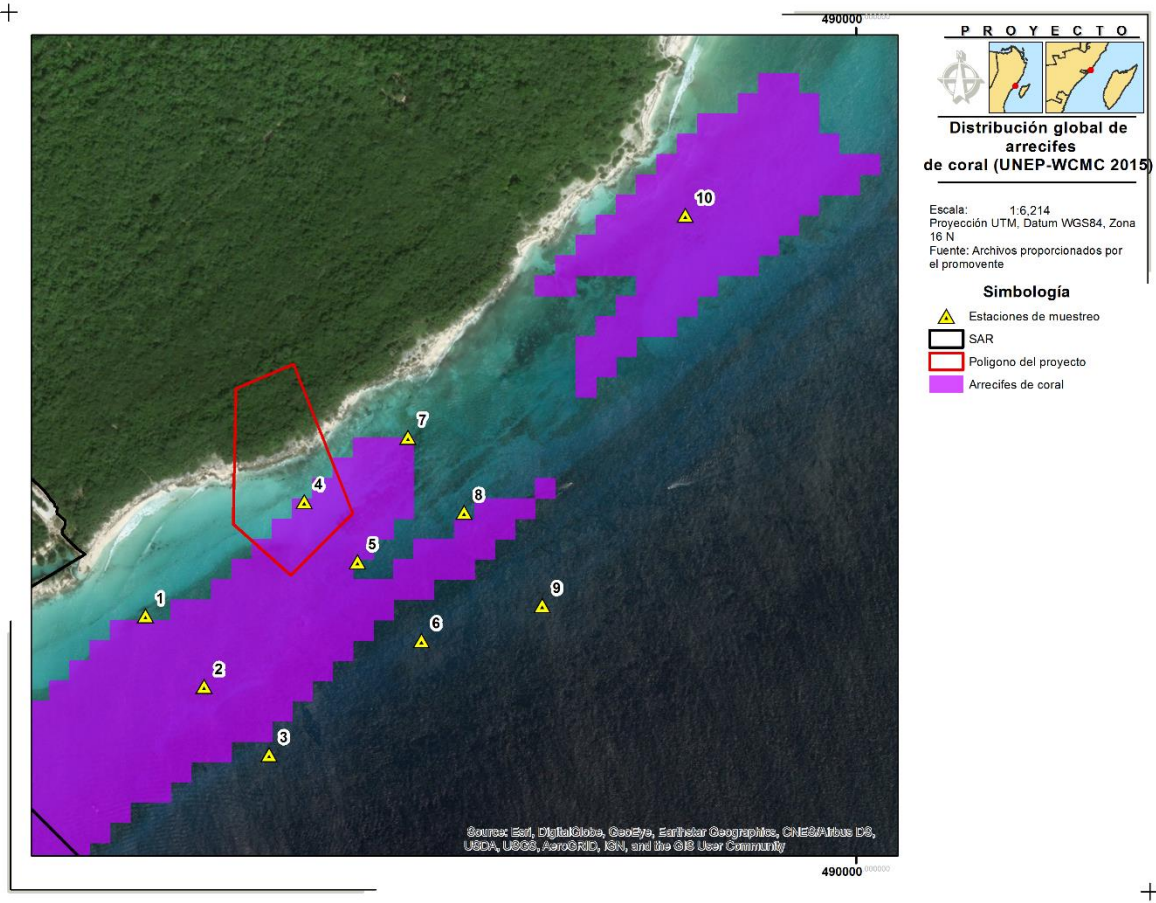
Figura IV-27. Distribución de arrecifes de coral en el SAR como en el polígono del proyecto.



a) Trabajo de campo para la validación de arrecifes de coral en el SAR y polígono del proyecto

Para validar la presencia de arrecifes de coral se realizó trabajo de campo tanto en el área del proyecto así también como en zonas aledañas donde se indica que existen estas estructuras, el método empleado consistió en buceo autónomo SCUBA para un total de 10 estaciones de muestreo (ver siguiente figura).

Figura IV-28. Estaciones de muestreo para la validación de zonas de arrecife de coral.



De acuerdo con los resultados obtenidos, únicamente en el transecto 10 se registró la presencia de hidroides y octocorales, es importante destacar que dicho transecto se localiza a **0.6 kilómetros del polígono del proyecto**. Por tal motivo en el capítulo VI de esta MIA proponen las medidas necesarias y programas para evitar que dichos individuos puedan verse afectados debido al desarrollo del proyecto.

Transecto 2

A lo largo del transecto se observó, en su mayoría, sustrato arenoso y cascajo. Asociado a este, se registraron algas filamentosas, carnosas ramificadas (*Caulerpa*), coráceas (*Udotea*) y calcáreas articuladas (*Halimeda*), además de algunos corales blandos. También se pudo observar la presencia de algunos peces del género *Elacatinus*, *Stegastes*, entre otros.

Figura IV-29. Transecto de muestreo 2.



Transecto 3

En este transecto, se observó presencia de algas filamentosas, carnosas ramificadas (*Caulerpa*), laminares (*Dictyota*), coráceas (*Udotea*), pocas esponjas tubulares e hidrocoral del género *Millepora*. Existe presencia de algunos peces del género *Canthigaster*, *Dictyota*, entre otras. El sustrato con mayor cobertura es arena, seguido de roca coralina.

Figura IV-30. Transecto de muestreo 3.



Transecto 4

Para el sustrato arena se registró el 100% de cobertura a lo largo del transecto.

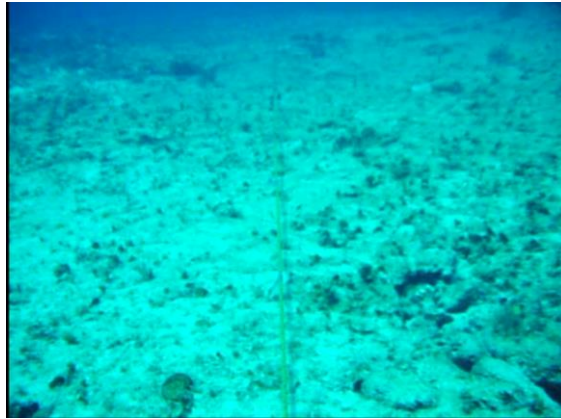
Figura IV-31. Transecto de muestreo 4.



Transecto 5

El sustrato, en su mayoría, es arena y cascajo. Se observó la presencia de algas filamentosas, carnosas ramificadas (*Caulerpa*), coráceas (*Udotea*), esponjas globulares (*Ircinia*) y algunos octocorales. También, se observaron algunos peces del género *Canthigaster*, *Stegastes*, *Acanthurus*, *Chaetodon*, entre otros.

Figura IV-32. Transecto de muestreo 5.



Transecto 7

Transecto que presentó como sustrato principal arena. Asociados a este, se registró presencia de algas filamentosas y carnosas ramificadas, así como de laminares y coráceas. Se observó la presencia de peces del género *Canthigaster*.

Figura IV-33. Transecto de muestreo 7.



Transecto 8

A lo largo del transecto se observaron algas filamentosas, laminares y carnosas ramificadas. El principal sustrato es arena.

Figura IV-34. Transecto de muestreo 8.



Transecto 10

Arena es el sustrato principal. A esta están asociadas algas filamentosas, laminares, coráceas y carnosas ramificadas. Se registró la presencia de algunos hidroides y octocorales. Se observó la presencia de dos lenguados.

Figura IV-35. Transecto de muestreo 10.



IV.1.3.4. Especies en categoría de riesgo

A pesar de que en el trabajo de campo no se registró ninguna especie en categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, se realizó una búsqueda de especies potenciales. Por lo tanto se obtuvo como resultado que en el Caribe mexicano existen un total de 650 especies del necton, lo que representa más de 26

% del total nacional y 3 % del mundial. Según las fuentes consultadas en la región se han reportado alrededor de 30 especies de peces cartilagosos (7 órdenes) de las cuales 19 fueron tiburones y 11 rayas; también se encontraron 622 especies de peces óseos, pertenecientes a 25 órdenes y 107 familias, dentro de los cuales se enlistaron 47 especies de serránidos (Serranidae), 23 de jureles (Carangidae), 28 de gobios (Gobiidae), 17 de doncellas (Labridae); 15 de pargos (Lutjanidae), 17 roncós (Haemulidae), 16 caballitos de mar (Syngnathidae), 15 de damiselas (Pomacentridae) y 14 de loros (Scaridae), entre otros (ver siguiente tabla). Hubo 66 especies detectadas sólo en el ictioplancton; cabe mencionar que los adultos de algunas de ellas como las anguilas tiesas (Ophichthidae) y los mictiofidos (linternas) se encuentran en aguas profundas, pero que se incluyeron en esta descripción para destacar la riqueza específica de la región. La mayoría de los peces son de hábitos demersales (pargos, serránidos, roncós, etc.) y asociados a arrecife (anguilas y morenas, blénidos, góbidos, lábridos, doncellas, múlidos, entre otros), algunos son pelágicos (ej. pez vela, atunes, jureles).

Tabla IV-10. Órdenes y especies de peces óseos de la zona costera y nerítica de Quintana Roo, registrados en la Colección Nacional de Peces Cartilagosos del Instituto de Biología-UNAM, Schmitter-Soto et al. (2000), Vega-Cendejas y Hernández de Santillana (2014) y Anónimo (1998).

Chondrichthyes	Familias	Especies	Nombres comunes
Carcharhiniformes	2	14	Tiburones, cornudas
Lamniformes	1	2	Tiburón blanco
Orectolobiformes	2	2	Tiburón ballena
Squaliformes	1	1	Tiburón
Myliobatiformes	2	5	Mantas
Rajiformes	3	5	Rayas
Torpediniformes	1	1	Rayas
Actinopterygii			
Actinopterygii	Familias	Especies	
Albuliformes	1	1	
Anguilliformes	10	63	Anguilas, morenas
Atheriniformes	2	4	Pejerreyes
Aulopiformes	2	7	Chile
Batrachoidiformes	1	6	Sapo
Beloniformes	3	16	Agujón, volador, pajaritos
Beryciformes	1	10	Peces piña
Characiformes	1	1	
Clupeiformes	2	18	Sardinias, anchoa, anchoveta
Cyprinodontiformes	3	10	Poecilidos
Elopiformes	2	2	Machete
Gadiformes	1	2	Merluzas
Gasterosteiformes	1	1	Pez pipa
Gobiesociformes	1	6	Chupapiedras
Lophiiformes	3	7	Murciélago
Mugiliformes	1	3	Lisas
Myctophiformes	1	11	Linternas, linternillas
Ophidiiformes	3	3	Congriperlas, brótulas
Perciformes	52	370	Borrachos, jurel, casabe, pámpano, tubícola, mojarras, gobios, burros, rancos, roncacho, salema, pargo lunarejo, pargo amarillo, piña, lisa, conejo, barbudo, corvina, boquineta, cabrilla, róbalos, dorado, mojarras, picudos, etc
Pleuronectiformes	4	16	Tepalcate, lenguado, lengua, platija

Chondrichthyes	Familias	Especies	Nombres comunes
Scorpaeniformes	3	12	Escorpión, vaca
Siluriformes	2	5	Bagre, chihuil
Stomiiformes	1	2	
Syngnathiformes	2	16	Caballitos de mar
Tetraodontiformes	5	30	Peces cofre, pez globo

Hay 31 especies con alguna clase de riesgo, 14 de ellas fueron de elasmobranquios: ocho carcarínidos (tiburón, tintorera, cornudas, etc.), un rincodóntido (tiburón ballena), dos miliobátidos y dos rajiformes (pez guitarra y raya eléctrica). El tiburón ballena se distribuye principalmente en las inmediaciones de la Isla Contoy y el norte del estado. Entre los peces óseos se encuentran tres caballitos de mar, cinco especies de meros, dos cabrillas, un pez cochino, tres especies de atún (aleta azul, aleta amarilla y patudo) y el marlín azul (ver siguientes tablas). Cabe señalar que de este listado únicamente **5 especies** se encuentran bajo alguna categoría de riesgo en la NOM-05-SEMARNAT-2010.

Tabla IV-11. Especies de peces en riesgo registrados en Quintana Roo.

Categorías establecidas por CITES y (Apéndice I: Comercio Internacional Prohibido; Apéndice II: Comercio Internacional Monitoreado). Categorías de la NOM 059 (Categoría A: Amenazada; Pr: Bajo Protección).

Condriictios			
Especie	NOM-059-SEMARNAT-2010, (DOF, 2010).	Familia	Nombre común
<i>Carcharhinus acronotus</i> (Poey, 1860)		Carcharhinidae	Tiburón limón
<i>Carcharhinus falciformis</i> (Müller & Henle, 1839)		Carcharhinidae	Tiburón sedoso
<i>Carcharhinus limbatus</i> (Müller & Henle, 1839)		Carcharhinidae	Tiburón puntas negras

Condrictios			
Especie	NOM-059-SEMARNAT-2010, (DOF, 2010).	Familia	Nombre común
<i>Carcharhinus obscurus</i> (Lesueur, 1818)		Carcharhinidae	Jaquetón
<i>Galeocerdo cuvier</i> (Peron y Lesueur, 1822)		Carcharhinidae	Tintorera
<i>Negaprion brevirostris</i> (Poey, 1868)		Carcharhinidae	Tiburón limón
<i>Sphyrna mokarran</i> (Rüppell, 1837)		Carcharhinidae	Cornuda
<i>Sphyrna zygaena</i> (Linnaeus, 1758)		Carcharhinidae	Cornuda
<i>Carcharodon carcharias</i> (Linnaeus, 1758)	A	Lamnidae	Tiburón blanco
<i>Rhincodon typus</i> Smith, 1828	A	Rhincodontidae	Tiburón ballena
<i>Aetobatus narinari</i> (Euphrasen 1790)		Myliobatidae	Aguila
<i>Manta birostris</i> (Walbaum, 1792)		Myliobatidae	Manta
<i>Rhinobatos percellens</i> (Walbum 1792)		Rhinobatidae	Pez guitarra
<i>Narcine brasiliensis</i> (Olfers, 1831)		Narcinidae	Raya eléctrica torpedo

Tabla IV-12. Especies de peces en riesgo registrados en Quintana Roo. Categorías establecidas por CITES y (Apéndice I: Comercio Internacional Prohibido; Apéndice II: Comercio Internacional Monitoreado). Categorías de la NOM 059 (Categoría A: Amenazada; Pr: Bajo Protección).

Osteictios				
Especie	NOM-059-SEMARNAT-2010, (DOF, 2010).	Familia	Nombre común	
<i>Balistes vetula</i> Linnaeus, 1758		Balistidae	Cochino	
<i>Sanopus splendidus</i> Collette, Starck & Phillips, 1974		Batrachoididae	Sapo de Cozumel	
<i>Hippocampus erectus</i> Perry 1810	Pr	Syngnathidae	Caballito de mar	
<i>Hippocampus reidi</i> Ginsburg 1933	Pr	Syngnathidae	Caballito de mar	
<i>Hippocampus zosterae</i> Jordan y Gilbert, 1882	Pr	Syngnathidae	Caballito de mar	
<i>Epinephelus drummondhayi</i> Goode y Bean, 1878		Serranidae	Mero pintarroja	
<i>Epinephelus itajara</i> (Lichtenstein, 1822)		Serranidae	Mero	
<i>Epinephelus morio</i> (Valenciennes 1828)		Serranidae	Mero	
<i>Epinephelus nigritus</i> (Holbrook 1855)		Serranidae	Mero	
<i>Epinephelus striatus</i> (Bloch, 1792)		Serranidae	Mero	
<i>Mycteroperca bonaci</i> (Poey, 1860)		Serranidae	Abadejo	
<i>Mycteroperca venenosa</i>		Serranidae	Cabrilla	

Osteictios				
Especie	NOM-059- SEMARNAT- 2010, (DOF, 2010).	Familia	Nombre común	
(Linnaeus, 1758)				
<i>Thunnus albacares</i> (Bonnaterre, 1788)		Scombridae	Atún amarilla	aleta
<i>Thunnus obesus</i> (Lowe, 1839)		Scombridae	Patudo	
<i>Thunnus thynnus</i> (Linnaeus, 1758) -		Scombridae	Atún aleta azul	

La costa de Quintana Roo se caracteriza por su elevada riqueza ictiofaunística; sin embargo, la distribución de las especies y la estructura de las comunidades están relacionadas con las condiciones ambientales de cada hábitat (profundidad, tipo de sustrato, calidad del agua), esto significa que la diversidad de peces en la superficie del proyecto dependen de esas características y, en este sentido, cabe mencionar que la superficie donde pretende emplazarse el proyecto está fuera del área arrecifal más importante, en donde se concentra una gran diversidad de peces que utilizan ese sistema en alguna fase de su ciclo de vida; en contraste, en las playas en las que predominan sustratos arenosos y vegetación (pastos marinos, macroalgas, etc.) la riqueza específica es comparativamente menor y está compuesta principalmente por especies demersales y que habitan en la columna de agua. Por otro lado, aunque algunos ejemplares de especies de afinidad oceánica (ej. tiburones, mantarrayas, atunes) podrían acercarse a la costa, lo más común es que **transiten fuera de la zona donde pretende establecerse el proyecto** y por tanto el impacto en esas poblaciones será mínimo.

IV.1.3.5. Tortugas marinas

En México se alimentan y/o reproducen seis de las siete especies de tortugas marinas que hay en el mundo; toda ellas se encuentran en la categoría de *En Peligro de Extinción* en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2010).

En el Caribe Mexicano se han registrado ejemplares de *Chelonia mydas* (tortuga blanca o verde), *Caretta caretta* (tortuga caguama), *Eretmochelys imbricata* (tortuga carey) y *Dermochelys coriacea* (tortuga laúd); los ejemplares de las tres primeras especies se alimentan y reproducen en la zona, mientras que la tortuga laúd anida esporádicamente en la costa norte (Mpio. Benito Juárez). Las tortugas, blanca y caguama son de gran tamaño y depositan gran cantidad de huevos por temporada (ver siguiente tabla), por lo que se han utilizado su carne y huevos desde la época prehispánica. Las tortugas carey son más pequeñas, pero han sido intensamente perseguidas por la belleza de su caparazón.

Los meses en que es mayor la anidación son **julio y julio** en el caso de la caguama y de **junio a agosto**, en el de la blanca.

Tabla IV-13. Parámetros biométricos y reproductivos de las tres especies de tortugas marinas que se encuentran en Q. Roo, adaptada de Márquez-M (1990); Márquez-M (1996); Márquez-M y Carrasco (1996); Márquez et al. (2000).

Especie	Blanca	Caguama	Carey
Longitud del carapacho (cm)	71.1-139.5 (96.4)	72.8-104 (92)	71.3-114 (82)
Peso (kg)	68-235 (138)	65.7-107 (80)	53.6-85 (54)
Edad de madurez sexual (años)	27-50 *	12-35**	20-40***
Fecundidad (huevos/nido)	38-195 (114.5)	40-179 (104)	71-223 (142.6)
Frecuencia anidación por temporada (nidios/hembra)	2-5 (2.5)	2-7 (4.0)	2-5 (2.3)
Intervalo entre puestas (días)	11-15 (prom. 13 días)	15	15
Periodo de incubación (días)	50-58	56	49
Ciclo de anidación (años)	2-3	2-3	2-3
Temporada de anidación	junio-septiembre	abril-septiembre	abril-septiembre.
Periodo de eclosión	agosto-noviembre	julio-octubre	
Estatus IUCN	En peligro de extinción A2bd	Preocupación menor	Peligro crítico de extinción A2bd

La edad de madurez se obtuvo de Lagueaux (2001)*; Spotila (2004)** y Bjorndal (1999)***. No se incluyó a la tortuga laúd porque su anidación es poco común.

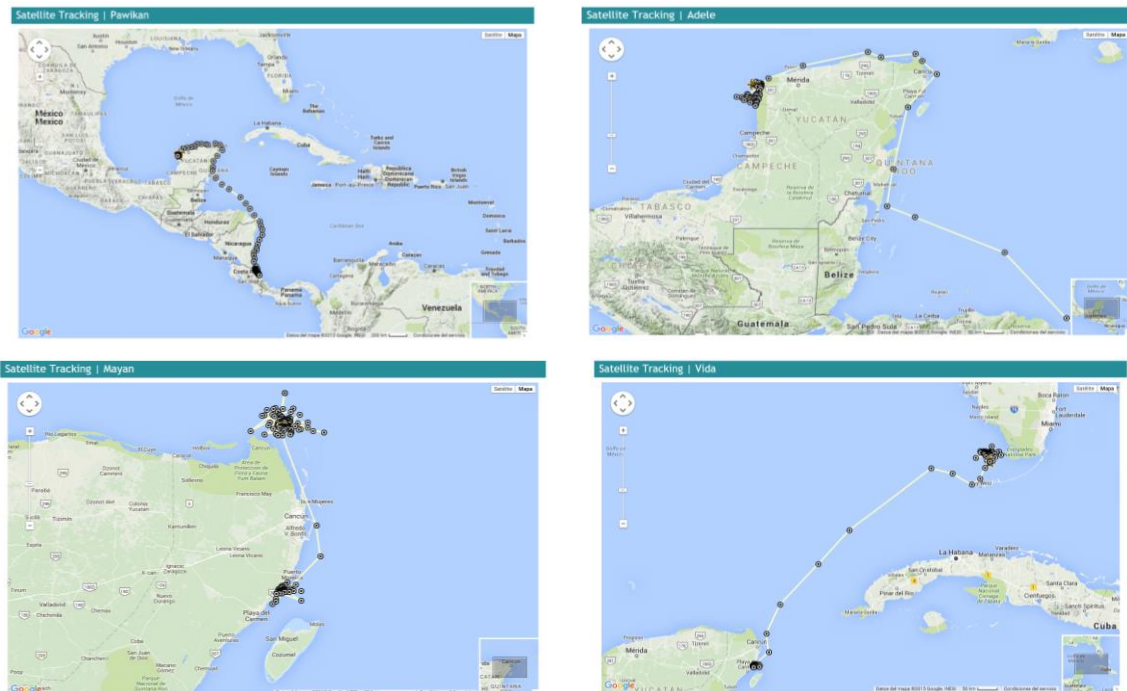
Rutas migratorias

La tortuga blanca puede pasar por la zona comprendida entre la península yucateca y Cozumel durante su migración desde Centroamérica hacia la costa norte de Yucatán y la Florida como lo ha evidenciado el seguimiento de ejemplares por telemetría (ver página de Sea Turtle Conservancy <http://www.conserveturtles.org>). Esos datos, aunque relativamente escasos (ver siguiente figura), sugieren que algunos animales migran cerca de la costa y que se desplazan rápidamente entre los sitios de alimentación y anidación, en donde pueden permanecer por períodos más prolongados. *Adele* y *Pawikan* fueron marcadas en la playa de anidación de Tortuguero (Costa Rica) donde fueron observadas alrededor de un mes, antes de

dirigirse hacia el norte de Campeche; la migración fue rápida, debido a lo cual *Adele* fue registrada el 6 de septiembre en Puerto Aventuras y un día después frente a Isla Mujeres, en tanto que *Pawikan*, fue observada el 21 de septiembre de 2015 frente a Playa del Carmen y el día 22 al NO de Punta Nizuc (sur de Cancún). *Pearl* (no mostrada en la figura), fue marcada en las Islas Gran Cayman desde donde se dirigió a la costa nororiental de Cozumel y el extremo nororiental de la península yucateca, donde fue detectada durante más tiempo.

Figura IV-36. Seguimiento de ejemplares de tortuga blanca por telemetría (Pawikan, Mayan, Vida y Adele).

Rutas tomadas de la página web de Sea Turtle Conservancy. Vida y Mayan fueron marcadas en la playa del hotel Mayan Palace.



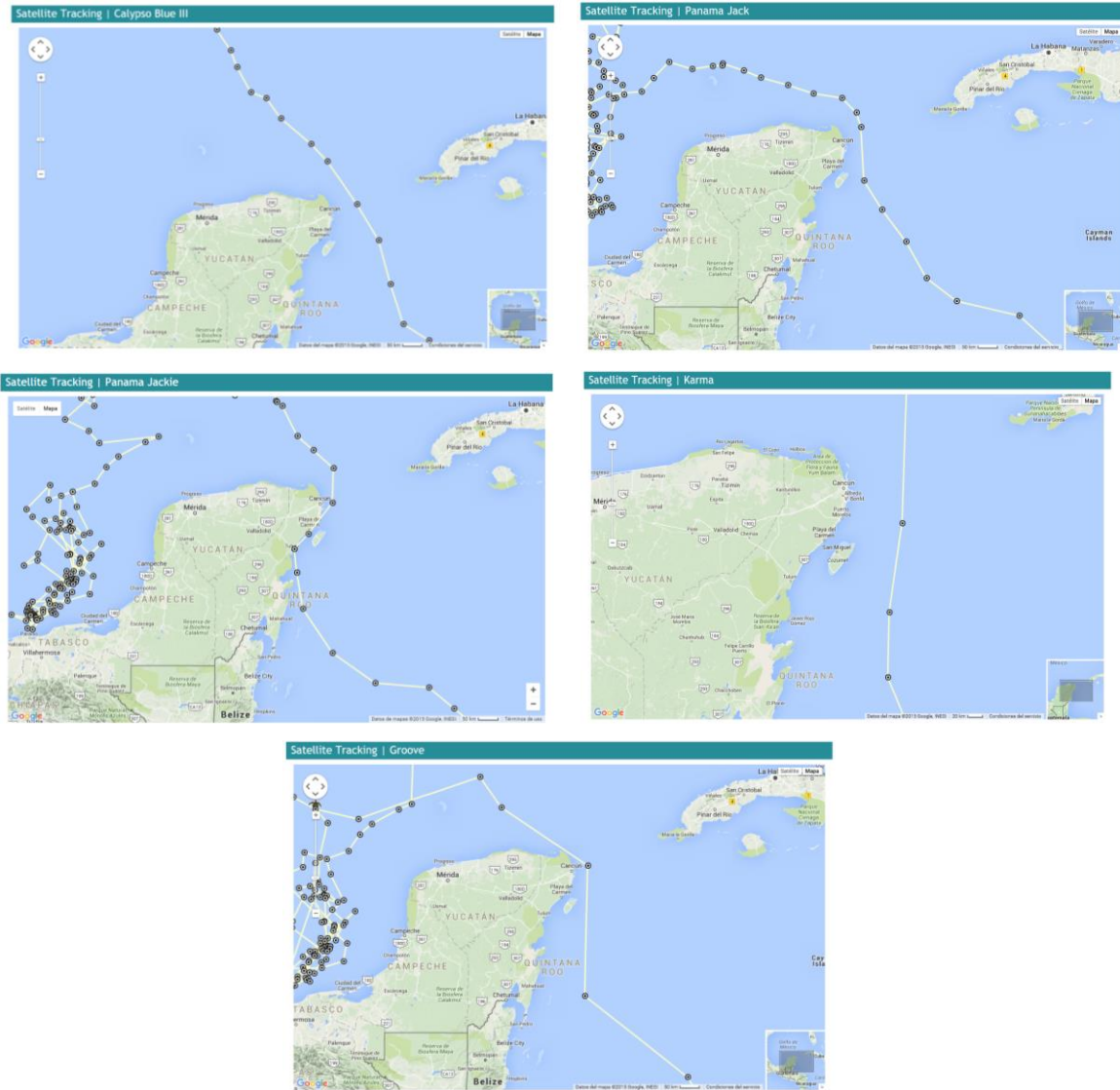
En 2012 se marcaron dos tortugas blancas que habían desovado en la playa del hotel Mayan Palace, la primera de ellas "Mayan" medía 102 cm de longitud de carapacho, en tanto que "Vida" era de 113 cm de longitud. Ambos animales permanecieron casi dos meses en la zona y alrededor de 60 % de las posiciones se

registraron en un radio de 3 a 5 km del punto de liberación, 80% en un radio de 7 km y 100% alrededor de 15 km (medidos según la escala de los mapas que están incluidos en la página web de Sea Turtle Conservancy). También fueron registrados varias veces en tierra, lo que puede indicar errores en las observaciones o intentos de desovar ya que estas tortugas pueden depositar hasta cinco nidos por temporada reproductiva.

La tortuga laúd aparentemente se traslada frente a la costa nororiental yucateca durante sus migraciones entre Centroamérica y el Golfo de México o el Caribe; sin embargo, de los cuatro ejemplares que se obtuvieron de la página web de Sea Turtle Conservancy, solo uno pasó en las inmediaciones de la costa ubicada entre Tulum y Cancún; por otro lado, el desplazamiento fue rápido porque solo tardó un día desde Playa del Carmen hasta Isla Mujeres (ver siguiente figura).

Figura IV-37. Seguimiento de ejemplares de tortuga laúd por telemetría (Calypso Blue, Panama Jack, Panama Jackie, Karma y Groove).

Rutas tomadas de la página web de Sea Turtle Conservancy.



Existen algunos reportes de avistamientos de ejemplares de tortugas blancas y caguamas en la región, enlistados en el sistema SWOT-OBIS-SEAMAP (ver siguientes figuras); estos animales probablemente son observados cuando se desplazan entre anidaciones, debido a que las principales playas de desove de esta zona se ubican cerca de las ubicaciones reportadas por los observadores.

Figura IV-38. Sitios de avistamiento de tortugas blancas.

Algunos ejemplares se reproducen en Playa del Carmen y Cozumel, pero las principales playas de anidación se encuentran al norte del proyecto. Modificadas de SWOT-OBIS-SEAMAP¹

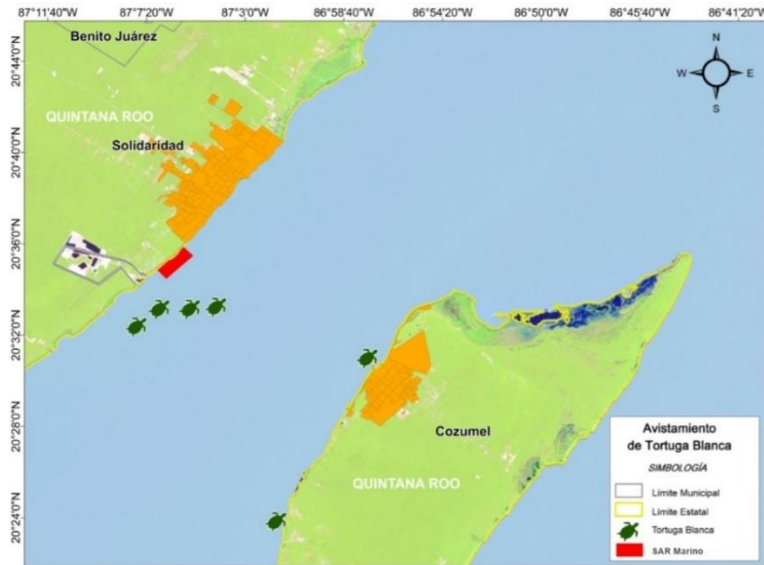
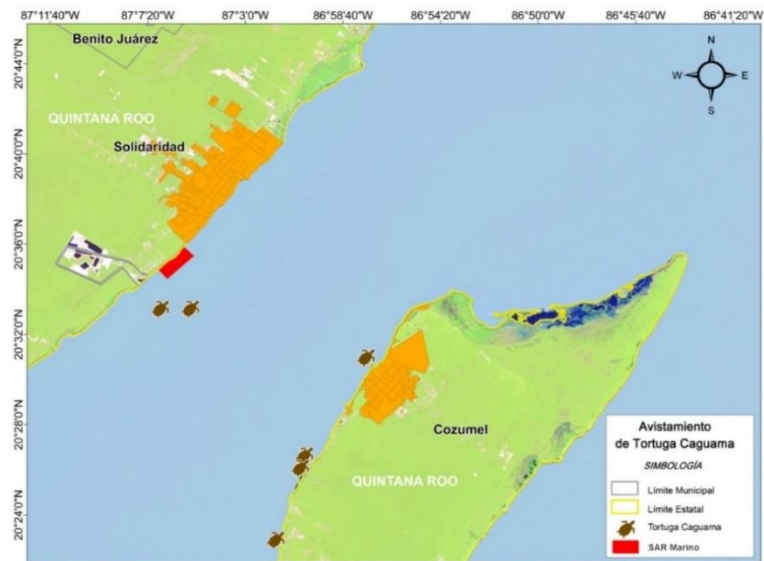


Figura IV-39. Sitios de avistamiento de tortugas caguama.

Algunos ejemplares se reproducen en Playa del Carmen y Cozumel, pero las principales playas de anidación se encuentran al norte del proyecto. Modificadas de SWOT-OBIS-SEAMAP².

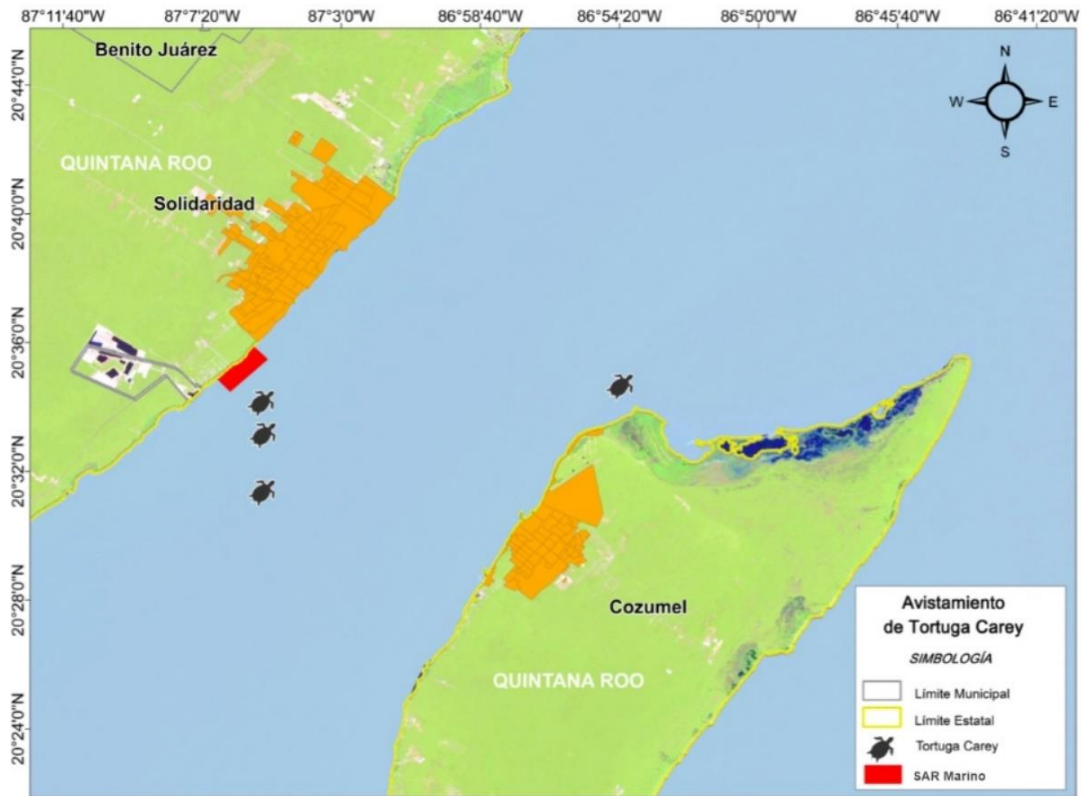


¹ <http://seamap.env.duke.edu/swot>

² <http://seamap.env.duke.edu/swot>

Figura IV-40. Sitios de avistamiento de tortugas carey (C).

Algunos ejemplares se reproducen en Playa del Carmen y Cozumel, pero las principales playas de anidación se encuentran al norte del proyecto. Modificadas de SWOT-OBIS-SEAMAP³.



Sitios de anidación y alimentación

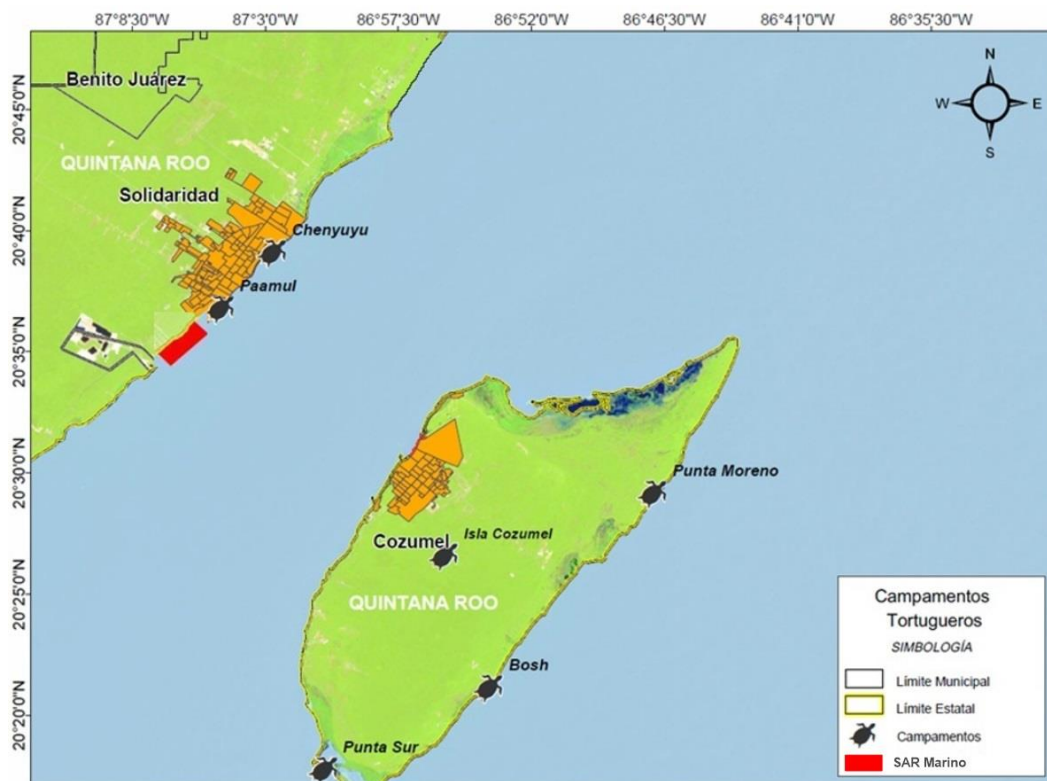
La tortuga blanca desova en el litoral comprendido desde Tamaulipas hasta Quintana Roo, pero sus principales playas de anidación están en la costa norte de último estado, desde la localidad Aventuras-DIF hasta Xcabel, así como en la costa oriental de Cozumel; en el caso de la tortuga caguama, aunque también se han registrado algunos desoves en las costas del Golfo de México, deposita sus huevos principalmente en los estados de Yucatán y Quintana Roo, en tanto que los principales sitios de reproducción de la tortuga carey se localizan en Campeche y Yucatán, y en menor medida en Quintana Roo (en especial en la isla de Cozumel).

³ <http://seamap.env.duke.edu/swot>

La ubicación geográfica de los campamentos se encuentra en la siguiente figura y como se puede apreciar, los más importantes se ubican al sur de la superficie del proyecto en tanto que los más cercanos donde la anidación es importante son Paamul, Chenyuyu, Xpu Ha y Punta Venado; los dos primeros se muestran en la siguiente figura. En el hotel Mayan Palace hay un campamento para proteger las anidaciones de tortuga blanca pero su relevancia es menor.

Figura IV-41. Sitios de anidación y campamentos cercanos al sitio de estudio.

Como se aprecia en la figura, los más importantes están al norte del área del proyecto. En Cozumel la mayor cantidad de nidos es de tortuga blanca.



En la costa norte de Quintana Roo se han observado ejemplares jóvenes de tortuga blanca que residen en algunas bahías (ej. Akumal) donde se alimentan de pastos marinos, así como algunas tortugas carey que comen en el arrecife. Estos animales

son muy fieles a los lugares donde se alimentan y no existen reportes de que lo hagan cerca de la superficie del proyecto.

Estado de las subpoblaciones de tortugas marinas de Quintana Roo

La abundancia de las poblaciones de tortuga marina se ha evaluado a partir de la cuantificación de las hembras o los nidos observados en las playas (Bjorndal *et al.*, 2005) porque las hembras adultas son los individuos con mayor valor reproductivo en estas poblaciones (Anónimo, 1990). Por otro lado, aunque las hembras son fieles a sus sitios de anidación (Lagueux, 2001), las áreas donde se alimentan⁴ pueden ser compartidas por animales que nacieron en diferentes lugares, así por ejemplo, se han reportado hembras adultas marcadas en Islas Cayman⁵, Cuba, Costa Rica y Bonaire, alimentándose en el norte de Yucatán, Belice y Nicaragua (Blumenthal *et al.*, 2006; Moncada *et al.*, 2006; Troëng *et al.*, 2005), lo que indica que es muy probable que las tortugas que se alimentan en Quintana Roo hayan nacido en otras localidades, debido a lo cual se presenta la evolución de la cantidad de nidos que se han depositado en varias playas de Quintana Roo para describir la variabilidad y la tendencia de la abundancia de la subpoblación del Caribe Mexicano.

La cantidad de nidos protegidos de la subpoblación de la tortuga blanca (ver siguiente figura) en 13 playas por Flora, Fauna y Cultura de México, AC⁶ entre 1976 y 2013, se incrementó significativamente, en particular desde 2005, por lo que en septiembre de 2013, se había resguardado 14,909 nidos y liberado poco más de un millón de crías.

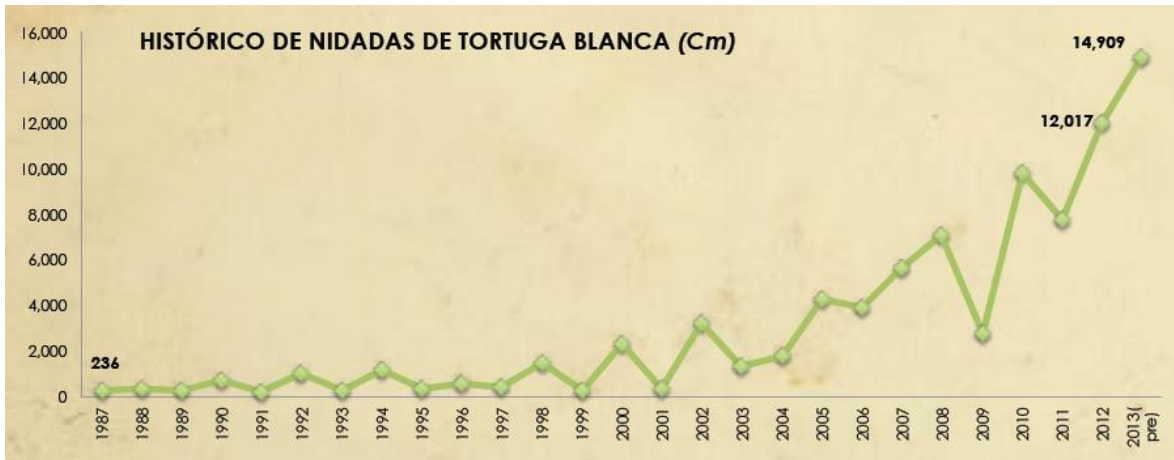
4 La evidencia sugiere que las tortugas también son fieles a sus áreas de alimentación.

5 http://www.seaturtle.org/tracking/index.shtml?tag_id=34089a&full=1&lang=pearl

6 Flora Fauna y Cultura de México (2013). Disponible en: <http://www.florafauyacultura.org/informe-actividades.php>

Figura IV-42. Nidos protegidos de la tortuga blanca (*C. mydas*) en 13 playas de anidación por Flora Fauna y Cultura de México, AC, en la costa de Quintana Roo.

Imagen tomada de su Informe de Actividades 2013.



Según la IUCN, después de evaluar 32 sitios índice, la subpoblación que habita esta región es una de las tres que se están recuperando en el mundo (Seminoff, 2004). Las hembras de tortuga blanca anidan en ciclos de dos años en el Golfo de México y el Caribe, que ocasionalmente se modifican. Por otro lado, las grandes oscilaciones que se presentan en algunas temporadas, como la de 2009, han sido atribuidas a la disminución de la disponibilidad de alimento para las hembras durante los periodos entre anidaciones (2-3 años) relacionada con los eventos climáticos de gran escala, como El Niño-La Oscilación del Sur, que impactan en las áreas de alimentación (Limpus, 2008).

La tendencia de la cantidad de nidados depositados en 17 playas entre 1993 y 2015 (ver siguiente figura) indica que las hembras prefieren reproducirse al sur de Akumal, en especial en las playas de Tankak, Cahpechen, Xcacel y la costa oriental de Cozumel, donde se han depositado más de mil anidaciones por temporada desde 2010. En contraste, en Xpu Ha7, la playa más cercana a la superficie del proyecto,

⁷ Xpu Ha End of Season Turtle Monitoring Report for 2013. Disponible en : <http://www.akumalblog.com/xpu-ha-end-of-season-turtle-monitoring-report-for-2013/>

a pesar de que las actividades de protección se han desarrollado durante varios años, la información de la temporada 2013 indica que en ese año se cuidaron 215 nidos de tortuga blanca y 62 de caguama por lo que se liberaron en total 27 338 crías y el éxito de la eclosión (crías/huevos) fue de 93 y 90 %, respectivamente. Esas cantidades fueron similares a las registradas en Paamul y Punta Venado en 2012, lo que sugiere que aunque es importante proteger los nidos de los ejemplares de estas especies en las inmediaciones del proyecto, no se afectará a las playas de anidación más importantes.

Cabe mencionar que se ha incrementado la abundancia de las hembras de esta especie desde 2010, particularmente en 2013 y 2014 y los resultados de algunos campamentos durante 2015 sugieren que esta tendencia continuó en esta última temporada.

La subpoblación de caguamas de Quintana Roo es una de las más importantes de esta región; en el periodo 1989-2006, se registraron 1,674 nidos por año en promedio, por lo que ocupó el séptimo sitio en importancia en el océano Atlántico (CONANP, 2011). La tendencia de la anidación de la tortuga caguama ha sido variable, los resultados de la protección desarrollada por Flora Fauna y Cultura de México, AC⁴, sugieren que el incremento ha sido cíclico; el primer ciclo se presentó entre 1987, cuando iniciaron las actividades de protección, y 2003-2004 (ver siguiente figura).

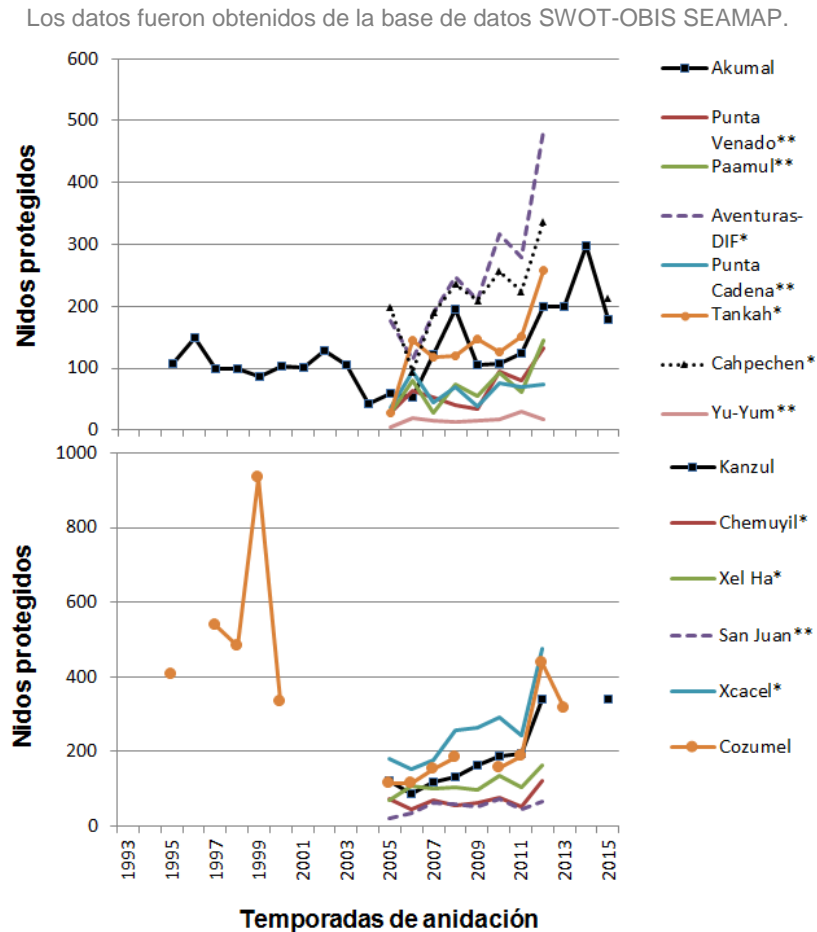
Figura IV-43. Nidos protegidos de la tortuga caguama (*C. caretta*) en 13 playas de anidación por Flora Fauna y Cultura de México, AC4, en la costa de Quintana Roo.

Imagen tomada de su Informe de Actividades 2013



Entre 2002 y 2004 disminuyó la anidación y alcanzó cantidades similares a las registradas en los primeros años de la década de los noventa; sin embargo, a partir de 2004, nuevamente se comenzó a incrementar, aunque de manera paulatina. Actualmente se han definido ocho playas índice: Paamul, Aventuras DIF, Chemuyil, X'cacel-X'cacelito, Tankah, Kanzul, Cahpechen y San Juan; en todas ellas la cantidad de nidos aumentó de manera constante desde 2006 (ver siguiente figura).

Figura IV-44. Nidos protegidos de la tortuga caguama (*C. caretta*) en 14 campamentos en la costa de Quintana Roo, incluyendo varias de las playas índice establecidas en el PACE (CONANP, 2011b).

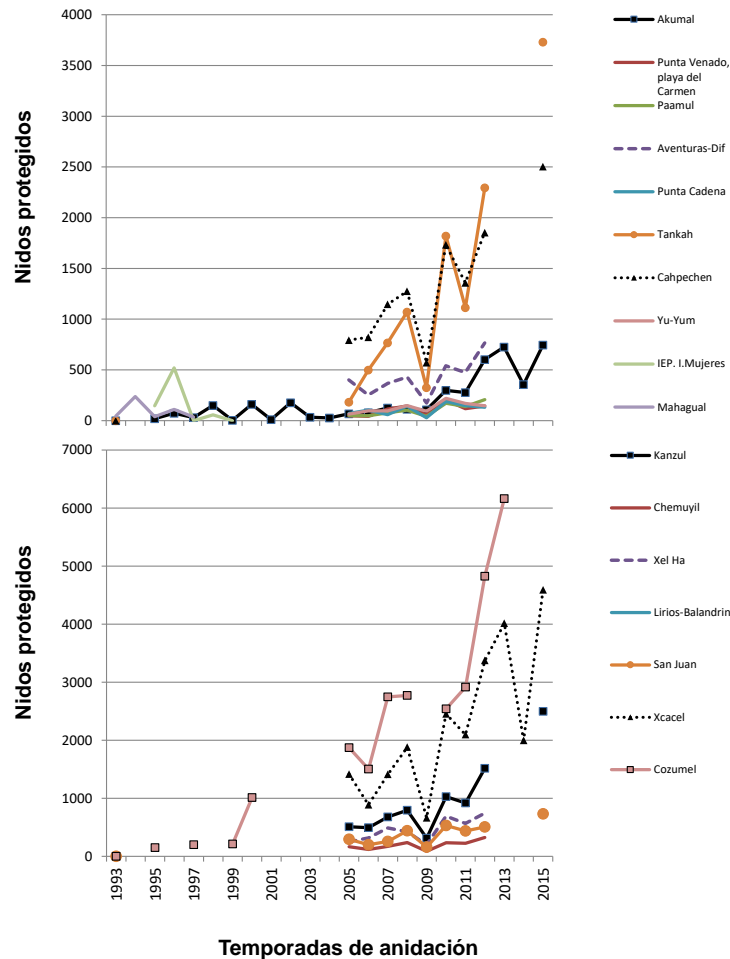


Las colonias que anidan en México, el Caribe y el suroeste de EEUU se incluyen en la subpoblación del Atlántico Noroccidental, y en particular las mexicanas y caribeñas, pertenecen a la quinta unidad de recuperación. En esta zona, la anidación se incrementó en 53% en un periodo mayor o igual a 10 años, porcentaje que fue mayor al registrado en el Atlántico noroccidental que abarca desde Virginia hasta la frontera de Florida-Georgia (35%) en EEUU. Debido a esto, aunque a escala global se considera que el estatus de esta especie es *Vulnerable (VU) A2b* (Casale y Tucker, 2015), en el caso de la subpoblación mexicana el estatus es de

Preocupación menor (Least Concern o LC) según la evaluación de Ceriani y Meylan (2015).

Figura IV-45. Nidos protegidos de la tortuga blanca (*C. mydas*) en 17 campamentos en la costa de Quintana Roo.

Se incluyen varias playas índices. Los datos fueron obtenidos de la base de datos SWOT-OBIS SEAMAP,⁸ a quien le fueron proporcionados por Flora Fauna y Cultura de México, AC, así como de Anónimo (2016) y la página web del Centro Ecológico de Akumal (<http://www.ceakumal.org/index.php/es/blog/5>).



⁸ <http://seamap.env.duke.edu/swot>

La tortuga carey se reproduce principalmente en la costa de Campeche y el norte de Yucatán, mientras que en Quintana Roo se ha observado en Cozumel, Banco Chinchorro, Sian Ka'an e Isla Mujeres.

Sensibilidad de las tortugas marinas al ruido

El intervalo en el que las tortugas marinas aparentemente escuchan mejor abarca desde 200 hasta 750 Hz (Ketten y Moein-Bartol, 2006), mientras que la tortuga blanca entre 200 y 500 Hz. Los autores señalan que cuando midieron la respuesta en el tallo cerebral las tortugas blancas jóvenes tenían un intervalo más amplio (100-800 Hz; con mejor sensibilidad entre 600 y 700 Hz) que los subadultos (100-500 Hz) y que sus resultados fueron consistentes con los de estudios realizados de estímulos vibratorios y aéreos (*C. mydas*, 200-700Hz, Ridgway *et al.*; *C. caretta*, 250-1000 Hz, Bartol *et al.*; datos tomados de Ketten y Moein-Bartol, 2006).

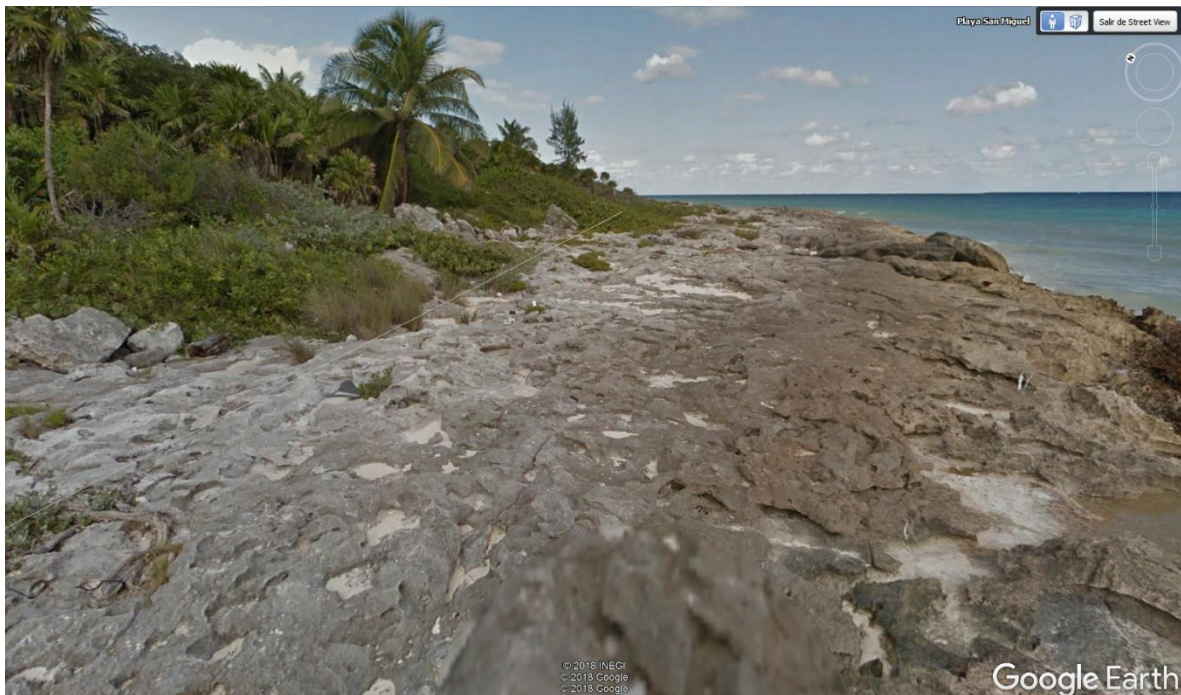
Posibles afectaciones del proyecto en la migración, anidación y alimentación.

El desarrollo del proyecto generará ruido durante el proceso de la construcción. Se estima que dependiendo del método de dragado, la intensidad de los sonidos puede variar desde 160 hasta 180 dB re1 μ Pa a 1m (máximo alrededor de 100 Hz) con un ancho de banda de 20 Hz y 1 Hz (Hildebrand tomado de Chicote *et al.*, 2013). Los valores del espectro de sonido emitido por una draga son inferiores a 500 Hz. Por otro lado, la instalación de pilotes puede producir ruidos en el intervalo de 185-195 hasta 195-215 dB re1 μ Pa a 1m, aunque puede exceder estos valores. La mayor parte de la energía corresponde al intervalo de 40-2000 Hz.

Se ha registrado que las tortugas huyen cuando la intensidad de los sonidos excede 175 dB re 1 μ Pa a 1m; sin embargo, se prevé que estos animales pudieran encontrarse en las cercanías del proyecto solo durante la temporada de anidación y principalmente durante la noche, por lo que el impacto de esta actividad estará restringido a ese periodo del año y a ese horario y las actividades del proyecto se restringirán a horarios diurnos.

Es importante mencionar que el sustrato de la zona en donde se efectuará el proyecto, es rocoso con unas pequeñas franjas de arena (ver siguiente figura), condiciones que limitan la presencia de estos organismos, lo que no ocurre en la playa de Xpu-ha, aledaña al proyecto que tiene características propias para la anidación.

Figura IV-46. Frente de playa del área donde pretende establecerse el proyecto.



La contaminación lumínica podría ser un problema importante porque el área el proyecto se encuentra cerca de la playa de anidación de Xpu-ha y las luces intensas pueden desorientar a las hembras y a las crías, por lo cual se adoptarán medidas para disminuir el impacto lumínico durante las etapas de construcción y operación.

En general, es posible prever que el proyecto no afectará las subpoblaciones de las tortugas porque **el área está fuera de las áreas más importantes de anidación** de las tortugas blanca y caguama, ya que éstas están ubicadas al sur de Akumal y en la costa oriental de Cozumel. Asimismo, los animales tienen una fuerte tendencia a permanecer en las inmediaciones de sus playas de anidación y alimentación. Cabe mencionar que en el caso de la tortuga blanca, solo se ha identificado el sistema de bahías de Akumal como área de alimentación para animales jóvenes. En el caso de las tortugas laúd y carey, son organismos rara vez son observados en la zona.

Las tortugas cambian sus sitios de anidación a otros cercanos en caso de que se perturbe su playa original, por lo que es muy probable que los animales afectados se desplacen hacia otras playas y aunque la zona marina que está enfrente al proyecto puede ser de tránsito para algunos ejemplares de tortuga durante su migración entre las áreas de alimentación y desove, cuando éstas se están desplazando suelen pasar muy rápido por esa zona. Finalmente, cabe señalar que las subpoblaciones de tortuga blanca y caguama del Caribe Mexicano están en recuperación.

IV.1.3.6. Mamíferos marinos de Quintana Roo

En el Caribe se han identificado 32 especies de mamíferos marinos, 24 especies de odontocetos, un sirenio y tres pinnípedos; sin embargo, en Quintana Roo sólo

existen reportes de avistamientos de 16 especies (Morales-Vela y Olivera-Gómez, 1997; Morales-Vela *et al.*, 2011; GVI Mexico Coral Reef Monitoring⁹), la mayoría pertenecientes al suborden de los Odontoceti, de los cuales diez son delfínidos, dos de la familia Kogiidae, uno de la familia Physiteridae y un zífido (ver siguiente tabla).

Tabla IV-14. Especies de mamíferos marinos registrados en el litoral de la Península de Yucatán.

Morales-Vela *et al.* 2011; Morales-Vela y Olivera-Gomez, 1997. CR: Categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2001; (A): amenazada, (P): en peligro de extinción, (Pr): sujeta a protección especial. ** Especies registradas en Quintana Roo; *** esta especie es identificada como *Balaenoptera brydei* en la base de datos OBIS- GVI Mexico Coral Reef Monitoring.

Orden	Familia	Especie	Nombre común	NOM 059	IUCN	Apéndice de CITES
Cetartiodactyla	Balaenopteridae	<i>Balaenoptera edeni</i> ***	Rorcual de Byde	Pr	Datos insuficientes	I
		<i>Globicephala macrorhynchus</i>	Ballena piloto, calderón de aletas cortas	Pr**	Datos insuficientes	II
		<i>Grampus griseus</i>	Delfín gris, de Risso	Pr**	Preocupación menor (LC)	II
		<i>Orcinus orca</i>	Orca	Pr**	Datos insuficientes	II
	Delphinidae	<i>Pseudorca crassidens</i>	Orca falsa	Pr **	Datos insuficientes	II
		<i>Stenella attenuata</i>	Delfín moteado pantropical	Pr**	Preocupación menor (LC)	II
		<i>Stenella clymene</i>	Delfín tornillo del Atlántico, delfín de hocico corto	Pr	Datos insuficientes	II
		<i>Stenella frontalis</i>	Delfín moteado del Atlántico	Pr**	Datos insuficientes	II
		<i>Stenella longirostris</i>	Delfín tornillo	Pr**	Datos insuficientes	II

⁹ GVI Mexico Coral Reef Monitoring-Amigos de Sian Kaan and Global Vision International. 2010. Results of ongoing monitoring along the Quintana Roo coast. Tomado de OBIS <http://iobis.org>

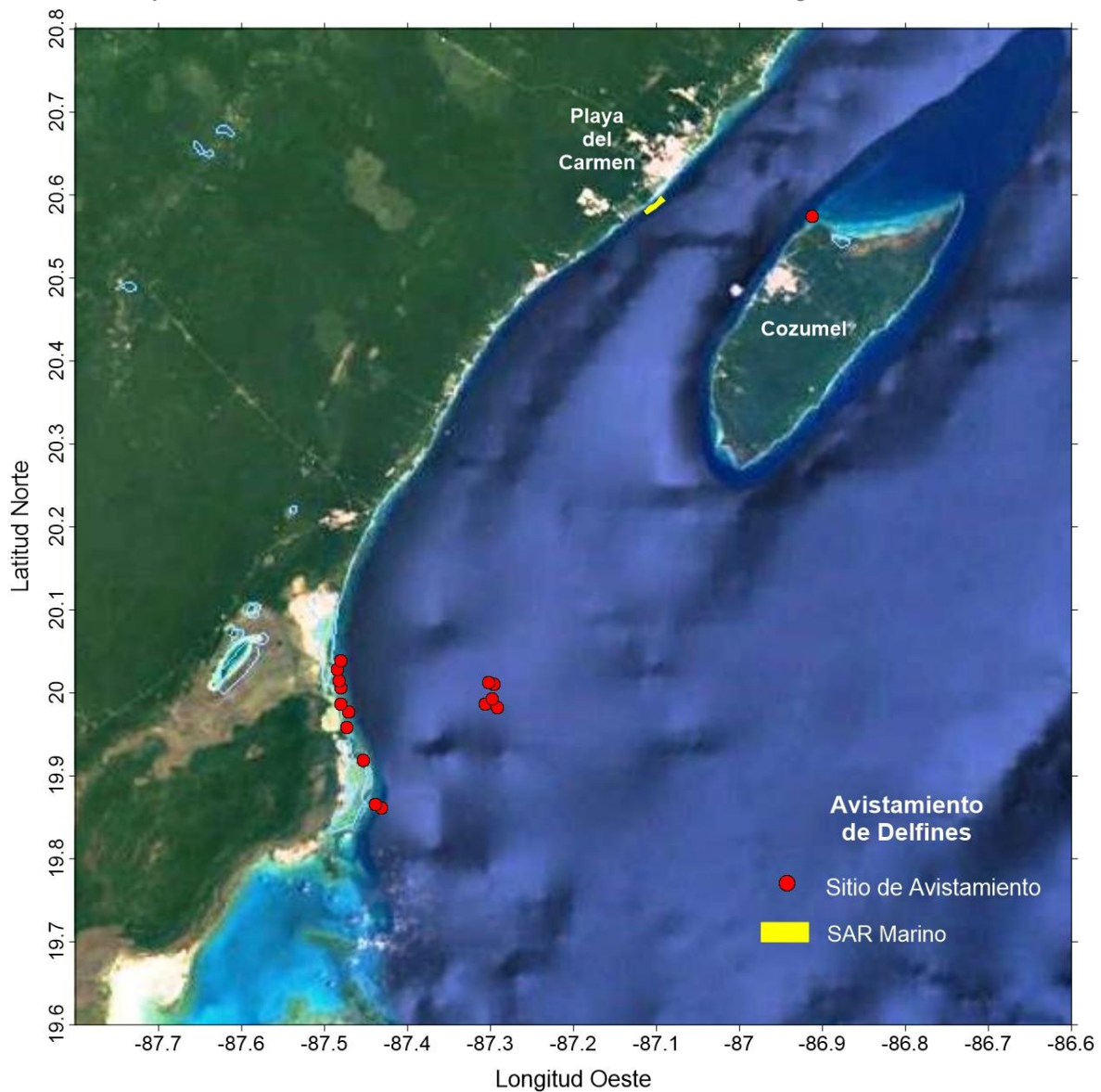
Orden	Familia	Especie	Nombre común	NOM 059	IUCN	Apéndice de CITES
		<i>Steno bredanensis</i>	Delfín de dientes rugosos	Pr	Preocupación menor (LC)	II
		<i>Tursiops truncatus</i>	Delfín nariz de botella, tursión, tonina, bufeo	Pr	Preocupación menor (LC)	II
Ziphiidae		<i>Ziphius cavirostris</i>	Ballena picuda de Cuvier, zífido de Cuvier	Pr	Preocupación menor (LC)	II
	Physeteridae	<i>Physeter macrocephalus</i>	Cachalote	Pr	Vulnerable (VU)	I
	Kogiidae **	<i>Kogia breviceps</i>	Cachalote pigmeo	Pr**	Datos insuficientes	II
		<i>Kogia sima</i>	Cachalote enano	Pr	Datos insuficientes	II
Sirenia	Trichidae	<i>Trichechus manatus</i>	Manatí	Pr	Vulnerable (VU)	I

En las costas de Quintana Roo son relativamente frecuentes los varamientos de cachalote pigmeo y enano (González-Solís *et al.*, 2006); existen reportes de varamientos de *Kogia breviceps* en Sian Ka'an (1992), en Cozumel (dos en 1996) y Cancún (1997) enlistados por Ortega-Argueta y colaboradores (tomado de Cardona-Maldonado y Mignucci-Giannoni, 1999) y de *Kogia simus* en 1987 (tomado de Cardona-Maldonado y Mignucci-Giannoni, 1999). Asimismo, la presencia de delfines es casi constante a todo lo largo de las costas quintanarroenses (ver siguiente figura) en la laguna Yalahau y en las bahías de la Ascensión, del Espíritu Santo y de Chetumal, pero en grupos no muy grandes y con tendencia a ser más numerosos en las costas del centro y norte del estado (Delgado-Estrella y Romero-Tenorio, 2008). Esto permite suponer que los delfines y los kógidos se encuentran en la zona durante todo el año, pero no se tienen registros de la estacionalidad, aunque algunos de ellos pueden acercarse a la costa (ver siguiente figura).

Todas las especies están bajo protección especial de la NOM-059-SEMARNAT-2010, mientras que, el cachalote y el manatí tienen el estatus de *Vulnerable* según la IUCN, en tanto que los datos son insuficientes de nueve de ellas y cinco tienen la categoría de Preocupación Menor (Bearzi *et al.*, 2012; Deustsch *et al.*, 2008; Hammond *et al.*, 2012 a, b, c, d y e; Reilly *et al.*, 2008; Taylor *et al.*, 2008 a, b y c; Taylor *et al.*, 2011; Taylor *et al.*, 2012 a, b y c; Taylor *et al.*, 2013).

Figura IV-47. Avistamientos de ejemplares de los delfines *Stenella attenuata*, *Tursiops truncatus*, *Stenella frontalis* y *Stenella clymene*.

Los datos fueron obtenidos de la base de datos SWOT-OBIS SEAMAP, a quién fueron proporcionados por GVI Mexico Coral Reef Monitoring-Amigos de Sian Ka'an and Global Vision International, debido a lo cual la mayoría de las observaciones se ubican frente al Área Natural Protegida de Sian Ka'an.



Las principales amenazas a estas especies son la interacción con las pesquerías, principalmente con redes y palangres y la degradación del hábitat. Otro problema

importante es la contaminación, incluyendo los compuestos organoclorados, los metales pesados, el petróleo y otros hidrocarburos y nutrientes provenientes de actividades marinas y terrestres. Existe una preocupación creciente por la exposición de los animales a los contaminantes y el posible incremento en la susceptibilidad a las enfermedades y su capacidad reproductiva. En Quintana Roo, quizá, el problema más importante es la contaminación asociada con los desechos domésticos y la introducción de aguas negras a los mantos freáticos como resultado del tratamiento deficiente de las aguas producidas por los centros turísticos, principalmente Cancún, donde solo se tratan alrededor de 30% de las aguas negras.

Entre los factores más perjudiciales para los mamíferos marinos se encuentran los sonidos de origen antrópico y las especies más vulnerables son los zífidos (*Ziphius cavirostris*) y el cachalote pigmeo (*Kogia breviceps*). Ambas especies son frágiles ante los sonidos repentinos e intensos (ej. sonares); sin embargo, se cree que el cachalote pigmeo es de hábitos oceánicos y generalmente no entra a zonas someras o costeras porque habita en aguas profundas y cálidas.

Cabe señalar que en este proyecto no se generarán ruidos fuertes (ej. prospecciones sísmicas), aunque el dragado y la colocación de pilotes podrían llegar a ser potencialmente peligrosos para los cetáceos. Los ruidos producidos por las dragas pueden producir cambios en el comportamiento, ya que los organismos se desplazan fuera de la zona de emisión del sonido, mientras que los sonidos resultantes del piloteo puede llegar a producir traumas físicos, la pérdida del oído y cambios en la conducta de los organismos; sin embargo, esto depende del tamaño del pilote y de los métodos con los que se coloquen (Chicote *et al.*, 2013).

IV.1.3.7. Movimiento de fauna en la zona marina donde se desarrollara el proyecto

La conectividad es el grado de movimiento de las especies y/o de procesos entre los ecosistemas. Hay dos tipos de conectividad: estructural, en donde solamente es necesario identificar la continuidad entre los ecosistemas y funcional, en donde es necesario verificar el movimiento de las especies y/o los procesos. En este caso con el trabajo de campo realizado, en el área del proyecto se obtuvo que la abundancia relativa de fauna fue muy baja al igual que la riqueza de especies en el caso del muestreo realizado en el bentos, en cuanto a la ictiofauna está también registro números muy bajos y en el caso de mamíferos o tortugas marinas no se registró ningún individuo, por lo que es importante considerar si la instalación del proyecto podría impactar en el libre paso de fauna de acuerdo con los resultados obtenidos.

Con respecto a la fauna bentónica no se obstaculizará el libre paso de la fauna ya que son organismos sésiles y sedentarios que viven relativamente fijos en el fondo (Gray, 1981) por lo cual habrá una afectación temporal al momento del desarrollo del proyecto de los organismos que habitan sobre el sustrato ubicado en la zona de construcción; sin embargo, una vez terminada la misma, esta fungirá como sustrato de fijación para especies sésiles (poliquetos, macroalgas, corales y esponjas) y zona de protección para especies sedentarias (crustáceos, moluscos, poliquetos, equinodermos).

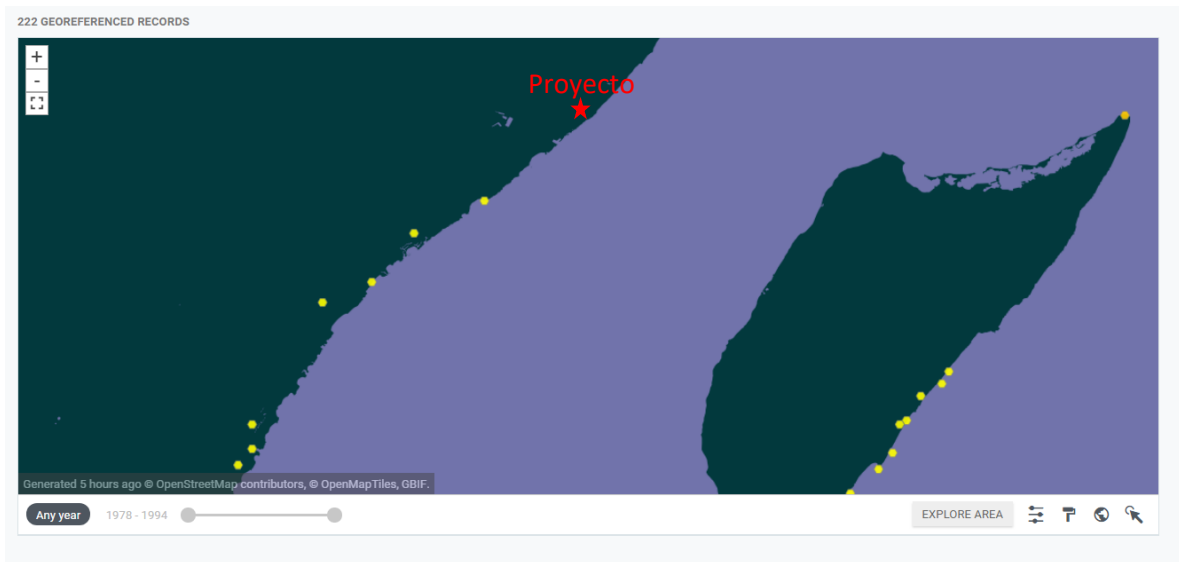
Debido a la presencia de sustrato de arenas medias se encontró una dominancia de poliquetos, en especial filtradores (*Armandia agilis*) que son de muy poca movilidad dado que el sustrato les permite fijarse al fondo y la transparencia y flujo del agua les provee de alimento sin necesidad de trasladarse a otros ambientes aledaños.

Dado que la presencia de la estructura no bloquea en su totalidad el flujo y características de estas corrientes de agua, los organismos no se verán afectados y podrán regresar a recolonizar.

La afectación del proyecto en la fauna que conforma el necton será variable. En el caso de los peces, es probable que los organismos pequeños que viven en las inmediaciones del proyecto sean afectados, de modo que sean desplazados de dicha superficie. Los peces pelágicos y demersales de importancia comercial (tiburones, picudos, entre otros) se desplazan principalmente fuera del área del proyecto no afectara sus movimientos. En los sitios donde se agrupaban los meros, cercanos a la zona, no se han reportado cardúmenes por lo que es probable que se hayan alejado de la costa.

El caso de las tortugas marinas las principales playas de anidación de la tortuga blanca están fuera de la superficie del proyecto (ver siguiente figura), aunque se han observado algunos ejemplares desovando en sus inmediaciones así como representantes de otras especies migrando en las cercanías por lo que existe el riesgo de que las embistan. Para evitar dañar a los organismos se sugiere que las embarcaciones disminuyan la velocidad en las inmediaciones del muelle a 4 nudos (8 km) durante la temporada de anidación. Otra medida importante es diseñar un sistema de iluminación que evite desorientar a los adultos.

Figura IV-48. Mapa de Las tortugas marinas y sus playas de anidación en México (en amarillo) y su ubicación con respecto al proyecto (Gbif 2018).



IV.2. DIAGNÓSTICO

Como se describió en el apartado biótico el polígono del proyecto se localiza en zona terrestre como en zona marina. El 55.84% de la superficie del proyecto está en zona marina y el 44.16% en zona terrestre, donde la vegetación corresponde principalmente a “vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia”, así también 11.56% de su superficie corresponde áreas sin vegetación, la cual se asocia principalmente a la zona de playa. La vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia donde se localiza el proyecto corresponde a una superficie de 1.18 hectáreas, la cual si se compara con la superficie del SAR esta representa 0.16%, por lo que al obtener este porcentaje, se estima que la modificación de la cobertura forestal en dicha área no altera la funcionalidad o los procesos del resto de la vegetación del SAR, incluyendo el número de especies presentes. La representatividad de la fauna de acuerdo con la búsqueda bibliográfica indicó que es muy baja, lo cual se relaciona a la fuerte actividad antrópica que existe en el lugar, así como las barreras geográficas como carreteras, brechas o zonas urbanas que sin duda influyen en el flujo de especies. Tanto para flora y fauna terrestre se aplicarán las medidas de mitigación necesarias para su resguardo, dichas medidas se pueden consultar en el capítulo VI de esta MIA.

Derivado del trabajo de campo, en la parte marina se validó que el proyecto **no** se ubicara en una zona donde se desarrollan pastos marinos, ni **tampoco** se localizan arrecifes de coral o individuos del Filo Cnidaria, ya que en dicha ubicación espacial del proyecto, el fondo marino presenta un sustrato arenoso donde el oleaje y la energía **no** ha permitido el desarrollo de estos organismos o estructuras coralinas. Sin embargo, es importante destacar que a 0.6 kilómetros al noreste (transecto 10

del trabajo de campo) de la ubicación del proyecto se localizaron individuos hidroideos y octocorales aislados, por lo que se tomarán las medidas de mitigación necesarias para que no sean afectados (ver capítulo VI de esta MIA).

Así también se analizó los grupos fitoplanctonicos en los cuales se registró la presencia, de bacilariofitas, dinofitas, haptofitas y cianofitas. Estos grupos fueron muy heterogéneos y poco abundantes de acuerdo con el muestreo realizado. Los resultados obtenidos se deben principalmente a que la zona donde se ubicará el proyecto, presenta concentraciones muy bajas de nutrimentos y en el caso de las dinofitas no presentan el potencial de desarrollo de FAN para la zona de estudio. Esto se valida con el conteo de picofitoplancton y el índice trófico, en el que se obtuvo para ambos que las condiciones en la zona de estudio son características de un ambiente de poca producción.

En cuanto a grupos del bentos de acuerdo a los muestreos realizados, se obtuvo un registro de siete grupos taxonómicos (Polychaeta, Oligochata, Crustacea, Mollusca, Cephalochordata, Nematoda y Equinodermata). El grupo más representativo fue el de los poliquetos con el 89%, el resto de los individuos muestreados presentó una baja representatividad. En cuanto a riqueza se obtuvo un total de 71 especies, el grupo taxonómico que presentó más especies fue el de los poliquetos con 47, seguido de los crustáceos con 13, los moluscos con 9 y los equinodermos con 2 especies. De las especies registradas en el bentos, ninguna se encuentra en categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. Dicha estructura comunitaria en la zona de estudio era de esperarse pero se ha visto que esta difiere de zonas aledañas al Caribe en donde destaca el caso de los equinodermos, que sólo presentaron dos individuos en toda la zona. Asimismo, la diversidad de especies fue más baja de la esperada considerando que en esta región tiende a haber muchas especies con densidades relativamente bajas, por la

disponibilidad de recursos y la facilidad de trasladarse entre el sustrato duro y blando. Cabe mencionar que durante el muestreo se presentó un evento de huracán, el cual pudo afectar a los organismos del bentos, en especial a los equinodermos; mientras que, los poliquetos son más resistentes. Sin embargo, la baja diversidad de especies y la dominancia de especies como *Levinsenia gracilis* y *Prionospio cristata* resaltan las condiciones diferentes en el ambiente a lo esperado, ya que son especies de ambientes con cierto aporte de materia orgánica a la zona. Además, la ausencia de especies de sílidos, sabélidos o incluso de la familia Eunicidae que son características de la región.

En cuanto a megafauna como se mencionó anteriormente se realizaron videotransectos los cuales representaron las condiciones generales de la zona, donde se observó que se trata de un área abierta y libre de estructuras grandes como arrecifes o pastos marinos, las estaciones de muestreo tomadas sobre la superficie del proyecto muestran poca fauna o nula en el caso de la más cercana a la costa debido a la fuerte energía del oleaje y la gruesa capa de arena que hay, en cuanto a especies de peces pelágicos o necton se ubicaron algunos ejemplares que se encuentran en toda la región del caribe, ninguno de importancia comercial o de categoría especial.

Dado que el muestreo se realizó en condiciones de tormenta por un evento meteorológico de importancia, se sugiere llevar a cabo un seguimiento en la zona para establecer si estas condiciones y fauna son características y “normales”.

En cuanto a tortugas marinas **no** se registró ninguna durante el trabajo de campo realizado, sin embargo se tomarán medidas de protección durante la temporada de anidación o durante el desarrollo de las obras y actividades del proyecto, así mismo con mamíferos marinos que pudieran encontrarse en dicha zona de desarrollo del proyecto.

CAPÍTULO V

**IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS
IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL
SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL**

Manifestación de Impacto Ambiental,

Modalidad Regional

Proyecto “Sol de Selva”

CONTENIDO

V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL	3
V.1. INTRODUCCIÓN	3
V.2. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	6
V.2.1. Identificación de obras y actividades del proyecto susceptibles de producir impactos ambientales	7
V.2.1.1. Obras	7
V.2.1.2. Etapas y acciones	7
V.2.2. Identificación de las afectaciones producidas por las actividades y obras del proyecto	9
V.2.2.1. Redes de interacción	9
V.2.3. Identificación de los componentes ambientales susceptibles de recibir impactos ambientales	13
V.2.3.1. Componentes y factores ambientales afectables por el proyecto	15
V.2.4. Identificación de las interacciones proyecto – ecosistema	16
V.2.4.1. Matrices de interacción	16
V.2.5. Denominación de los impactos ambientales	21
V.2.6. Identificación de impactos ambientales por etapa	24
V.3. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	25
V.3.1. Determinación de la importancia	26
V.3.1.1. Criterios para la valoración de la importancia	27
V.3.1.2. Criterios para la evaluación del atributo de Intensidad	28
V.3.1.3. Criterios para la evaluación del atributo de Acumulación	28
V.3.2. Determinación de la magnitud	29
V.3.3. Matriz de caracterización de impactos ambientales	30
V.3.4. Evaluación final de los impactos ambientales.	31
V.3.4.1. Significancia	34
V.4. ANÁLISIS DE IMPACTOS ACUMULATIVOS Y RESIDUALES	37
V.4.1. Impactos Acumulativos	37
V.4.1.1. Identificación de efectos acumulativos por otras obras y actividades dentro del SAR.	38
V.4.1.2. Matriz de identificación de impactos anteriores al proyecto	38
V.4.2. Impactos Residuales	40
V.5. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.	41
V.5.1. Pérdida de suelo	42
V.5.2. Alteración en la calidad del suelo	43
V.5.3. Pérdida del estrato rocoso	45
V.5.4. Alteración en la calidad del agua subterránea	46
V.5.5. Modificación de la línea de costa	47
V.5.6. Modificación de la batimetría del fondo marino	51

V.5.7.	Alteración en la calidad de la columna de agua	52
V.5.8.	Contaminación atmosférica	54
V.5.9.	Alteración al confort sonoro	55
V.5.10.	Pérdida de cobertura vegetal	57
V.5.11.	Afectación al hábitat terrestre	58
V.5.12.	Desplazamiento de individuos de fauna terrestre	59
V.5.13.	Afectación al hábitat marino	60
V.5.14.	Desplazamiento de individuos de fauna marina	61
V.5.15.	Modificación del paisaje natural	63
V.6.	CONCLUSIONES	64

FIGURAS

FIGURA V-1.	DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO METODOLÓGICO.	5
FIGURA V-2.	RED DE INTERACCIONES CAUSA – EFECTO EN LA ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO.	10
FIGURA V-3.	RED DE INTERACCIONES CAUSA – EFECTO EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN.	11
FIGURA V-4.	RED DE INTERACCIONES CAUSA – EFECTO EN LA ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.	12
FIGURA V-5.	COMPONENTES AFECTABLES, NO AFECTADOS Y NO AFECTABLES.	14
FIGURA V-6.	RANGOS DE SIGNIFICANCIA.	34
FIGURA V-7.	OLEAJE.	49
FIGURA V-8.	CONFIGURACIÓN DE LÍNEA DE COSTA.	50

TABLAS

TABLA V-1.	OBRAS SUSCEPTIBLES DE CAUSAR ALGUNA AFECTACIÓN AL ECOSISTEMA.	7
TABLA V-2.	ETAPAS Y ACCIONES DEL PROYECTO.	8
TABLA V-3.	COMPONENTES Y FACTORES AFECTABLES POR EL PROYECTO.	15
TABLA V-4.	MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE INTERACCIONES.	17
TABLA V-5.	TABLA RESUMEN DE INTERACCIONES POR COMPONENTES Y ETAPAS DEL PROYECTO.	20
TABLA V-6.	IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS.	22
TABLA V-7.	IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES POR ETAPA.	24
TABLA V-8.	CRITERIOS PARA LA VALORACIÓN DE ATRIBUTOS.	27
TABLA V-9.	CRITERIOS PARA EL ATRIBUTO DE ACUMULACIÓN.	29
TABLA V-11.	MATRIZ DE CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.	32
TABLA V-12.	SIGNIFICANCIA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES	35
TABLA V-13.	JERARQUIZACIÓN POR SIGNIFICANCIA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES EN CADA ETAPA DEL PROYECTO.	36
TABLA V-14.	MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES POR OBRAS Y ACTIVIDADES EN EL SAR Y PROYECTO.	39
TABLA V-17.	IMPACTOS AMBIENTALES RESIDUALES.	40

V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

V.1. INTRODUCCIÓN

Los proyectos asociados al área marina conllevan afectación al medio marino; sin embargo, los impactos dependerán de las características ambientales donde se ubiquen.

En lo general, estos proyectos requieren de instalaciones en el área marina, así como dragados para un óptimo funcionamiento, en donde se extrae material del fondo marino que genera la resuspensión de sedimentos que puede afectar el hábitat marino. Así mismo, el uso de maquinaria puede generar derrames accidentales de residuos.

Bajo este contexto, en el presente Capítulo se presenta la identificación, caracterización, descripción y evaluación de los impactos ambientales que pudiera generar el proyecto, tal y como lo marca la Fracción V del Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del impacto Ambiental (REIA).

Para ello se desarrolla una metodología específica para estimar los efectos adversos provocados por el desarrollo del proyecto y que podrían afectar a los componentes y factores ambientales del SAR.

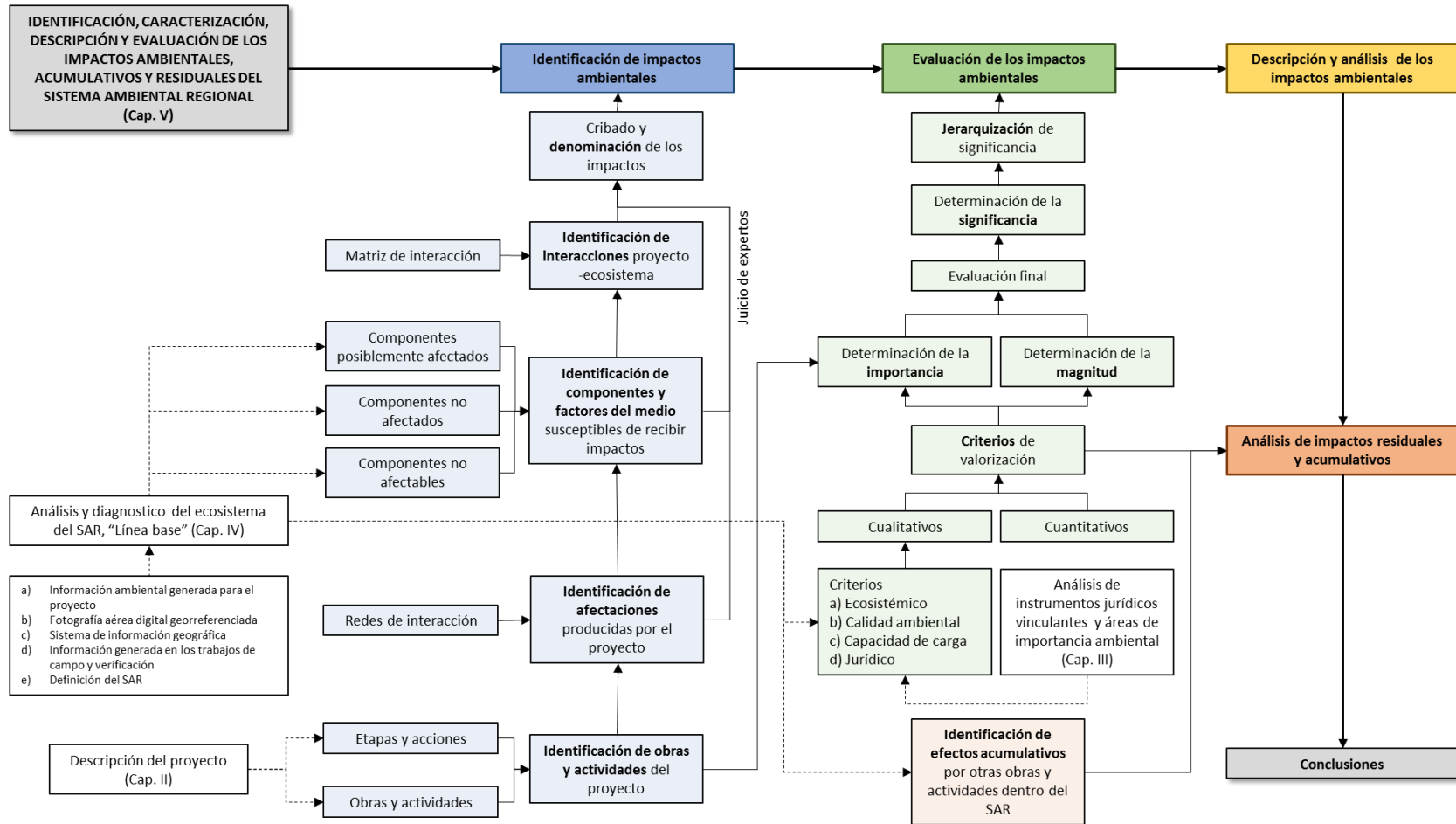
A continuación, en la siguiente figura, de manera esquemática, se presenta un diagrama de flujo del proceso metodológico diseñado para la evaluación de los impactos ambientales que generará el proyecto, considerando dentro de este proceso tres funciones analíticas principales:

1. Identificación.
2. Caracterización y evaluación.
3. Análisis y descripción.

Para realizar estas funciones se considera la información derivada de los siguientes puntos:

- La descripción del proyecto: obras y actividades, etapas y acciones (**Capítulo II**).
- El análisis del medio: la descripción, análisis y diagnóstico de los componentes ambientales del SAR (**Capítulo IV**).
- El análisis de instrumentos jurídicos ambientales: normas aplicables para la protección de la flora, fauna y atmosfera (emisiones de ruido, gases de combustión y polvos), áreas de importancia ambiental (**Capítulo III**).

Figura V-1. Diagrama de flujo del proceso metodológico.
(Fuente: Elaboración propia)



V.2. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Para la identificación de impactos ambientales se llevaron a cabo una serie de pasos que consideran diferentes técnicas (sistema de información geográfica, grafos o redes de interacción causa – efecto, matrices de interacción y juicio de expertos) que son bien conocidas y reportadas en la bibliografía (en el Capítulo VIII, se describen a detalle cada una de ellas). Los pasos a seguir fueron los siguientes:

- a) **Identificación de obras y actividades del proyecto susceptibles de producir impactos ambientales:** se determinaron las actividades y obras consideraras para el proyecto y que podrían afectar algún componente ambiental del ecosistema.
- b) **Identificación de las afectaciones producidas por las actividades y obras del proyecto:** por medio del método de *Redes de interacción* se realizó un primer acercamiento de las posibles afectaciones ambientales que pudieran ocasionar las obras y actividades del proyecto.
- c) **Identificación de los componentes ambientales susceptibles de recibir impactos ambientales:** se determinaron los componentes posiblemente afectables, los componentes no afectados y los componentes no afectables, para después realizar un listado de los componentes y factores ambientales posiblemente afectables por las obras y actividades del proyecto.
- d) **Identificación de las interacciones proyecto – ecosistema:** por medio del método *Matrices de interacción* se realizó la identificación de las interacciones que tendrán las obras y actividades del proyecto, en sus diferentes etapas de desarrollo, con los componentes y factores ambientales del ecosistema posiblemente afectables.

e) **Denominación de los impactos ambientales:** a partir de los pasos anteriores y por medio de un cribado, se determinaron los impactos ambientales que podría producir el proyecto en sus diferentes etapas de desarrollo.

V.2.1. Identificación de obras y actividades del proyecto susceptibles de producir impactos ambientales

V.2.1.1. Obras

De acuerdo a la naturaleza del proyecto¹, las obras y actividades identificadas y que son susceptibles de producir impactos ambientales son las siguientes:

Tabla V-1. Obras susceptibles de causar alguna afectación al ecosistema.

Obras permanentes
Rompeolas norte y sur
Área de dragado/excavación
Muelles flotantes
Muro de contención perimetral
Escaleras
Áreas temporales
Área de sanitarios portátiles

V.2.1.2. Etapas y acciones

Se desagrega el proyecto en dos niveles: las diferentes etapas de su desarrollo y las actividades concretas de cada una de las etapas que lo conforman.

¹ Para un mayor detalle acerca de las obras y actividades del proyecto, ver Capítulo II.

Las Etapas se refieren a los periodos o partes en que se divide el desarrollo del proyecto y las acciones se refieren al conjunto de trabajos que se hacen en cada una de estas etapas.

Conforme a lo anterior, a continuación se presenta una tabla resumida de las etapas y acciones a realizar en el proyecto²:

Tabla V-2. Etapas y acciones del proyecto.

Etapa	Acciones	
Preparación del sitio (PS)	Delimitación y limpieza del terreno	Delimitación de las áreas de trabajo Desmante y despalme
	Instalación de áreas asociadas	Colocación de sanitarios portátiles
		Excavaciones
	Modelación del terreno	Dragado
		Compactación
		Nivelación
Construcción (C)	Construcción de los diques de escollera (rompeolas)	Conformación de las capas de la estructura de diques
	Construcción e instalación de estructuras	Construcción de muro de contención y escaleras
		Instalación de muelles flotantes
	Implementación de complementos y limpieza final	Colocación de instalaciones
		Colocación de señalamiento marino
Operación y mantenimiento (OM)	Operación de instalaciones	Puesta en operación de las instalaciones
	Mantenimiento de las instalaciones	Mantenimiento a la obra civil
		Dragado de mantenimiento

² Para un mayor detalle acerca de las etapas y sus actividades del proyecto, ver Capítulo II.

V.2.2. Identificación de las afectaciones producidas por las actividades y obras del proyecto

Después de haber determinado las obras y acciones en cada una de las etapas de desarrollo del proyecto, se utilizó la metodología de Redes de interacción, que permite un primer acercamiento de las posibles afectaciones ambientales a partir de las acciones que se realizarán en el proyecto.

V.2.2.1. Redes de interacción

En la Red de interacciones se colocan en recuadros con fondo color gris las acciones de cada una de las etapas del proyecto (causas), para después por medio de flechas de color negro se interconecta a recuadros de colores las afectaciones al ecosistema (efecto) (ver siguientes figuras).

Figura V-2. Red de interacciones causa - efecto en la etapa de preparación del sitio.

(Fuente: Elaboración propia)

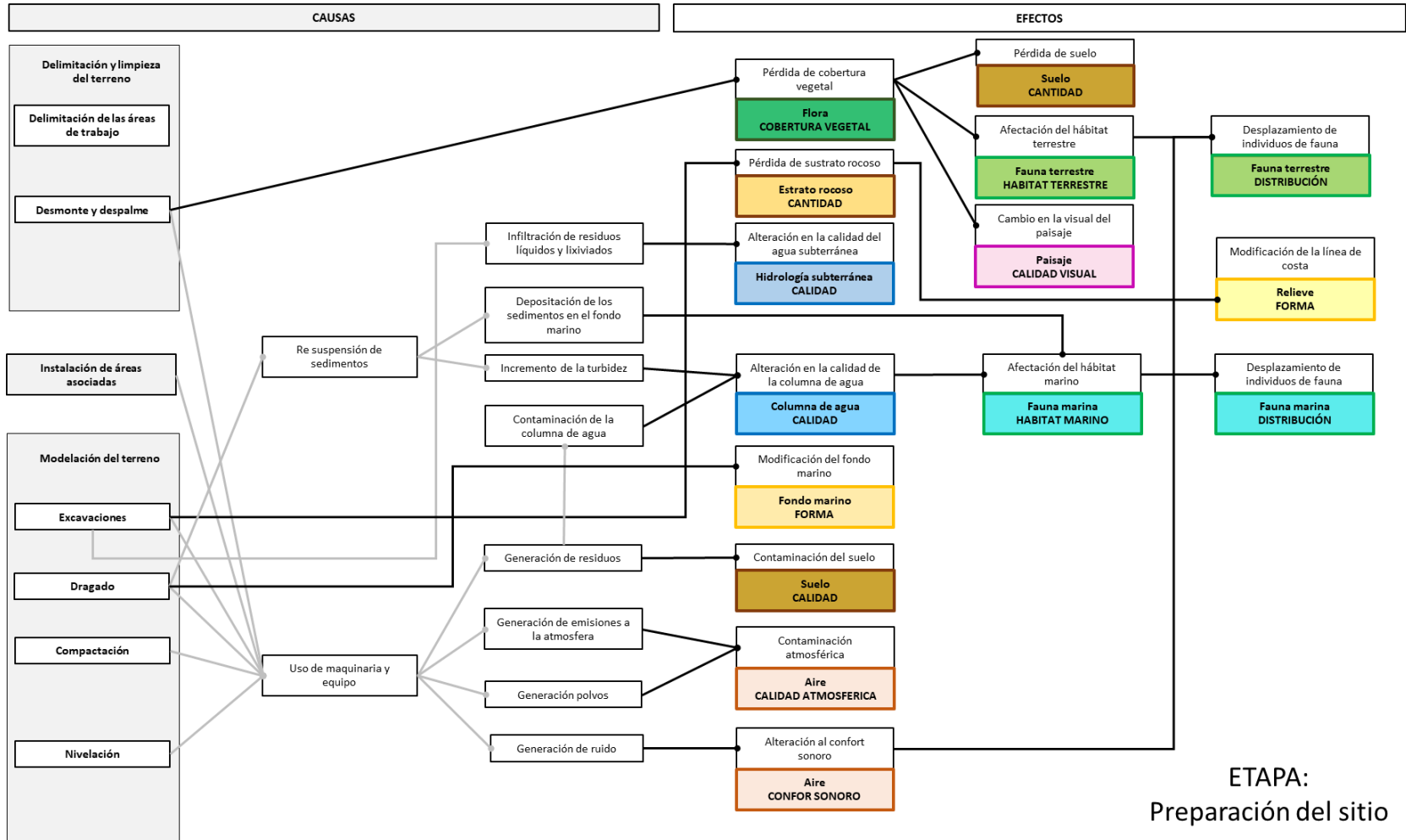


Figura V-3. Red de interacciones causa - efecto en la etapa de construcción.

(Fuente: Elaboración propia)

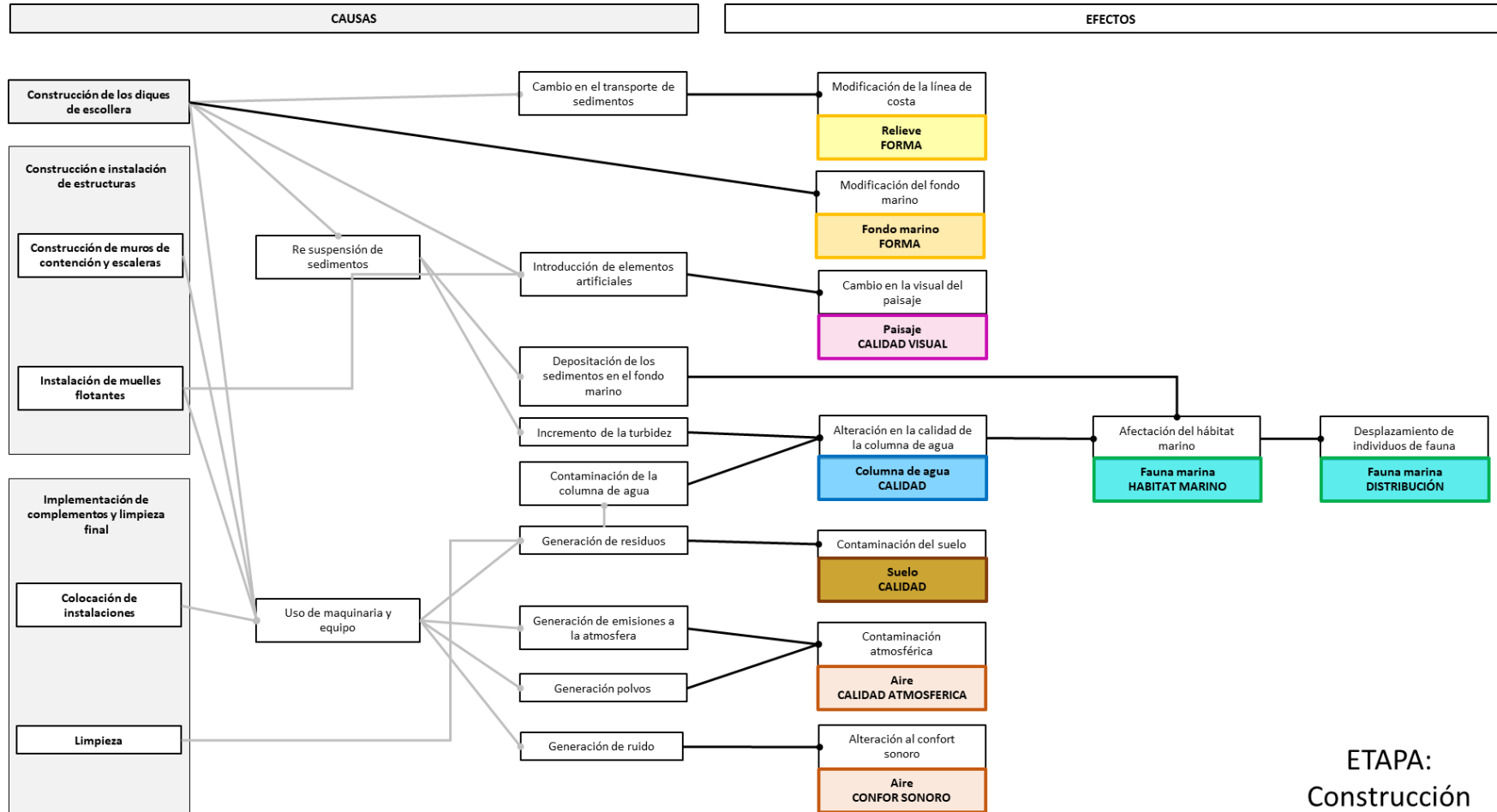
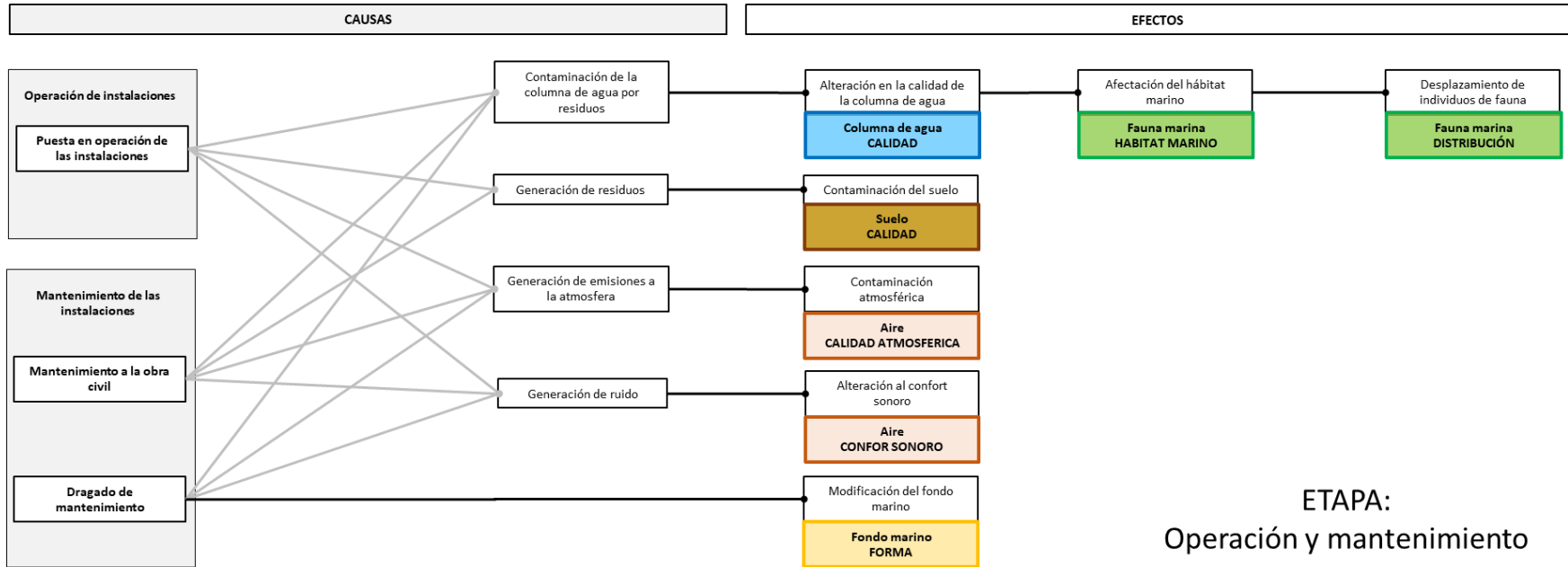


Figura V-4. Red de interacciones causa - efecto en la etapa de operación y mantenimiento.

(Fuente: Elaboración propia)

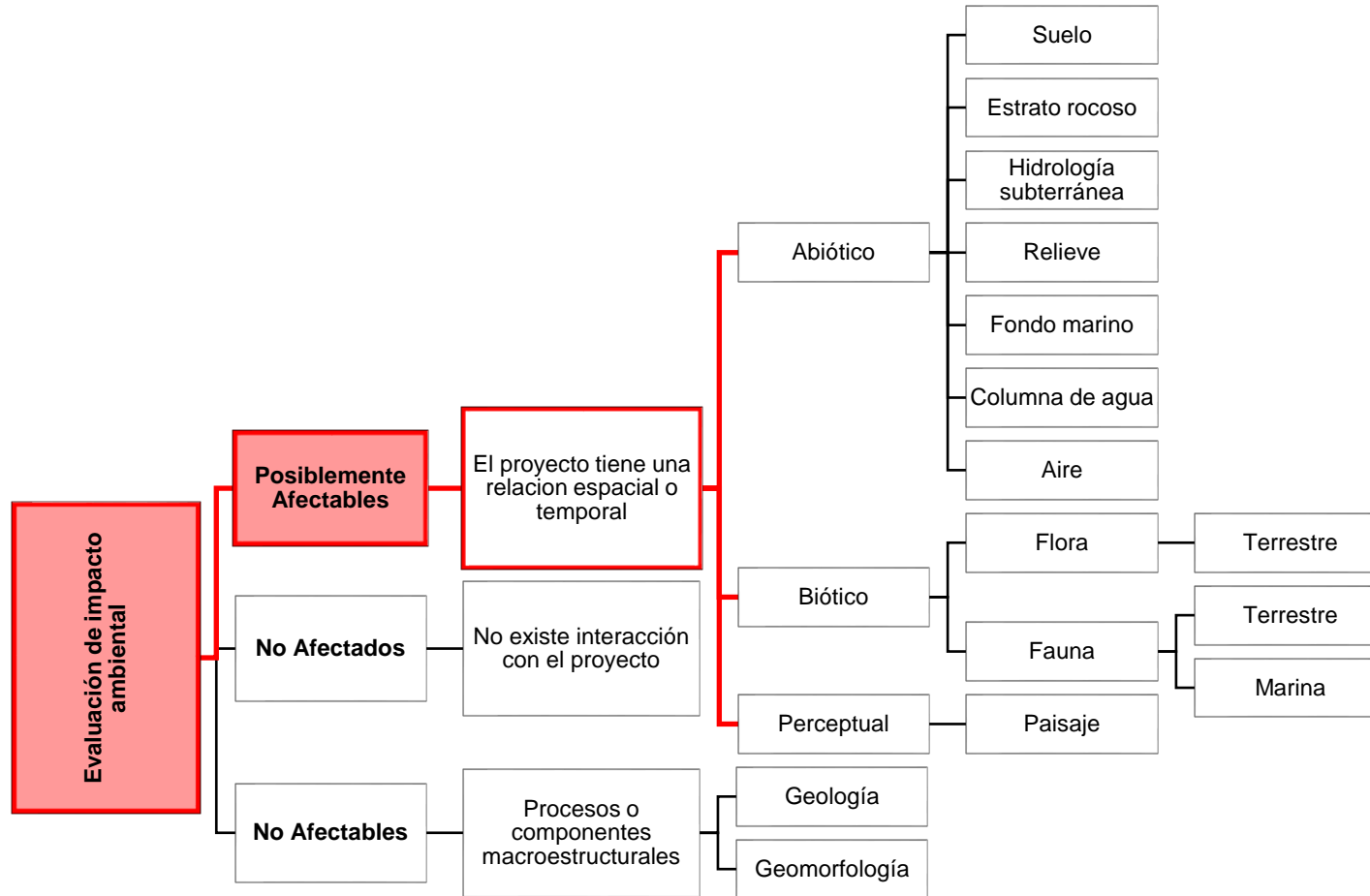


V.2.3. Identificación de los componentes ambientales susceptibles de recibir impactos ambientales

Previamente en el Capítulo IV se han analizado y caracterizado los componentes y procesos ambientales del SAR, lo que permite identificar, en este capítulo, cuáles de éstos son afectables, los no afectados y los no afectables. Estos responden a la relación que tiene entre las actividades y obras del proyecto con los componentes ambientales dentro del SAR y el polígono del proyecto (ver Figura siguiente) identificados en la Red de interacciones (Figura V-2, Figura V-3, Figura V-4).

Por lo que la evaluación de impacto ambiental se enfoca en el impacto que puedan recibir solo los componentes Posiblemente afectables ambientales, con cada una de las actividades y obras del proyecto.

Figura V-5. Componentes afectables, no afectados y no afectables.
 (Fuente: Elaboración propia)



V.2.3.1. Componentes y factores ambientales afectables por el proyecto

Después de obtener los componentes posiblemente afectables del SAR y del polígono del proyecto y las causas -efectos presentados en la *Red de interacciones* (Figura V-2, Figura V-3, Figura V-4), se identifican los medios, componentes y factores ambientales susceptibles de recibir alguna afectación:

Tabla V-3. Componentes y factores afectables por el proyecto.

Medio	Componentes	Factor
Abiótico	Suelo	Cantidad
		Calidad
	Estrato rocoso	Cantidad
	Hidrología subterránea	Calidad
	Relieve	Línea de costa
	Fondo marino	Batimetría
	Columna de agua	Calidad
Biótico	Aire	Calidad atmosférica
		Confort sonoro
	Flora terrestre	Cobertura vegetal
	Fauna terrestre	Hábitat terrestre
		Distribución de individuos terrestre
	Fauna marina	Hábitat marino
Distribución de individuos marinos		
Perceptual	Paisaje	Calidad visual

V.2.4. Identificación de las interacciones proyecto – ecosistema

Después de haber establecido los componentes y factores posiblemente afectables por el proyecto, finalmente para complementar la identificación de interacciones se emplea la técnica de matrices, la cual permite identificar en forma gráfica y en forma de tabla, las afectaciones negativas que generará el proyecto, así como la etapa en que más se generarán, permitiendo además la cuantificación de las acciones que generarán con mayor recurrencia cada impacto identificado.

V.2.4.1. Matrices de interacción

A continuación, se presenta la Matriz de Identificación de interacciones (Tabla V-4), donde se determinaron las relaciones del proyecto–ecosistema, desglosando el proyecto en etapas y acciones, y el medio en componentes y factores, y que para efectos de interpretación las interacciones negativas se identifican en celdas de color rojo.

Posteriormente, conforme a los resultados de la Matriz de Identificación de interacciones, se realizó una tabla resumen donde se puede ver rápidamente la cantidad total de interacciones resultantes, clasificadas por componentes y por etapas (Tabla V-5).

Tabla V-4. Matriz de identificación de interacciones.

(Fuente: Elaboración propia)

Medio			Abiótico								Biótico					Perceptual					
Componente			Suelo		Sustrato rocoso	Hidrología subterránea	Relieve	Fondo marino	Columna de agua	Aire		Flora terrestre		Fauna terrestre		Fauna marina		Paisaje			
Factor			Cantidad	Calidad	Cantidad	Calidad	Línea de costa	Batimetría	Calidad	Calidad atmosférica	Confort sonoro	Cobertura vegetal	Hábitat	Distribución	Hábitat	Distribución	Calidad visual	Total por actividad específica	Total por actividad general	Total por Etapa	
Etapa	Acción general	Acción específica																			
Preparación del sitio (PS)	Delimitación y limpieza del terreno	Delimitación de las áreas de trabajo																0	8	31	
		Desmonte y despalme	1	1						1	1	1	1	1			1	8			
	Instalación de áreas asociadas	Colocación de sanitarios portátiles		1						1	1			1				4	4		
	Modelación del terreno	Excavaciones	1	1	1	1	1			1	1			1			1	9	19		
		Dragado						1	1	1	1				1	1		6			
		Compactación								1	1							2			
		Nivelación								1	1							2			

Medio			Abiótico								Biótico					Perceptual	Total por actividad específica	Total por actividad general	Total por Etapa		
Etapa	Acción general	Acción específica	Suelo		Sustrato rocoso	Hidrología subterránea	Relieve	Fondo marino	Columna de agua	Aire	Flora terrestre	Fauna terrestre		Fauna marina		Paisaje					
			Cantidad	Calidad	Cantidad	Calidad	Línea de costa	Batimetría	Calidad	Calidad atmosférica	Confort sonoro	Cobertura vegetal	Hábitat	Distribución	Hábitat	Distribución	Calidad visual				
Construcción (C)	Construcción de los diques de escollera	Conformación de las capas de la estructura de diques					1	1	1	1	1				1	1	1	8	8	16	
	Construcción e instalación de estructuras	Construcción de muros de contención y escaleras	1							1	1							3	5		
		Instalación de muelles flotantes							1								1	2			
	Implementación de complementos y limpieza final	Colocación de instalaciones								1	1								2		3
		Limpieza							1										1		
Operación y mantenimiento (OM)	Operación de instalaciones	Puesta en operación de las instalaciones	1						1	1	1			1	1			6	6	15	
	Mantenimiento de instalaciones	Mantenimiento a la obra civil	1						1	1	1							4	9		
		Dragado de mantenimiento						1	1	1	1				1			5			

Medio			Abiótico								Biótico					Perceptual	Total por actividad específica	Total por actividad general	Total por Etapa
Componente			Suelo	Sustrato rocoso	Hidrología subterránea	Relieve	Fondo marino	Columna de agua	Aire	Flora terrestre	Fauna terrestre	Fauna marina	Paisaje						
Factor			Cantidad	Calidad	Cantidad	Calidad	Línea de costa	Batimetría	Calidad	Calidad atmosférica	Confort sonoro	Cobertura vegetal	Hábitat	Distribución	Hábitat	Distribución	Calidad visual		
Etapa	Acción general	Acción específica	Cantidad	Calidad	Cantidad	Calidad	Línea de costa	Batimetría	Calidad	Calidad atmosférica	Confort sonoro	Cobertura vegetal	Hábitat	Distribución	Hábitat	Distribución	Calidad visual		
Total por Factor			2	6	1	1	2	3	7	12	12	1	1	3	3	4	4		
Total por Componente			8		1	1	2	3	7	24		1	4		7		4		
Total por Medio			46								12					4	62		

Tabla V-5. Tabla resumen de interacciones por componentes y etapas del proyecto.

(Fuente: Elaboración propia)

	Etap	Preparación del sitio (PS)	Construcción (C)	Operación y mantenimiento (OM)	Total por componente	Total por medio
Medio	Componente					
Abiótico	Suelo	5	1	2	8	46
	Estrato rocoso	1	0	0	1	
	Hidrología subterránea	1	0	0	1	
	Relieve	1	1	0	2	
	Fondo marino	1	1	1	3	
	Columna de agua	1	3	3	7	
	Aire	12	6	6	24	
Biótico	Flora terrestre	1	0	0	1	12
	Fauna terrestre	4	0	0	4	
	Fauna marina	2	2	3	7	
Perceptual	Paisaje	2	2	0	4	4
Total por etapa		31	16	15		62

Como resultado se obtuvo que el desarrollo del proyecto generara un total de 62 interacciones, de entre ellas 31 se darán en la preparación del sitio, 16 durante la construcción y 15 en la operación y mantenimiento.

Aun y cuando el proyecto presenta una gran cantidad de interacciones, estas no representan la importancia y significancia del impacto.

V.2.5. Denominación de los impactos ambientales

Una vez identificadas las interacciones en la *Red de interacciones* (Figura V-2, Figura V-3, Figura V-4) y en la *Matriz de identificación de interacciones* (Tabla V-4), se realiza un cribado para determinar los impactos ambientales que producirá el proyecto. Con lo que se obtuvieron 15 impactos ambientales, los cuales se enlistan en la siguiente tabla, indicando también las causas que los originan.

Tabla V-6. Impactos ambientales identificados.

(Fuente: Elaboración propia)

Medio	Componente	Factor	Impacto	Originado por
Abiótico	Suelo	Cantidad	Pérdida de suelo	Por la remoción de vegetación Por excavaciones
		Calidad	Alteración en la calidad del suelo	Por contaminación debido al inadecuado manejo de residuos (no peligrosos, peligrosos y manejo especial) Por compactación debido a la alteración de textura y composición, en las excavaciones y compactaciones.
	Estrato rocoso	Cantidad	Pérdida del estrato rocoso	Por la eliminación del sustrato rocoso por las actividades de excavación.
	Hidrología subterránea	Calidad	Alteración en la calidad del agua subterránea	Por contaminación debido al inadecuado manejo de residuos (no peligrosos, peligrosos y manejo especial)
				Por las actividades de excavación
	Relieve	Forma	Modificación de la línea de costa	Por la acumulación de sedimentos en la línea de costa por la construcción de la escollera
				Por actividades de excavación y dragado.
	Fondo marino	Forma (batimetría)	Modificación de la batimetría del fondo marino	Por actividades de dragado.
	Columna de agua	Calidad	Alteración en la calidad de la columna de agua	Por contaminación debido al inadecuado manejo de residuos
				Por la re suspensión de sedimentos (turbidez) debido a la construcción de los rompeolas y el dragado.
Aire	Calidad atmosférica	Contaminación atmosférica	Por emisión de polvo y gases de combustión ocasionados por el uso de maquinaria, equipo.	
	Confort sonoro	Alteración al confort sonoro	Por el aumento de niveles de ruido en el ambiente ocasionado por el uso de maquinaria, equipo	

Medio	Componente	Factor	Impacto	Originado por
Biótico	Flora terrestre	Cobertura vegetal	Pérdida de cobertura vegetal	Por la remoción de vegetación.
	Fauna terrestre	Hábitat	Afectación al hábitat terrestre	Por la remoción de la cobertura vegetal.
		Distribución	Desplazamiento de individuos de fauna terrestre	Por la afectación al hábitat y la generación de ruido.
	Fauna marina	Hábitat	Afectación al hábitat marino	Por la construcción de los rompeolas, y el tránsito de embarcaciones.
Distribución		Desplazamiento de individuos de fauna marina	Por la construcción de los rompeolas y el tránsito de embarcaciones Incluye: especies en toda la columna de agua (ictiofauna y del bentos)	
Perceptual	Paisaje	Calidad visual	Modificación del paisaje natural	Por la construcción del proyecto.

V.2.6. Identificación de impactos ambientales por etapa

Después de denominar los impactos ambientales, se procedió a identificar que impactos ambientales se producirán en cada una de las etapas de proyecto. Esto se realizó con la ayuda de la *Matriz de identificación de interacciones* (Tabla V-4), de acuerdo con las interacciones identificadas por factor con cada etapa del proyecto.

Tabla V-7. Identificación de impactos ambientales por etapa.

Impacto	Preparación del sitio	Construcción	Operación y mantenimiento
Pérdida de suelo	✓		
Alteración en la calidad del suelo	✓	✓	✓
Pérdida del estrato rocoso	✓		
Alteración en la calidad del agua subterránea	✓		
Modificación de la línea de costa	✓	✓	
Modificación de la batimetría	✓	✓	✓
Alteración en la calidad de la columna de agua	✓	✓	✓
Contaminación atmosférica	✓	✓	✓
Alteración al confort sonoro	✓	✓	✓
Pérdida de cobertura vegetal	✓		
Afectación al hábitat terrestre	✓		
Desplazamiento de individuos de fauna terrestre	✓		
Afectación al hábitat marino	✓	✓	✓
Desplazamiento de individuos de fauna marina	✓	✓	✓
Modificación del paisaje natural	✓	✓	
Total de impactos por etapa	15	9	7

V.3. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

De acuerdo a Gómez-Orea (2002)³, el valor de un impacto ambiental mide la gravedad de éste cuando es negativo y el “grado de bondad” cuando es positivo; en uno u otro caso, el valor se refiere a la cantidad, calidad, grado y forma en que un factor ambiental es alterado y el significado ambiental de dicha alteración. Para ello se realiza la valoración de los impactos ambientales que se obtiene por medio de los siguientes pasos que se presentan en forma general.

- a) **Determinación de la importancia.** La importancia de un impacto es una valoración, la cual expresa el alcance del efecto de una acción sobre un factor ambiental y está definida por una serie de atributos de tipo cualitativo que caracterizan dicha alteración, los cuales son los siguientes: intensidad, extensión, efecto, momento, persistencia, periodicidad, sinergia, acumulación, reversibilidad, y recuperabilidad (V Conesa Fdez. – Vítora, 2003)⁴.
- b) **Determinación de la magnitud.** La magnitud representa la cantidad y calidad del factor modificado, en términos relativos al marco de referencia adoptado⁵.
- c) **Matriz de evaluación.** A partir de la determinación de los criterios de la importancia y magnitud se realiza la matriz de evaluación de cada uno de los impactos para obtener la valoración de la importancia y magnitud.

³ Evaluación de impacto ambiental, Gómez Orea. 2002.

⁴ Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. V-Conesa Fdez. – Vítora. 2003

⁵ Para el proyecto, se refiere al SAR.

- d) **Determinación de la significancia.** Después de evaluar la importancia y magnitud de cada impacto ambiental se determina la significancia del impacto (significativo o no significativo), para posteriormente jerarquizarlos.

En el Capítulo VIII se indican a detalle los criterios utilizados para llevar a cabo las metodologías citadas.

V.3.1. Determinación de la importancia

La importancia de un impacto es una valoración que expresa el alcance del efecto de una acción sobre un factor ambiental, la cual viene definida por una serie de atributos de tipo cualitativo (para el caso del proyecto se consideraron 10 atributos) que caracterizan dicha alteración.

Por lo que tomando como base el juicio de expertos, la información presentada en el Capítulo II y IV, y la Tabla de *Impactos ambientales identificados* (Tabla V-6), se genera la columna de **Importancia** de la *Matriz de caracterización de impactos ambientales* (Tabla V-10), la cual se crea a partir del modelo propuesto por V. Conesa Fdez. – Vítora (2003) y modificado para el proyecto, donde a cada uno de los impactos ambientales se le atribuye un valor del 1 al 5 en cada uno de los 10 atributos para poder aplicar un algoritmo sencillo de suma:

$$\text{Importancia} = \text{IN} + \text{EX} + \text{EF} + \text{MO} + \text{PE} + \text{PR} + \text{SI} + \text{AC} + \text{RV} + \text{MC}$$

V.3.1.1. Criterios para la valoración de la importancia

A continuación, se presentan en forma general los criterios para cada uno de los atributos seleccionados, mientras que en el Capítulo VIII se describen detalladamente para que la autoridad pueda replicar los impactos ambientales identificados para el proyecto.

Los criterios que caracterizan la importancia del impacto, fueron obtenidos por la propuesta de V. Conesa Fdez. – Vitora (2003) y modificada a partir de la naturaleza del proyecto.

Tabla V-8. Criterios para la valoración de atributos.

Atributo	Carácter atributo	del Valor	Atributo	Carácter atributo	del Valor
INTENSIDAD * (In)	Baja	1	EXTENSIÓN (EX)	Puntual	1
	Mediana	2		Parcial	2
	Alta	3		Extenso	3
	Muy Alta	4		Total	4
	Total	5		Critica	5
EFEECTO (EF)	Indirecto	1	MOMENTO (MO)	Largo plazo	1
	Parcial	3		Mediana plazo	3
	Directo	5		Inmediato	5
PERSISTENCIA (PE)	Inmediato	1	PERIODICIDAD (PR)	Único	1
	Fugaz	2		Discontinuo	2
	Temporal	3		Periódico	4
	Pertinaz	4		Continuo	5
	permanente	5			
SINERGIA * (SI)	Baja o nula	1	ACUMULACIÓN* (AC)	No acumulativo	1
	Media	2,3,4		Acumulativo	5
	Alta	5			
REVERSIBILIDAD (RV)	Inmediata	1	RECUPERABILIDAD (MC)	Inmediata	1
	Corto plazo	2		Corto plazo	2
	Medio plazo	3		Mediano plazo	3
	Largo plazo	4		Mitigable	4
	irreversible	5		Irrecuperable	5

(*) Por la complejidad para evaluar estos Atributos se realiza una metodología diferente, que se presenta en los puntos V.3.1.2, V.3.1.3. y V.3.1.4.

V.3.1.2. Criterios para la evaluación del atributo de Intensidad

Como se mencionó anteriormente, la intensidad es el “grado” de afectación de una acción sobre un factor ambiental, el cual se basa en una calificación subjetiva que se determina por el cambio que tendrá el factor con y sin proyecto, y que está basado en una serie de criterios tanto ambientales como jurídicos.

Los criterios que se toman en cuenta son los siguientes:

- **Criterio ecosistémico:** cuando un impacto es capaz de modificar el funcionamiento de uno o más procesos del ecosistema que puedan generar un desequilibrio ecológico.
- **Criterios de calidad ambiental:** cuando el componente y/o factor se encuentran en “mal estado”, basado en estudios técnicos y científicos.
- **Criterios jurídicos:** cuando el componente y/o factor ambiental afectado se encuentra reconocido por instrumentos jurídicos (como leyes, Ordenamientos ecológicos y/o en las NOM's mexicanas) y áreas de importancia ambiental.

V.3.1.3. Criterios para la evaluación del atributo de Acumulación

El criterio principal para conocer si un impacto es acumulativo o no, es que el mismo tipo de impacto se haya o se esté dado como consecuencia de actividades y/o proyectos diferentes (dentro del SAR y en las áreas contiguas al proyecto) al que se presenta a evaluación en esta MIA.

Para fines prácticos, el análisis de los impactos acumulativos se presenta en el punto V.4.1.

Tabla V-9. Criterios para el atributo de Acumulación.

Atributo	Criterio	Valor
Acumulativo	Las obras y /o actividades de proyectos anteriores ocasionaron el mismo impacto	5
No acumulativo	Las obras y /o actividades de proyectos anteriores no ocasionaron el mismo impacto	1

V.3.2. Determinación de la magnitud

La **magnitud**, representa la cantidad y calidad del factor modificado, y que se expresará en términos de la extensión, intensidad y duración de la alteración al componente en relación con el SAR.

Es por ello que para obtener la columna de **Magnitud** de la Matriz de caracterización de impactos ambientales (Tabla V-10) se realiza un algoritmo simple creado a partir del modelo propuesto por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (Roma 1995) y modificado para el proyecto utilizando los atributos, previamente evaluados, de IN (intensidad), EX (extensión) y PE (persistencia).

El algoritmo utilizado es el siguiente:

$$\text{Magnitud} = (\text{IN} \times 4) + (\text{EX} \times 4) + (\text{PE} \times 2)$$

V.3.3. Matriz de caracterización de impactos ambientales

Como resultado de la aplicación de los pasos descritos anteriormente, se obtuvo la Matriz de caracterización de impactos ambientales (ver siguiente tabla) misma que permite:

- a) Evaluar los impactos ambientales generados en función de la importancia y magnitud en cada una de las etapas del proyecto.
- b) Conocer los componentes ambientales más afectados por el proyecto.
- c) Identificar el nivel de importancia y magnitud de los impactos.

V.3.4. Evaluación final de los impactos ambientales.

Para conocer la evaluación final de los impactos ambientales, es necesario ver en conjunto la evaluación de la Importancia y de la Magnitud y no como evaluaciones únicas. Para ello se realiza la siguiente fórmula sencilla, obteniendo así los valores de la columna de **Evaluación final**.

$$\text{Evaluación final del impacto} = \text{Importancia} + \text{Magnitud}$$

A continuación se presenta la *Matriz de caracterización de impactos ambientales* con los resultados de la evaluación de los 10 atributos, la importancia, magnitud y la evaluación final de cada impacto ambiental generado en cada una de las etapas de desarrollo del proyecto.

Las etapas en las que se genera la afectación están determinadas de acuerdo con la *Matriz de identificación de interacciones* (Tabla V-4) Donde:

PS: preparación del sitio

C: Construcción

OM: operación y mantenimiento

También se presentan en números de color rojo las evaluaciones más altas (5).

Tabla V-10. Matriz de caracterización de impactos ambientales.

(Fuente: Elaboración propia).

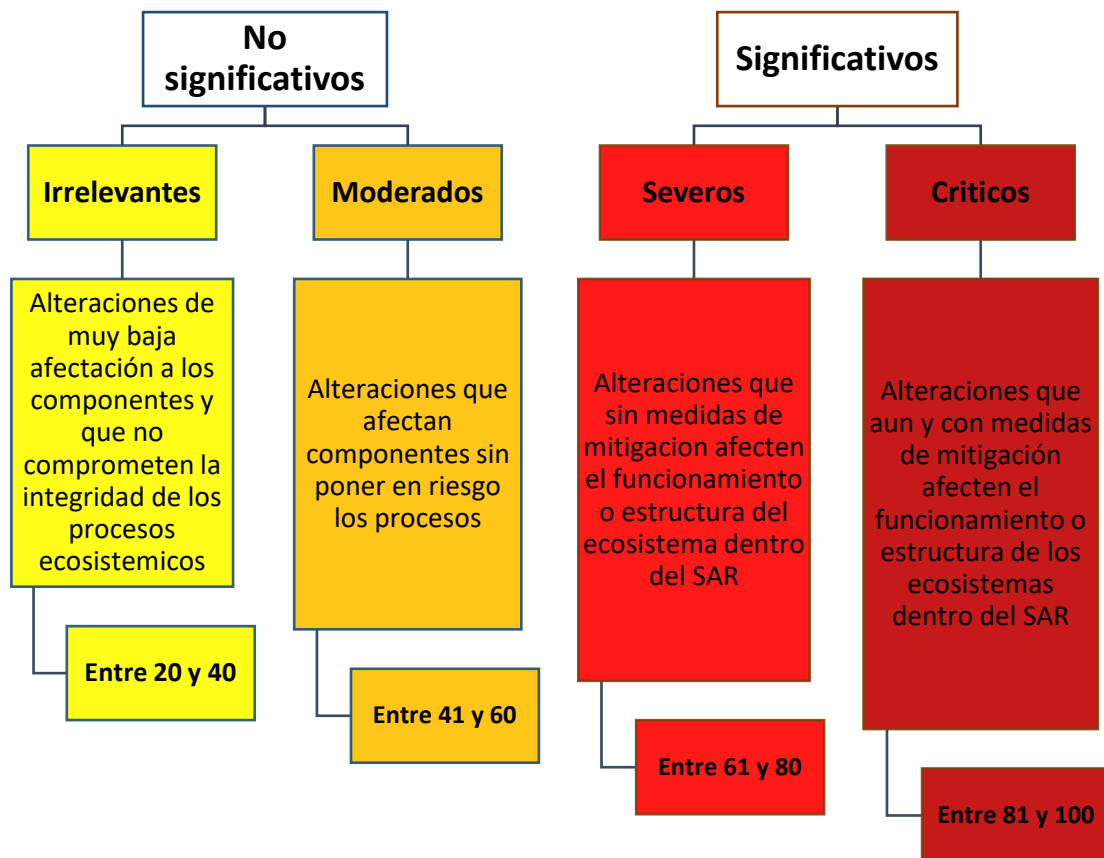
Impacto	Etapas	In	EX	EF	MO	PE	PR	SI	AC	RV	MC	Importancia	Magnitud	SIGNIFICANCIA
Pérdida de suelo	PS	3	2	5	5	5	1	5	5	5	5	41	30	71
	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	O y M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alteración en la calidad del suelo	PS	1	2	3	5	2	2	1	5	2	4	27	16	43
	C	1	2	3	5	2	2	1	5	2	4	27	16	43
	O y M	1	1	3	5	2	4	1	5	2	4	28	12	40
Pérdida del sustrato rocoso	PS	1	1	5	5	5	1	5	1	5	5	34	18	52
	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	O y M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alteración en la calidad del agua subterránea	PS	2	3	3	3	2	4	1	5	2	5	30	24	54
	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	O y M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Modificación de la línea de costa	PS	1	2	5	5	5	1	3	5	5	5	37	22	59
	C	1	2	5	5	5	1	3	5	5	5	37	22	59
	O y M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Modificación de la batimetría	PS	1	2	5	5	4	1	2	1	5	5	31	20	51
	C	1	1	5	5	4	1	2	1	5	5	29	16	45
	O y M	1	1	5	5	2	1	1	1	5	4	26	12	38
Alteración en la calidad de la columna de agua	PS	2	2	5	5	2	2	2	5	3	3	31	20	51
	C	2	2	5	5	2	2	2	5	3	3	31	20	51
	O y M	2	1	3	5	2	2	2	5	3	4	29	16	45
Contaminación atmosférica	PS	1	2	3	5	1	2	1	5	1	1	22	14	36
	C	1	2	3	5	1	2	1	5	1	1	22	14	36

Impacto	Etapa	In	EX	EF	MO	PE	PR	SI	AC	RV	MC	Importancia	Magnitud	SIGNIFICANCIA
Alteración al confort sonoro	O y M	1	1	3	5	1	2	1	5	1	1	21	10	31
	PS	1	2	3	5	1	2	1	5	1	1	22	14	36
	C	1	2	3	5	1	2	1	5	1	1	22	14	36
Pérdida de cobertura vegetal	O y M	1	1	3	5	1	2	1	5	1	1	21	10	31
	PS	3	2	5	5	5	1	5	5	5	5	41	30	71
	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Afectación al hábitat terrestre	O y M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PS	2	2	5	5	4	1	1	5	3	5	33	24	57
	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desplazamiento de individuos de fauna terrestre	O y M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PS	1	3	3	5	3	1	1	5	3	4	29	22	51
	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Afectación al hábitat marino	O y M	2	3	5	5	2	2	1	5	4	4	33	24	57
	PS	2	3	5	5	2	2	1	5	4	4	33	24	57
	C	2	3	5	5	2	2	1	5	4	4	33	24	57
Desplazamiento de individuos de fauna marina	O y M	2	1	3	3	2	2	1	5	4	4	27	16	43
	PS	1	3	5	5	2	2	1	5	2	4	30	20	50
	C	1	3	5	5	2	2	1	5	2	4	30	20	50
Modificación del paisaje natural	O y M	1	1	3	3	2	2	1	5	2	4	24	12	36
	PS	1	2	3	5	5	1	1	5	5	5	33	22	55
	C	1	2	3	5	5	1	1	5	5	5	33	22	55
	O y M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

V.3.4.1. Significancia

Con base en la definición de impacto ambiental significativo del reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, en su fracción IX del Artículo 3° y en los criterios jurídicos y ambientales descritos a través del Capítulo VIII, a continuación se acotan los rangos de valores finales de cada impacto ambiental para reconocer la significancia de cada uno de ellos.

Figura V-6. Rangos de significancia.
(Fuente: Elaboración propia)



A partir de la figura anterior se puede determinar la significancia y jerarquizar cada impacto ambiental en cada una de las etapas del proyecto (ver siguientes tablas).

Tabla V-11. Significancia de los impactos ambientales

*NE: el impacto ambiental no se produce en esa etapa. (Fuente: Elaboración propia).

Impacto	Significancia por etapa		
	Preparación del sitio	Construcción	Operación y mantenimiento
Pérdida de suelo	71	NE	NE
Alteración en la calidad del suelo	43	43	40
Pérdida de estrato rocoso	52	NE	NE
Alteración en la calidad del agua subterránea	54	NE	NE
Modificación de la línea de costa	59	59	NE
Modificación de la batimetría	51	45	38
Alteración en la calidad de la columna de agua	51	51	45
Contaminación atmosférica	36	36	31
Alteración al confort sonoro	36	36	31
Pérdida de cobertura vegetal	71	NE	NE
Afectación al hábitat terrestre	57	NE	NE
Desplazamiento de individuos de fauna terrestre	51	NE	NE
Afectación al hábitat marino	57	57	43
Desplazamiento de individuos de fauna marina	50	50	36
Modificación del paisaje natural	55	55	NE

Tabla V-12. Jerarquización por significancia de los impactos ambientales en cada etapa del proyecto.

*EvFi: Evaluación final. (Fuente: Elaboración propia).

Etapa		Preparación del sitio		Construcción		Operación y mantenimiento	
Significancia		EvFi	Impacto ambiental	EvFi	Impacto ambiental	EvFi	Impacto ambiental
Significativos	Críticos	-	-	-	-	-	-
	Severos	71	Pérdida de suelo	-	-	-	-
		71	Pérdida de cobertura vegetal	-	-	-	-
	Moderados	59	Modificación de la línea de costa				
		57	Afectación al hábitat terrestre	59	Modificación de la línea de costa		
		57	Afectación al hábitat marino				
		52	Perdida de estrato rocoso	57	Afectación al hábitat marino		
		55	Modificación del paisaje natural	55	Modificación del paisaje natural	45	Alteración en la calidad de la columna de agua
		51	Modificación de la batimetría				
		54	Alteración en la calidad del agua subterránea	51	Alteración en la calidad de la columna de agua	43	Afectación al hábitat marino
51		Alteración en la calidad de la columna de agua		Modificación de la batimetría			
51		Desplazamiento de individuos de fauna terrestre	45	Desplazamiento de individuos de fauna marina			
50		Desplazamiento de individuos de fauna marina	50				
No significativos	Irrelevantes	43	Alteración en la calidad del suelo	43	Alteración en la calidad de suelo		
						40	Alteración en la calidad del suelo
						38	Modificación de la batimetría del fondo marino
		36	Contaminación atmosférica	36	Contaminación atmosférica	36	Desplazamiento de individuos de fauna marina
		36	Alteración al confort sonoro	36	Alteración al confort sonoro		
						31	Contaminación atmosférica
						31	Alteración al confort sonoro

V.4. ANÁLISIS DE IMPACTOS ACUMULATIVOS Y RESIDUALES

V.4.1. Impactos Acumulativos

El REIA en su fracción VII del Artículo 3º, describe a un impacto acumulativo como el impacto donde su efecto en el ambiente resulte la suma 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.

En el Capítulo IV se realizó el análisis de del componentes y procesos abióticos y bióticos para poder concluir en el diagnóstico ambiental del SAR, esto representa la “línea base”.

El análisis de los impactos ambientales debe basarse en la determinación de las desviaciones de la “línea base” originada por efectos aditivos. Para lo anterior, no es suficiente con evaluar los impactos ambientales del proyecto como si éste fuera la única fuente de cambio en el SAR, sino que también es importante identificar los cambios ocasionados en el ambiente que se están generando o que ocurrieron como resultado de fenómenos naturales u otras actividades humanas en la región, y que pueden tener un efecto aditivo o acumulativo sobre los mismos componentes ambientales con los que el proyecto va a interactuar.

V.4.1.1. Identificación de efectos acumulativos por otras obras y actividades dentro del SAR.

Dentro del SAR actualmente solo se encuentra actividades y obras ecoturísticas en la zona terrestre y la zona marina que modifican poco a poco el ambiente. Estas actividades y obras responden al constante desarrollo turístico de la costa de Yucatán.

Las principales actividades y obras en el SAR se pueden simplificar en las siguientes clasificaciones:

Asentamientos turísticos: dentro de esta categoría se presentan las obras turísticas como son hoteles, parques turísticos, vivienda turística y carreteras de conexión.

V.4.1.2. Matriz de identificación de impactos anteriores al proyecto

Para determinar los componentes afectados previamente por los impactos de las obras y actividades anteriores en el SAR, se realizó la siguiente matriz, en la cual se identifican los impactos producidos por las obras y actividades anteriores DEL SAR, y los impactos posiblemente generados por el presente proyecto.

Se incluye una columna donde se coloca el valor de acuerdo al criterio de acumulación:

- **Acumulativo – valor de 5.** Las obras y /o actividades de proyectos anteriores ocasionaron el mismo impacto
- **No acumulativo – valor de 1.** Las obras y /o actividades de proyectos anteriores no ocasionaron el mismo impacto

Tabla V-13. Matriz de identificación de impactos ambientales por obras y actividades en el SAR y proyecto.

(Fuente: Elaboración propia).

Impacto ambiental	Asentamientos turísticos	Proyecto	Acumulativo
Pérdida de suelo	X	X	SI -5
Alteración en la calidad del suelo	X	X	SI -5
Pérdida de estrato rocoso	-	X	NO 1
Alteración en la calidad del agua subterránea	X	X	SI -5
Modificación de la línea de costa	X	X	SI -5
Modificación de la batimetría	-	X	NO 1
Alteración en la calidad de la columna de agua	X	X	SI -5
Contaminación atmosférica	X	X	SI -5
Alteración al confort sonoro	X	X	SI -5
Pérdida de cobertura vegetal	X	X	SI -5
Afectación al hábitat terrestre	X	X	SI -5
Desplazamiento de individuos de fauna terrestre	X	X	SI -5
Afectación al hábitat marino	X	X	SI -5
Desplazamiento de individuos de fauna marina	X	X	SI -5
Modificación del paisaje natural	X	X	SI -5

V.4.2. Impactos Residuales

Con la aplicación de medidas de prevención y mitigación, es factible que un impacto ambiental que puede alterar el funcionamiento de cierto componente o proceso eco sistémico dentro del SAR, reduzca su significancia. Sin embargo, invariablemente, existen impactos cuyos efectos persisten aún con la aplicación de medidas, y que son denominados como residuales. Así también el REIA en su fracción X del Artículo 3°, describe a un impacto residual como el impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.

La identificación y valoración de este tipo de impactos ambientales es fundamental, ya que en última instancia representan el efecto inevitable y permanente del proyecto sobre el ambiente.

Para el caso del proyecto, la identificación de los impactos residuales se llevó a cabo en función del atributo de la Recuperabilidad (MC), y que hayan sido calificados con valor máximo (5); es decir, que los factores no podrán volver a su estado original aún con la aplicación de medidas. Derivado de lo anterior se tiene que el proyecto generará los siguientes impactos ambientales residuales:

Tabla V-14. Impactos ambientales residuales.

Impacto residual	Atributo de recuperabilidad (MC)
Pérdida del suelo	5
Pérdida del estrato rocoso	5
Alteración a la calidad del agua subterránea	5
Modificación de la línea de costa	5
Modificación de la batimetría del fondo marino	5
Pérdida de la cobertura vegetal	5
Afectación al hábitat terrestre	5
Modificación del paisaje natural	5

V.5. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.

Una vez identificados los impactos ambientales y su significancia se procede a realizar la descripción y análisis de ellos. El análisis se presenta para cada impacto ambiental, describiendo los siguientes elementos:

- a) Impacto ambiental
- b) Medio, componentes y factor afectado
- c) Etapas donde se producirá el impacto
- d) Significancia del impacto por etapa
- e) Descripción y justificación para dicha determinación

V.5.1. Pérdida de suelo

Medio	Componente	Factor
Abiótico	Suelo	Cantidad
Preparación de sitio (PS)	Construcción (C)	Operación y mantenimiento (OM)
Significativo – severo		No hay interacción

Descripción

La remoción de vegetación no solo implicará la pérdida de cobertura vegetal sino que también causará la pérdida de suelo, ya que este queda expuesto, lo que represente un impacto ambiental. Este impacto se efectuará en la etapa de preparación del sitio, al momento de realizar la remoción de la vegetación en la superficie terrestre del área del proyecto y por las excavaciones. El impacto se considera **residual** debido a que en estas áreas no habrá un sustento para el restablecimiento de vegetación.

Cabe destacar que actualmente, en el SAR se llevan a cabo actividades turísticas que han propiciado la pérdida del suelo, principalmente a causa de la remoción de vegetación para convertir zonas de vegetación a zonas con centros turísticos y asentamientos a humanos, por lo que son considera un impacto **acumulativo**.

Con base en estos argumentos, el impacto de Pérdida de suelo es considerado como SIGNIFICATIVO.

V.5.2. Alteración en la calidad del suelo

Medio	Componente	Factor
Abiótico	Suelo	Calidad
Preparación de sitio (PS)	Construcción (C)	Operación y mantenimiento (OM)
No Significativo - Moderado		No Significativo – irrelevante

Descripción

La alteración a la calidad del suelo se dará por compactación y/o contaminación en las diferentes etapas del proyecto, lo que se considera un impacto ambiental hacia el componente suelo.

- **Por compactación**

Este impacto se generará en la primera etapa del proyecto, en la eliminación de la cobertura vegetal y de suelo en las actividades de desmonte y despalme, ya que se presentará la compactación de suelo que se pudiera dar en las superficies donde haya tránsito pesado de maquinaria y superficies en donde se colocarán la maquinaria.

Debido a la compactación del suelo y suelo desnudo, también se presentará la disminución de la capacidad de infiltración del agua de lluvia hacia el subsuelo sin embargo esta será puntual.

- **Por contaminación**

Este impacto se generará en las tres etapas de desarrollo del proyecto, en la realización de las diferentes actividades que lo conforman, ya que inevitablemente se generarán diferentes tipos de residuos sólidos y líquidos (Para un mayor detalle de los tipos de residuos generados por el proyecto ver Capítulo II y VI). En forma general los residuos podrían ser generados por:

- Las actividades propias de las personas que ocupan el lugar,
- Por derrames accidentales de hidrocarburos por el uso de maquinaria y equipo
- Por los lixiviados de los diversos residuos sólidos,
- Por el inadecuado manejo de los sanitarios portátiles

Como se describe en el Capítulo IV, el suelo en el SAR generalmente se encuentra en buenas condiciones, pero los centros turísticos presentes en el SAR han ido contaminados por derrames de hidrocarburos y residuos generados por diversas actividades turísticas, por lo que la contaminación que pudiera generar el proyecto se adicionaría, siendo un impacto **acumulativo**.

No obstante, la alteración de la calidad del suelo sería puntual solo donde se encuentren las obras del proyecto y en los alrededores donde se ubique el almacenamiento de residuos y/o el tránsito de maquinaria y personas. Además con la aplicación adecuada de medidas de prevención y mitigación, el impacto puede evitarse o minimizarse.

Con base en estos argumentos, el impacto de Alteración a la calidad del suelo es considerado como NO SIGNIFICATIVO.

V.5.3. Pérdida del estrato rocoso

Medio	Componente	Factor
Abiótico	Estrato rocoso	Cantidad
Preparación de sitio (PS)	Construcción (C)	Operación y mantenimiento (OM)
No Significativo - moderado		No hay interacción

Descripción

En la etapa de preparación del sitio, se realizará la excavación de la zona terrestre, hasta los – 3 m NBM (ver Capítulo II), lo que causará la pérdida del estrato rocoso, representando un impacto ambiental.

Como se menciona en el Capítulo IV, el relieve de la Península de Yucatán está conformado por un relieve de tipo kárstico, el cual presenta cavidades de diferentes tamaños generados por la disolución de la roca y que además contienen agua dulce proveniente de un sistema de fracturas que permiten el flujo de aguas subterráneas a la zona marina. El SAR y área de proyecto presenta la misma configuración descrita.

La pérdida de estrato rocoso, por ser de tipo de roca kárstica, causa la modificación de la línea de costa por el cambio de morfología en la zona de excavación.

También el impacto se considera como **residual** y permanente ya que no es posible volver restablecer el relieve y la roca original que se encuentran en la zona de afectación del proyecto.

Debido principalmente a la extensión y profundidad de la excavación, el impacto de modificación a la forma del relieve sea valorado como NO SIGNIFICATIVO.

V.5.4. Alteración en la calidad del agua subterránea

Medio	Componente	Factor
Abiótico	Hidrología subterránea	Calidad
Preparación de sitio (PS)	Construcción (C)	Operación y mantenimiento (OM)
No Significativo - Moderado		No hay interacción

Descripción

La contaminación por la infiltración de residuos líquidos y/o lixiviados hacia el subsuelo y la introducción del agua marina por la excavación, provocan una alteración a la calidad del agua subterránea, lo que representa un impacto ambiental.

- **Por infiltración de residuos líquidos**

Durante la etapa de preparación del sitio se generarán residuos líquidos derivados de las diferentes actividades para la construcción de obras. Por lo que podría haber derrames accidentales de residuos de hidrocarburos provenientes de la maquinaria pesada utilizada, de contenedores o productos no biodegradables. Y como se describe en el Capítulo IV, el suelo es de alta permeabilidad por lo que los residuos líquidos pueden infiltrarse y contaminar el agua subterránea.

No obstante, la contaminación por residuos sería puntual, ya que solo se presentaría donde se encuentre almacenados los residuos o por donde circule la maquinaria y equipo. Además con el adecuado manejo de residuos el impacto podría aminorarse.

- **Por la introducción del agua marina en la excavación**

Al momento de realizar la excavación se produce la pérdida del estrato rocoso permitiendo que el agua de la zona marina rellene la nueva “oquedad”. Esto provoca

que la cuña salina avance, sin embargo esto solo se presentará en las áreas inmediatas a la excavación por donde el agua de mar puede infiltrarse con mayor facilidad. Como es de conocerse, por la densidad, el agua de mar permanece debajo del agua dulce. Cabe mencionar que en la península de Yucatán la cuña salina puede entrar varios kilómetros hacia la zona continental, como se describe en el capítulo IV.

En este caso el impacto ambiental se considera como **residual** y permanente ya que el agua marina permanecerá en el área de dragado durante el tiempo de vida útil de proyecto.

Es por ello, bajo el contexto anterior que el impacto de alteración a la calidad del agua subterránea sea valorado como NO SIGNIFICATIVO.

V.5.5. Modificación de la línea de costa

Medio	Componente	Factor
Abiótico	Relieve	Forma
Preparación de sitio (PS)	Construcción (C)	Operación y mantenimiento (OM)
No Significativo - moderado		No hay interacción

Descripción

La depositación de los sedimentos por las corrientes marinas y la eliminación del estrato rocoso en la zona terrestre producirán una modificación de la línea de costa, lo que representa un impacto ambiental.

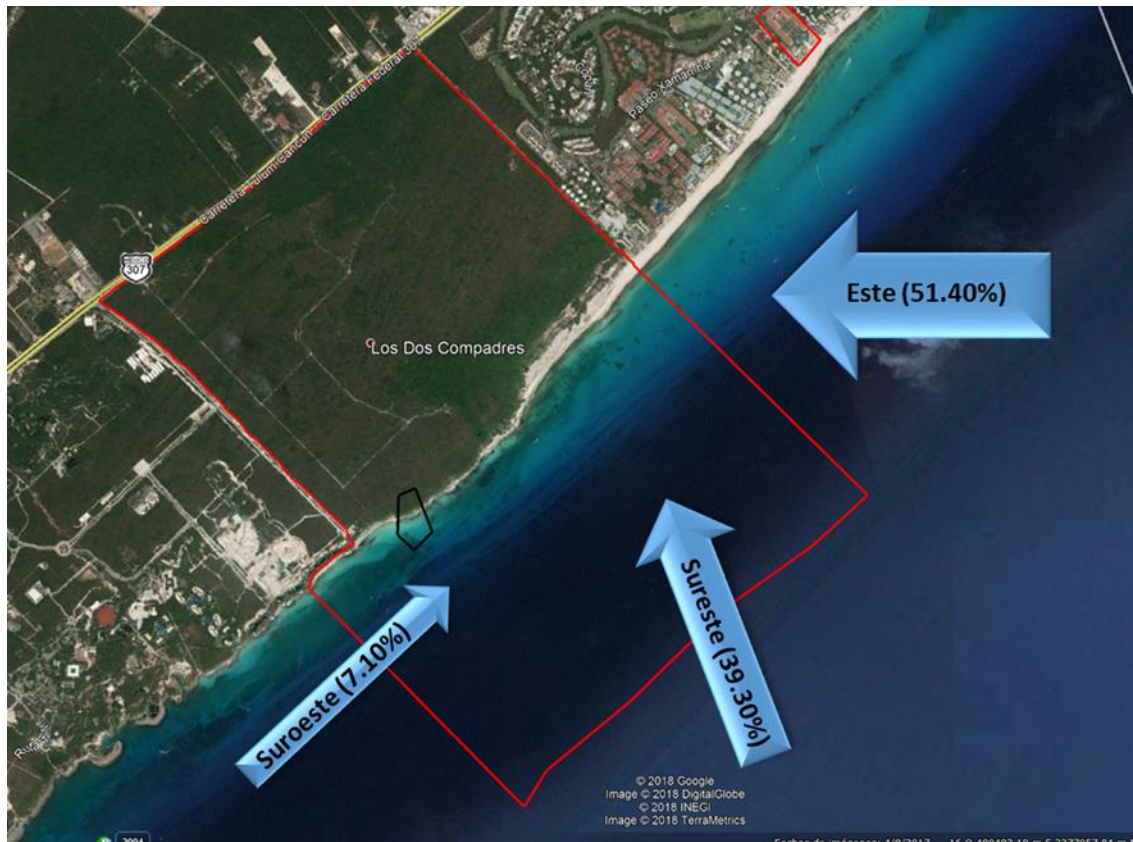
Conforme al análisis realizado en el capítulo IV, el proyecto no modificará los procesos naturales de erosión y sedimentación que se generan en las playas aledañas, esto se justifica porque de acuerdo con el análisis del oleaje en la zona

de estudio las tres direcciones con mayor frecuencia de ocurrencia corresponden al Este (51.40%), Sureste (39.30%) y Noreste (7.10%). Siendo las olas del sureste las que corresponden a oleaje mayores a 2 m (relacionados con eventos ciclónicos) y las olas del Este (menores a 2 m) generadas por los vientos locales en la zona.

Así mismo, de las simulaciones realizadas se observó que el oleaje proveniente del Noreste y Este tiene capacidad de transporte de sedimentos de Norte a sur, compensando el transporte de sedimentos que se da de sur a norte durante los eventos ciclónicos que se presentan por en la zona.

Por lo anterior, el oleaje incidente con dirección hacia el este es uno de los principales promovedores de los procesos de sedimentación en la playa al norte del SAR. Como referencia se muestra en la siguiente imagen el oleaje incidente en el área de estudio.

Figura V-7. Oleaje.



Otro factor que promueve la formación de la playa al norte del SAR es la configuración de la línea de costa rocosa y ligeramente saliente que se ubica en la parte central y sur del SAR, lo cual ha permitido el resguardo de la playa norte para evitar su erosión (ver siguiente figura de referencia).

Figura V-8. Configuración de Línea de Costa.



La modificación de la línea de costa se considera como un impacto **residual** y permanente, ya es imposible volver restablecer la roca que se eliminó por la excavación, así también los rompeolas que provocan la depositación de sedimentos permanecerán por toda la vida útil del proyecto (ver Capítulo II).

Bajo los argumentos anteriores el impacto de modificación de la línea de costa es valorado como NO SIGNIFICATIVO.

V.5.6. Modificación de la batimetría del fondo marino

Medio	Componente	Factor
Abiótico	Fondo marino	Forma
Preparación de sitio (PS)	Construcción (C)	Operación y mantenimiento (OM)
No Significativo – moderado		No hay interacción

Descripción

El dragado en el fondo marino para la apertura del área de dragado causará la modificación de la batimetría del fondo marino, lo que representa un impacto ambiental ya que se requiere el dragado de hasta 3 m de profundidad aproximadamente (ver especificaciones en el capítulo II).

Este impacto también implica la afectación del hábitat bentónico, y por lo tanto también la afectación a individuos de fauna bentónica que se encuentren en el lugar. Hay que recordar que la modificación que se hace a la batimetría durará el tiempo que tenga de vida útil el proyecto, por lo que es considerado un impacto **residual**.

Debido a la profundidad y extensión del dragado, y que la afectación causa otros impactos, **es que el impacto de modificación de la batimetría del fondo marino es valorado como NO SIGNIFICATIVO.**

V.5.7. Alteración en la calidad de la columna de agua

Medio	Componente	Factor
Abiótico	Columna de agua	Calidad
Preparación de sitio (PS)	Construcción (C)	Operación y mantenimiento (OM)
No Significativo - Moderado		

Descripción

La re suspensión de sedimentos por el dragado (que provoca el aumento de turbidez y el aumento de disponibilidad de materia orgánica y contaminantes) y la contaminación del agua por el inadecuado manejo de residuos sólidos y líquidos, podrían causar la alteración a la calidad del agua de la columna de agua lo que representa un impacto ambiental.

Hay que recordar que durante el dragado se generarán la suspensión de sedimentos desde el punto donde se realice el dragado.

- **Por suspensión de sedimentos (turbidez)**

Durante las actividades de dragado, se creará una pluma de dispersión que provocará la sedimentación de partículas gruesas y la suspensión de sólidos finos los cuales aumentarán la turbidez en la columna de agua.

Como es de conocerse la turbidez es la pérdida de la transparencia del agua debido a la presencia de partículas en suspensión, dependiendo el grado de turbidez se puede conocer la calidad del agua. La turbidez tiene diversos efectos sobre el ambiente:

a) Causa el aumento de temperatura del agua ya que las partículas suspendidas absorben la radiación infrarroja, lo que también disminuye la cantidad de oxígeno disuelto ocasionando afectaciones a la flora y fauna marina.

b) Causa la disminución del fitoplancton ya que no puede realizar la fotosíntesis debido a que las partículas en suspensión no permiten el paso de la luz, disminuyendo aún más el oxígeno disuelto.

Sin embargo el proyecto aumentará temporalmente la turbidez de la columna de agua mientras duren las actividades de dragado (en la etapa de preparación del sitio y mantenimiento).

- **Por suspensión de sedimentos (mayor disponibilidad de nutrientes y metales pesados)**

Durante las actividades de dragado provocarán la re suspensión de los sedimentos, esta acción conlleva el aumento de la disponibilidad nutriente y metales pesados.

- **Por contaminación**

La columna de agua podría verse contaminada por el derrame accidental de hidrocarburos provenientes de las embarcaciones, maquinaria o equipo utilizados para realizar el dragado y excavación. El impacto también se podría generar por el inadecuado manejo de residuos líquidos durante la llegada y salida de embarcaciones al atracadero.

Se debe considerar que en la zona marina existe tráfico de embarcaciones que han propiciado la contaminación de la columna de agua por el derrame de hidrocarburos que arriban a los puertos de marítimos de Playa del Carmen -Cozumel, que se encuentra a 5 km y a 3 km, por lo que no se considera un impacto **acumulativo**.

Con base en estos argumentos, el impacto de Alteración en la calidad de la columna de agua es considerado como NO SIGNIFICATIVO.

V.5.8. Contaminación atmosférica

Medio	Componente	Factor
Abiótico	Aire	Calidad atmosférica
Preparación de sitio (PS)	Construcción (C)	Operación y mantenimiento (OM)
No Significativo – irrelevante		

Descripción

Las emisiones de gases de combustión y la suspensión de polvos en el ambiente ocasionado por el uso de maquinaria y equipo generarán contaminación atmosférica, lo que representa un impacto ambiental. Este impacto se producirá durante las diferentes actividades de las etapas de preparación del sitio, construcción y operación y mantenimiento, ya que será necesaria la utilización de maquinaria pesada la cual emite gases de combustión. Específicamente durante las actividades de excavación, construcción de la escollera, compactación y nivelación, se generará la suspensión de partículas (polvo).

Como se describe en el Capítulo IV, los vientos predominantes en temporada de octubre a diciembre vienen del oeste noroeste y suroeste, y en marzo a diciembre los vientos vienen del sureste con una velocidad de 6m/s lo que significa una mayor dispersión de los vientos lo que permitirá el esparcimiento de los gases de combustión y polvos. Siendo que en abril julio y septiembre son los meses en que el viento tiene una menor velocidad.

También se toma en cuenta que las fuentes que generará el impacto son puntuales y temporales (maquinaria), ya que solo se darán durante las horas laborales, apegándose a las normas aplicables en materia de gases de combustión; NOM-041-SEMARNAT-2006, NOM-043-SEMARNAT-1993, NOM-045-SEMARNAT-

2006. Además las actividades se realizarán en un período de tiempo muy corto y se ubicarán en un espacio abierto donde los gases de combustión y polvos se dispersan rápidamente.

Con base en estos argumentos, el impacto de Contaminación atmosférica es considerado como NO SIGNIFICATIVO.

V.5.9. Alteración al confort sonoro

Medio	Componente	Factor
Abiótico	Aire	Confort sonoro
Preparación de sitio (PS)	Construcción (C)	Operación y mantenimiento (OM)
No Significativo – irrelevante		

Descripción

El aumento de decibles en el ambiente ocasionado por la construcción y operación del proyecto producirá una alteración al confort sonoro, lo que representa un impacto ambiental.

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, durante las actividades de desmonte y despalme, excavaciones, construcción de las obras, será necesaria la utilización de equipo y maquinaria pesada la cual producirá niveles de ruido que se percibirán mayormente en el sitio donde se encuentren operando estos equipos. Siendo un impacto puntual. También durante la etapa de operación, el impacto se presentara por la operación de las embarcaciones que llegarán al atracadero.

Dentro del SAR el nivel de ruido varia de tal forma que en los sitios donde existe una mayor densidad de vegetación el ruido es menor, caso contrario ocurre en las

áreas donde se localiza la mayor cantidad de personas en las áreas donde se realizan actividades ecoturísticas (Ver Capítulo). En cuanto a la zona marina, el polígono del proyecto se encuentra a 5 km de la ruta marítima de playa del Carmen a Cozumel, y a 3 km terminal marítima Playa del Carmen – Cozumel, los cuales son los puntos de ruido marítimo más cercanos.

Cabe mencionar en las etapas donde se producirá el ruido, este solo se producirá en días y horarios laborales conforme a la NOM-081-SEMARNAT-1994, por lo que solo será de manera temporal y por periodos cortos de tiempo. Además de que las actividades que producen ruido se encuentra en un espacio abierto donde será muy factible que el ruido pueda dispersarse rápidamente.

Con base en estos argumentos, el impacto de Alteración al confort sonoro es considerado como NO SIGNIFICATIVO.

V.5.10. Pérdida de cobertura vegetal

Medio	Componente	Factor
Biótico	Flora terrestre	Cobertura vegetal
Preparación de sitio (PS)	Construcción (C)	Operación y mantenimiento (OM)
Significativo - Severo	No hay interacción	

Descripción

La remoción de vegetación producirá la pérdida de cobertura vegetal de los ecosistemas presentes en el polígono del proyecto y la pérdida de los beneficios de los servicios eco sistémicos, que además representa el hábitat de la fauna que se encuentre ahí, por lo que se considera un impacto ambiental. Además el impacto se considera **residual** debido a que el proyecto considera realizar una excavación, por lo que no habrá un sustento para el restablecimiento de vegetación.

En la etapa de preparación del sitio, el impacto se producirá en la zona terrestre durante las actividades desmonte y despalme de las superficies de ocupación de las obras y donde se realizara la excavación (Para mayor información acerca de las áreas ver Capítulo II). La vegetación que se encuentra en el polígono del proyecto es de *vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia*. Un dato importante de mencionar es que actualmente predominan los elementos de una vegetación secundaria; lo que indica que es una vegetación sucesional. Sin embargo esta vegetación se encuentra bien consolidada no solamente en el SAR sino también en el área costera de Yucatán (ver Capítulo IV).

Como se describe en el Capítulo IV, la vegetación en el SAR ha ido reduciendo para poder realizar la construcción de los asentamientos humanos y centros turísticos, por lo que la pérdida de cobertura vegetal se adicionaría, siendo un

impacto **acumulativo**. No obstante la remoción de vegetación solo sería puntual solo en el área de dragado.

Es por ello, que bajo el contexto anterior, el impacto de pérdida de la cobertura vegetal sea valorado como SIGNIFICATIVO.

V.5.11. Afectación al hábitat terrestre

Medio	Componente	Factor
Biótico	Fauna terrestre	Hábitat terrestre
Preparación de sitio (PS)	Construcción (C)	Operación y mantenimiento (OM)
No Significativo - Moderado	No hay interacción	

Descripción

La remoción de vegetación inherentemente afectará el hábitat ya que se modifican las condiciones y características físicas y biológicas que necesarias para la supervivencia y reproducción de las especies de fauna, por lo que se considera un impacto ambiental.

Este impacto se generará durante la etapa de preparación del sitio, como consecuencia de la remoción de vegetación en las actividades de desmonte y despálme del área de dragado. Además el impacto se considera **residual** debido a que el proyecto no tiene en cuenta el abandono del sitio, y la excavación no permitirá el restableciendo de vegetación y por lo tanto tampoco del hábitat.

También hay que tomar en cuenta que el proyecto considera la remoción de *vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia*, sin embargo esto indica que es una vegetación sucesional que se encuentra en constante presión por

la expansión de diferentes obras y actividades desarrolladas en el SAR (como actividades ecoturísticas) lo que ha ido reduciendo el hábitat para la fauna, por lo que también se considera un impacto **acumulativo**.

Con base en estos argumentos, el impacto de Afectación al hábitat es considerado como NO SIGNIFICATIVO.

V.5.12. Desplazamiento de individuos de fauna terrestre

Medio	Componente	Factor
Biótico	Fauna terrestre	Distribución terrestre
Preparación de sitio (PS)	Construcción (C)	Operación y mantenimiento (OM)
No Significativo - Moderado	No hay interacción	

Descripción

La remoción de *vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia* afectará el hábitat, por lo que inherentemente desplazará a la fauna que se encuentre en el polígono del proyecto, lo que representa un impacto ambiental.

Este impacto se generará en la etapa de preparación del sitio, durante las actividades de desmonte de la superficie para la excavación. Dichas actividades privan a la fauna de áreas de alimento y resguardo, por lo que se verá obligada a trasladarse a otras zonas donde encuentre las características físicas y biológicas necesarias para su supervivencia. También el impacto se dará por el ruido generado por el uso de la maquinaria y equipo utilizado para la construcción de obras puede ahuyentar a las especies de fauna que se encuentre en las inmediaciones del lugar donde se utilice la maquinaria y equipo, siendo un impacto puntual.

Con base en estos argumentos, el impacto de Desplazamiento de individuos de fauna es considerado como **NO SIGNIFICATIVO**.

V.5.13. Afectación al hábitat marino

Medio	Componente	Factor
Biótico	Fauna marina	Hábitat marino
Preparación de sitio (PS)	Construcción (C)	Operación y mantenimiento (OM)
No Significativo - Moderado		

Descripción

La modificación a las características ambientales del lugar donde las especies de fauna hábitat se considera un impacto ambiental. En este caso y para una mejor descripción se separan en dos hábitats diferentes:

- En el bentos (fondo marino), se verá modificado por el dragado y excavación en el área de dragado, y por la depositación de los sedimentos, lo que modificará las características del lecho marino donde habita especies de fauna bentónica.
- En cuanto a la columna de agua, esta se afectará debido a la suspensión de sedimentos que provoca turbidez y aumenta la disponibilidad de materia orgánica, ya que se modifican las condiciones y características físicas, biológicas y químicas de la columna de agua que mantienen a las especies de fauna marina.

Hay que recordar que de acuerdo a la temporada de dragado será la extensión de la dispersión de sedimentos, por lo que se espera que en estas áreas al hábitat

marino tanto en el bentos como en la columna de agua se vea afectado, sin embargo solo se presentará durante la etapa de construcción mientras duren las actividades de dragado y construcción de la escollera.

Por ello, bajo el contexto anterior, el impacto de afectación al hábitat marino es valorado NO SIGNIFICATIVO.

V.5.14. Desplazamiento de individuos de fauna marina

Medio	Componente	Factor
Biótico	Fauna marina	Distribución marina
Preparación de sitio (PS)	Construcción (C)	Operación y mantenimiento (OM)
No Significativo - Moderado		No Significativo – irrelevante

Descripción

El impacto se generará por el dragado y deposición de los sedimentos en el fondo marino, por la re suspensión de sedimentos (turbidez) y ruido en la columna de agua. A continuación se describe cada una de ellas:

- **Por dragado**

Para el dragado del fondo marino en el área de dragado, esto representa una afectación a individuos de especies de fauna marina, principalmente para la fauna bentónica (poliquetos) que se encuentren en el área de afectación.

- **Por deposición de sedimentos**

La deposición de sedimentos en el fondo marino puede enterrar a la fauna bentónica (principalmente poliquetos), lo que significaría una afectación a los individuos de especies que se encuentren cercanas al área de dragado.

- **Por re suspensión de sedimentos (turbidez)**

Como ya se mencionó anteriormente, la suspensión de sedimentos provocado por el dragado en el área de dragado provocarán turbidez en el agua lo que representa una alteración a la calidad de la columna de agua, afectando el hábitat y consecuentemente producirá el desplazamiento de individuos de especies de fauna marina que se encuentren cerca del área de dragado hacia zonas donde se tenga las características óptimas para su supervivencia.

- **Por ruido**

En cuanto el ruido generado por el uso de la draga, se puede ahuyentar a las especies que se encuentren cercanas al lugar donde se realicen las actividades. Lo que también representa un impacto ambiental. El ruido puede influir en los hábitos de las especies marinas como migración, alimentación, comportamiento o reproducción.

También hay que mencionar que, en la sección marina, existen una actividad marítima constante, la cual genera afectación hacia la fauna marina que se encuentra ahí. Esto significa que las actividades del proyecto que generar ruido en la columna de agua, no son la única fuente de ruido, por lo que se considera un impacto **acumulativo** solo para ruido. Por ejemplo, el polígono del proyecto se encuentra a 5 km de la ruta marítima de playa del Carmen a Cozumel, y a 3 km terminal marítima Playa del Carmen – Cozumel, los cuales son los puntos de ruido marítimo más cercanos.

Por ello, bajo el contexto anterior, el impacto de desplazamiento de fauna marina es valorado como crítico y por lo tanto NO SIGNIFICATIVO.

V.5.15. Modificación del paisaje natural

Medio	Componente	Factor
Perceptual	Paisaje	Calidad visual
Preparación de sitio (PS)	Construcción (C)	Operación y mantenimiento (OM)
No Significativo - moderado		No hay interacción

Descripción

Debido a la remoción de cobertura, la excavación y construcción de la escollera y obras, se causará la modificación del paisaje natural del polígono del proyecto, por lo que es considerado un impacto.

En la etapa de preparación del sitio el impacto se dará primeramente por la remoción de vegetación durante las actividades desmonte y despalde de las superficies de ocupación de las obras (Ver Capítulo II). Esto significa la eliminación del componente perceptual principal del paisaje, la vegetación. También el impacto se dará por la excavación del terreno en el área de dragado, ya que el paisaje natural cambiara de ser un macizo (el relieve) a ser parte del paisaje marino.

En la etapa de construcción, el paisaje volverá a cambiar debido a la construcción de la escollera en la parte marina y la construcción de obras. Esto significa la introducción de elementos que denotan artificialidad como son las líneas rectas, ángulos rectos, regularidades de formas geométricas y simétricas, como lo sería las rocas de la escollera, o la forma del faro y restaurante. Debido a esto, también el impacto es considerado como **residual**.

Cabe mencionar que en el SAR no se presentan obras terrestres y marinas que modifiquen el medio, por lo que y las dimensiones de las obras del proyecto (ver

Capítulo II), sería más notorias. **Con base en estos argumentos, el impacto de Modificación el paisaje natural es considerado como NO SIGNIFICATIVO.**

V.6. CONCLUSIONES

Con base a la información del Capítulo II y IV, la opinión de expertos y las diversas técnicas de identificación y evaluación de impacto ambiental utilizadas en el presente Capítulo, se estima que el **proyecto ocasionara una serie de impactos ambientales de naturaleza negativa**. Considerando los resultados de los análisis se identificaron cuáles son los impactos significativos y no significativos en cada una de las etapas del proyecto y que puedan afectar el estado actual del SAR.

- En la etapa de **preparación del sitio, se generarán la mayoría de los impactos ambientales (15), así como los impactos significativos (severos)**, mientras que en las etapas de construcción y operación se reduce la cantidad de impactos (9 y 7 respectivamente) así como su significancia, resultando ser significativos (severos) y no significativos (moderados e irrelevantes).
- Cada uno de los impactos ambientales identificados por el proyecto, afectan a algún componente ambiental del SAR. Sin embargo, de acuerdo a la evaluación hecha en el presente Capítulo, **ningún impacto ambiental pone en riesgo el funcionamiento y estructura del medio ambiente dentro del SAR.**
- El impacto de Pérdida del sustrato rocoso causa una serie de impactos de suma importancia, como son: la modificación de la línea de costa por el cambio de morfología, y la alteración de la calidad del agua subterránea en las inmediaciones de la nueva línea de costa por la introducción del agua marina (agua salada) en la zona de excavación. **Sin embargo no se ponen**

en riesgo el proceso geomorfológico ni de la calidad del agua subterránea del área del proyecto.

- La actividad de dragado causa lo siguiente:

La re suspensión de sedimentos: esto es la causa de la turbidez y aumenta la disponibilidad de nutrientes, lo que provoca una afectación a la calidad de la columna de agua, provocando el desplazamiento de individuos de fauna marina que se encuentren en la columna de agua. Sin embargo estos impactos serán temporales, solo durante la preparación del sitio y construcción y solo se dará en el área del polígono del proyecto

La eliminación del fondo marino: esto implica la modificación de la batimetría del fondo marino lo que causa a su vez una afectación al bentos como hábitat marino.

- El impacto de pérdida de cobertura vegetal en las áreas donde se colocarán las obras y se realizara la excavación, implica otros impactos como la pérdida de suelo, la afectación al hábitat terrestre, el desplazamiento de individuos de fauna terrestre y la modificación del paisaje natural. Sin embargo si bien el desarrollo del proyecto necesita la remoción de vegetación de cobertura vegetal, **no se pone en riesgo la integridad y funcionalidad del ecosistema del SAR.**
- El impacto de modificación de la línea de costa por depositación de sedimentos a los lados de las escolleras de acuerdo a los estudios realizados, solo será de depositación y no presentará erosión.
- Los impactos de alteración de la calidad del suelo y alteración en la calidad del agua subterránea, durante las diferentes etapas de desarrollo del proyecto que será ocasionado tanto por la generación de residuos, como por

derrames accidentales de líquidos peligrosos e hidrocarburos, pueden ser mitigables si se lleva a cabo el manejo adecuado de los residuos y las medidas de prevención para evitar la contaminación del suelo y agua subterránea incluidas en el cap. VI. **Por lo que el desarrollo del proyecto no pone en riesgo la calidad del suelo y agua subterránea del SAR.**

- El impacto de modificación del paisaje natural por remoción de vegetación, excavación y construcción de obras será significativo debido a que el proyecto se ubicará en un paisaje natural y se modificará a ser un paisaje antrópico. **Sin embargo el desarrollo del proyecto no pone en riesgo la calidad visual del paisaje natural ni belleza escénica del SAR.**
- Los impactos de alteración al confort sonoro y contaminación atmosférica en las diferentes etapas del proyecto serán mínimos ya que se adecuarán a las normas mexicanas establecidas por las autoridades competentes, además de que las fuentes que generarán el impacto se encontrarán en espacios abiertos, lo que permitirá su dispersión, además que solo se darán temporalmente. **Por lo que no se pondrá en peligro la calidad de la atmósfera ni el confort sonoro.**

Adicionalmente en el Capítulo VI, se presentarán las medidas necesarias para prevenir, mitigar, controlar o compensar, según sea el caso, los impactos ambientales esperados en cada una de las etapas de desarrollo del proyecto, cuya ejecución permitirá disminuir la cantidad de impactos, que por sus atributos y naturaleza pueda provocar desequilibrios ecológicos de forma tal que se afecte la continuidad de los procesos naturales que actualmente ocurren en el SAR delimitado.

CAPÍTULO VI

**ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE
IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES,
DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.**

Manifestación de Impacto Ambiental,

Modalidad Regional

Proyecto “Sol de Selva”

CONTENIDO

VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES, DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.....	5
VI.1. INTRODUCCIÓN.....	5
VI.2. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.....	9
VI.2.1. PROGRAMA DE SUPERVISIÓN Y GESTIÓN AMBIENTAL	10
VI.2.1.1. Objetivo general	10
VI.2.1.2. Objetivos particulares.....	11
VI.2.1.3. Responsables de la implementación	11
VI.2.1.4. Metodología.....	12
VI.2.1.5. Indicadores	14
VI.2.1.6. Comprobación	15
VI.2.1.7. Medidas de urgente aplicación.....	16
VI.2.2. PROGRAMA DE MANEJO DE FAUNA.....	17
VI.2.2.1. Subprograma de Protección de Fauna Marina	18
VI.2.2.2. Subprograma de Protección de Tortugas marinas	24
VI.2.2.3. Subprograma de Rescate y Reubicación de Fauna Terrestre	31
VI.2.3. PROGRAMA DE MANEJO DE FLORA	45
VI.2.3.1. Subprograma de Rescate y Reubicación de Flora	46
VI.2.3.2. Subprograma de Reforestación	62
VI.2.4. PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL	70
VI.2.4.1. Subprograma de Monitoreo de la Línea de costa	71
VI.2.4.2. Subprograma de Monitoreo de Calidad de Agua	78
VI.2.5. PROGRAMA DE MANEJO DE RESIDUOS.....	86
VI.2.5.1. Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial	87
VI.2.5.2. Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos.....	99
VI.2.5.3. Subprograma de Manejo de Residuos Peligrosos.....	105
VI.2.6. ESTRATEGIAS ADICIONALES.....	120
VI.2.6.1. Estrategias adicionales para mantener la calidad del aire.....	120
VI.2.6.2. Estrategias adicionales para protección por dispersión de sedimentos y actividades de dragado	125

FIGURAS

FIGURA VI-1. METODOLOGIA DEL PROGRAMA DE SUPERVISION Y GESTION AMBIENTAL DEL PROYECTO.	13
FIGURA VI-2. SIRENA PARA ENVIO DE SEÑALES (MARCA ECOBLAST).	36
FIGURA VI-3. CAPTURA DE LAGARTIJAS CON LAZADA (AGUIRRE, 2011).	37

FIGURA VI-4. SUJECION DE CABEZA DE UNA SERPIENTE DE CASCABEL (CROTALUS MOLOSSUS) CON AYUDA DE UN GANCHO HERPETOLOGICO.	38
FIGURA VI-5. NUDO DE CIERRE DE COSTALES DE TELA PARA TRANSPORTE DE REPTILES (SCROCCHI Y KRETZCHMAR, 1996).	38
FIGURA VI-6. TRAMPAS “SHERMAN” Y “TOMAHAWK” PARA LA CAPTURA DE MAMIFEROS.	40
FIGURA VI-7. FICHA TECNICA DE COLECTA DE SEMILLAS.	51
FIGURA VI-8. UBICACION DE YEMAS EN ESQUEJES.	52
FIGURA VI-9. EJEMPLO DEL METODO DE CEPELLON.	53
FIGURA VI-10. TECNICA DE PLANTACION: CEPA COMÚN.	56
FIGURA VI-11. APERTURA DE CEPA COMUN PARA PLANTACION.	66
FIGURA VI-12. COLOCACION DENTRO DE LA CEPA DE LOS EJEMPLARES REUBICADOS.	66
FIGURA VI-13. COMPACTACION DE SUELO UNA VEZ TERMINADA LA PLANTACION.	67
FIGURA VI-14. DATOS POSIBLES QUE SE PUEDEN RECABAR EN LA ELABORACION DEL PERFIL DE COSTA (TOMADO DE BIRD, E. 2000)	75
FIGURA VI-15. ESTACIONES DE MONITOREO PROPUESTAS EN LA ZONA DE ESTUDIO.	81
FIGURA VI-16. INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA MONITOREOS DE AGUA MARINA DE ACUERDO A QUINTERO ET AL (2010).	84
FIGURA VI-17. INDICADORES DE SEDIMENTOS ESTABLECIDOS PARA MONITOREO DE AGUA MARINA POR QUINTERO ET AL (2010).	85
FIGURA VI-18. SUBPROGRAMAS QUE CONFORMAN EL PROGRAMA DE MANEJO DE RESIDUOS.	87
FIGURA VI-19. DIAGRAMA DE MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS Y DE MANEJO ESPECIAL.	91
FIGURA VI-20. EJEMPLO DE COSTALES, CONTENEDORES Y ETIQUETADO PARA RESIDUOS SOLIDOS URBANOS EN FRENTE DE TRABAJO.	92
FIGURA VI-21. EJEMPLO DE CONTENEDORES PARA EL ALMACEN TEMPORAL DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS.	94
FIGURA VI-22. DIAGRAMA DEL PROGRAMA DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS.	109

TABLAS

TABLA VI-1. PROGRAMAS AMBIENTALES PROPUESTOS PARA LA ATENCION A LOS IMPACTOS NEGATIVOS IDENTIFICADOS DEL PROYECTO.	7
TABLA VI-2. PUNTOS DE COMPROBACION PARA EL PROGRAMA DEL PROYECTO.	16
TABLA VI-3. LISTADO DE FAUNA TERRESTRE REGISTRADA EN EL AREA DEL PROYECTO.	31
TABLA VI-4. ESPECIES INCLUIDAS EN ALGUNA CATEGORIA DE RIESGO DE ACUERDO A LA NOM-059-SEMARNAT-2010.	32
TABLA VI-5. ESPECIES REPORTADAS BIBLIOGRAFICAMENTE PARA EL TIPO DE VEGETACION DEL AREA TERRESTRE DEL PROYECTO QUE SE ENCUENTRA LISTADA EN LA NOM-059-SEMARNAT-2010.	47
TABLA VI-6. COORDENADAS DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO DE LA CALIDAD DEL AGUA.	82
TABLA VI-7. RESIDUOS SOLIDOS URBANOS Y DE MANEJO ESPECIAL QUE PODRIAN SER GENERADOS EN EL PROYECTO.	88
TABLA VI-8. CLASIFICACION DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS EN EL FRENTE DE TRABAJO.	92

TABLA VI-9. RESIDUOS PELIGROSOS QUE PODRIAN GENERARSE EN EL PROYECTO.	106
TABLA VI-10. CLASIFICACION DE RESIDUOS PELIGROSOS EN EL PROYECTO.	111
TABLA VI-11. INDICADORES DE REALIZACION Y EFICIENCIA DE LAS ESTRATEGIAS ADICIONALES PARA MANTENER LA CALIDAD DEL AIRE	123

VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES, DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

VI.1. INTRODUCCIÓN

En cumplimiento a lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), y de los preceptos que de ella emanen, en lo referente a las medidas preventivas, de mitigación y/o compensación necesarias para la ejecución del proyecto que nos ocupa, se tiene lo siguiente:

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

En la presente MIA-R, ya en el Capítulo V se han identificado y evaluado los impactos ambientales que potencialmente puede inducir el proyecto en el SAR, y en virtud de que el objetivo de una evaluación de impacto ambiental es prevenir y corregir los efectos adversos al ambiente en la realización de un proyecto, es por lo

que se proponen las medidas que atenderán a los impactos con mayor valor, es decir aquellos considerados como relevantes.

Bajo esta premisa, se asume el hecho que identificados los impactos ambientales relevantes, se deben definir las medidas que permitirán la mitigación, prevención, o compensación de los mismos, para ello se ha diseñado un instrumento que además de atender en conjunto las medidas solicitadas, permite visualizar el enfoque integral en la atención de los efectos negativos al ambiente bajo objetivos particulares, por lo que se llevará a cabo la implementación de un **Plan de Manejo Ambiental** como un instrumento para:

- Implementar medidas para prevenir y mitigar los impactos ambientales potenciales esperados en cada una de las etapas de implementación del proyecto, en un marco de conservación y uso sostenible de los ecosistemas, los bienes y los servicios ambientales.
- Implementar acciones que permitan dar atención y cumplimiento estricto a los términos y condicionantes que la SEMARNAT imponga en el caso de autorizar el proyecto.
- Verificar el estricto cumplimiento de la legislación y la normatividad aplicable al proyecto, en lo que corresponda al ámbito federal.

Aunado a las medidas propuestas en la presente MIA-R, el proyecto estará sujeto, en caso de ser autorizado en materia de impacto ambiental, a las medidas adicionales que sean establecidas por la autoridad competente.

Las medidas que se proponen en el **Plan de Manejo** se han integrado en programas ambientales y estrategias adicionales, y actúan en cada uno de los impactos ambientales ya identificados en el Capítulo V del presente estudio. En la siguiente tabla se presentan los programas y estrategias propuestas para atender los impactos ambientales negativos derivados del desarrollo del proyecto:

Tabla VI-1. Programas Ambientales propuestos para la atención a los impactos negativos identificados del proyecto.

Medio	Componente	Factor	Impacto	Programas propuestos
Abiótico	Suelo	Cantidad	Pérdida de suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de Manejo de Flora (Subprograma de Reforestación).
		Calidad	Alteración en la calidad del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de Manejo de Residuos (Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial, Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos y Subprograma de Manejo de Residuos Peligrosos).
	Estrato rocoso	Cantidad	Pérdida del estrato rocoso	Impacto sin medida (Impacto residual)
	Hidrología subterránea	Calidad	Alteración en la calidad del agua subterránea	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de Monitoreo Ambiental (Subprograma de Monitoreo de Calidad del Agua). • Programa de Manejo de Residuos (Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial, Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos y Subprograma de Manejo de Residuos Peligrosos).
	Relieve	Forma	Modificación de la línea de costa	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de Monitoreo Ambiental (Subprograma de Monitoreo de la Línea de Costa).
	Fondo marino	Forma (batimetría)	Modificación de la batimetría de fondo marino	Impacto sin medida
	Columna de agua	Calidad	Alteración en la calidad de la columna de agua	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de Monitoreo Ambiental (Subprograma de Monitoreo de Calidad del Agua)

Biótico	Aire	Calidad atmosférica	Contaminación atmosférica	<ul style="list-style-type: none"> • Estrategias adicionales (Estrategias adicionales para protección de sedimentos y actividades de dragado). • Programa de Manejo de Residuos (Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial, Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos y Subprograma de Manejo de Residuos Peligrosos).
		Confort sonoro	Alteración al confort sonoro	<ul style="list-style-type: none"> • Estrategias adicionales (Estrategias adicionales para mantenimiento de la calidad del aire). • Estrategias adicionales (Estrategias adicionales para mantenimiento de la calidad del aire).
	Flora terrestre	Cobertura vegetal	Pérdida de cobertura vegetal	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de Manejo de Flora (Subprograma de Rescate y Reubicación de Flora, y Subprograma de Reforestación).
	Fauna terrestre	Hábitat	Afectación al hábitat terrestre	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de Manejo de Fauna (Subprograma de Rescate y Reubicación de Fauna Terrestre).
		Distribución	Desplazamiento de individuos de fauna terrestre	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de Manejo de Fauna (Subprograma de Rescate y Reubicación de Fauna Terrestre).
	Fauna marina	Hábitat	Afectación al hábitat marino	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de Manejo de Fauna (Subprograma de Protección de Fauna Marina y Subprograma de Protección de Tortugas Marinas). • Estrategias adicionales (Estrategias adicionales para protección de sedimentos y actividades de dragado).
		Distribución	Desplazamiento de individuos de fauna marina	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de Manejo de Fauna (Subprograma de Protección de Fauna Marina y Subprograma de Protección de Tortugas Marinas). • Estrategias adicionales (Estrategias adicionales para protección de sedimentos y actividades de dragado).

Perceptual	Paisaje	Calidad visual	Modificación paisaje	del	Impacto sin medidas

Como se puede observar en la tabla anterior, el **Plan de Manejo Ambiental** se conforma de cuatro programas ambientales y un apartado de estrategias adicionales; estos serán vigilados a través del **Programa de Supervisión y Gestión Ambiental** donde se establecen las acciones que realizará el personal ambiental para vigilar la realización y eficiencia de las medidas y estrategias propuestas. Dicho programa también integra al **Plan de Manejo Ambiental**.

VI.2. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

El **Plan de Manejo Ambiental** es el documento que integra las acciones que se implementarán para prevenir, mitigar y/o compensar los impactos ambientales negativos del proyecto, y permite evaluar el desempeño ambiental del proyecto a través de la verificación sistemática de la implementación adecuada y oportuna de las acciones propuestas. Se integra por los siguientes apartados:

- Programa de Supervisión y Gestión Ambiental
- Programa de Manejo de Fauna
- Programa de Manejo de Flora
- Programa de Monitoreo Ambiental
- Programa de Manejo de Residuos

- Estrategias adicionales

En los siguientes apartados se desarrolla cada uno de los programas y las estrategias adicionales, los cuales se han propuesto conforme a la factibilidad técnica y económica del proyecto.

VI.2.1. PROGRAMA DE SUPERVISIÓN Y GESTIÓN AMBIENTAL

El **Programa de Supervisión y Gestión Ambiental** a implementar para el proyecto tiene como objetivo primordial orientar y coordinar las acciones previstas para el cumplimiento de obligaciones aplicables, así como las estrategias establecidas en el **Plan de Manejo Ambiental** y de las que establezca la autoridad, así como las acciones voluntarias en protección y conservación de los ecosistemas involucrados.

Por esta razón el logro de los objetivos de todos los demás programas y subprogramas es verificado de manera sistemática a través del programa citado confirmar su congruencia con el cumplimiento de los objetivos ambientales del proyecto por medio de personal ambiental que contará con experiencia y conocimiento para desarrollar las medidas y estrategias ambientales que se proponen para el proyecto.

VI.2.1.1. Objetivo general

Establecer y verificar el cumplimiento de acciones que permitan prevenir, mitigar y/o compensar los impactos ambientales negativos que se generen durante las diferentes etapas del proyecto, mediante el cumplimiento y apego a la legislación y la normatividad ambiental aplicable.

VI.2.1.2. Objetivos particulares

- Señalar el procedimiento de verificación del cumplimiento de las medidas específicas de los programas ambientales contenidos en el plan.
- Indicar el proceso de monitoreo de la implementación del plan y sus respectivos programas.

VI.2.1.3. Responsables de la implementación

La implementación del **Plan de Manejo Ambiental** será responsabilidad de la promovente, quien verificará que se ejecuten los programas y subprogramas contenidos en el presente plan. Para lo anterior, ha instrumentado dentro de su organización un área ambiental, la cual estará constituida por profesionales con experiencia en la implementación de planes y programas ambientales.

Las responsabilidades del personal ambiental serán:

- **Programar** la aplicación de los programas y subprogramas ambientales, así como otros requerimientos que solicite la autoridad ambiental en el oficio resolutivo.
- **Revisar** y en su caso regular todas las autorizaciones ambientales que se requieren en las diferentes etapas del proyecto.
- **Instrumentar** las medidas específicas contempladas en los programas y subprogramas ambientales, en colaboración con los responsables y el personal que laborará en el proyecto.

- **Supervisar** que se implementen, conforme a lo establecido en el plan, las estrategias y medias específicas de los programas y subprogramas en las diferentes áreas y actividades del proyecto dentro del polígono autorizado.
- **Evaluar** la eficiencia de las medias específicas de los programas y subprogramas para el cumplimiento de las metas y objetivos planteados en el plan.
- **Corregir**, en colaboración con los involucrados, las anomalías que pudiera detectarse en materia ambiental durante la supervisión de las áreas del proyecto.
- **Proponer** procedimiento y actividades que permitan mejorar la implementación de las medias específicas de los programas y subprogramas, y en su caso realizar actualizaciones al plan que tengan como fin mejorar el desempeño ambiental del proyecto.
- **Informar** de manera oportuna las eventualidades y avances en el cumplimiento del plan.
- **Atender y dar seguimiento** a las inspecciones que realice la autoridad ambiental al proyecto.

VI.2.1.4. Metodología

Para la implementación y verificación de las acciones contempladas en cada programa ambiental, el personal que integra el área ambiental realizará la siguiente metodología:

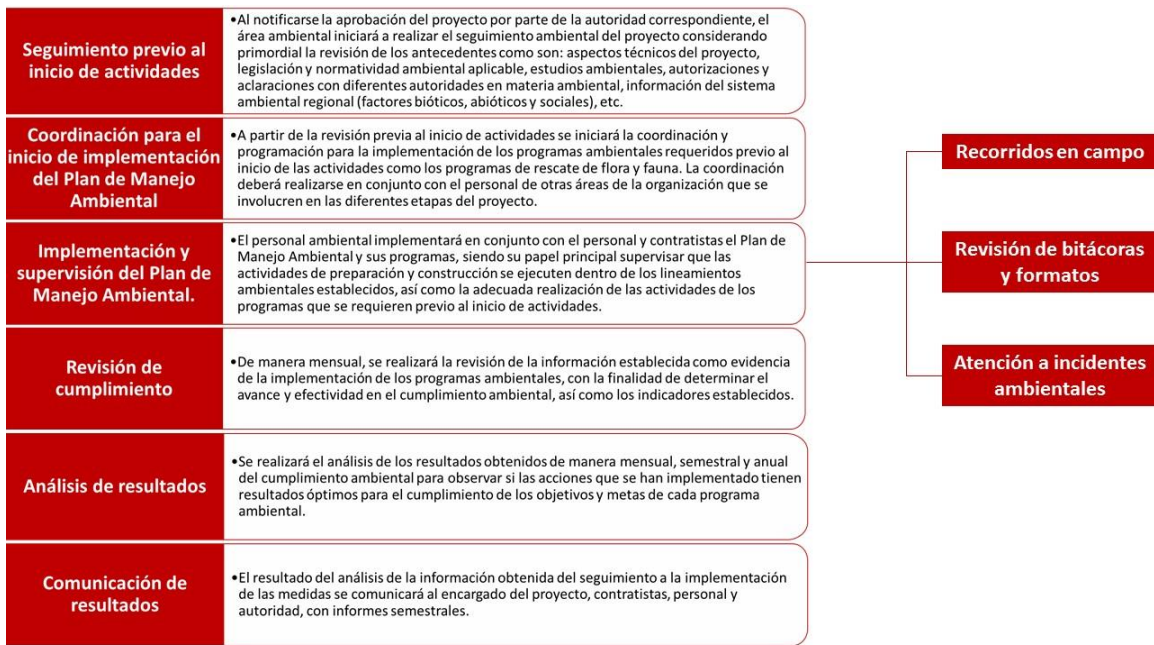


Figura VI-1. Metodología del Programa de Supervisión y Gestión Ambiental del proyecto.

Como parte del soporte que empleará el área ambiental para el seguimiento de la implementación de los programas ambientales realizará tres actividades:

- **Recorridos en campo.** Consisten en que el personal ambiental realice recorridos en los sitios donde se realizan las actividades constructivas del proyecto, así como la operación de los programas ambientales para verificar que se da cumplimiento a los lineamientos ambientales del presente plan. Los recorridos de campo permiten identificar de manera oportuna cualquier incumplimiento y realizar su corrección.
- **Revisión de bitácoras y formatos.** Cada programa cuenta con una serie de bitácoras y formatos donde se recaba la información cuantitativa de la aplicación de las medidas de prevención, mitigación y/o compensación, dichas bitácoras serán una de las principales evidencias documentales de su

aplicación. Por lo anterior, el personal ambiental verificarán que en sitio se recabe la información en las bitácoras correspondientes y de manera adecuada. Al finalizar cada mes, el personal ambiental conjuntará las bitácoras para su captura y análisis.

- **Atención a incidentes ambientales.** Si durante las actividades del proyecto se suscitara un incidente ambiental, el cual quedará definido para el presente plan como un evento inesperado que podrían afectar de manera directa o indirecta al entorno ocasionando un impacto ambiental inmediato, el personal ambiental en conjunto con los responsables de las áreas involucradas deberán atender de forma inmediata el incidente con base en protocolos de atención ya establecidos dentro de los controles operacionales del proyecto. Posteriormente, el personal ambiental realizará una investigación para establecer la causa-raíz del incidente, acciones correctivas y preventivas para disminuir la probabilidad de que un incidente de la misma naturaleza vuelva a ocurrir. Algunos ejemplos de incidentes ambientales son: emisiones atmosféricas por arriba de los límites máximos permisibles de vehículos, contaminación de suelo por derrames de sustancias peligrosas, disposición de suelo en sitios no autorizados, etc.

VI.2.1.5. Indicadores

Las actividades contenidas en el **Plan de Manejo Ambiental**, así como la **supervisión y gestión ambiental** de las mismas, serán evaluadas cuantitativamente a través de indicadores de realización y eficiencia.

a) Indicadores de realización

- Número de incumplimientos ambientales corregidos, en vías de corrección y no corregidos

- Número de incidentes registrados.
- Número de eventualidades registradas.
- Número de reportes generados por incumplimiento.

b) Indicadores de eficiencia

- Porcentaje de cumplimiento de cada medida de mitigación.
- Porcentaje de incumplimientos corregidos, en vías de corrección y no corregidos con respecto al total de los detectados.

VI.2.1.6. Comprobación

Aunado a los indicadores que servirán para monitorear la implementación del programa a través de datos cuantitativos, también se propone documentación y sitios de comprobación, con los cuales el personal ambiental, el encargado del proyecto y la autoridad podrán evaluar la correcta aplicación del **Plan de Manejo Ambiental** y la implementación del **Programa de Supervisión y Gestión Ambiental**.

Para el seguimiento de la implementación y supervisión del **Plan de Manejo Ambiental** se proponen como puntos de comprobación sitios y documentación de seguimiento, de acuerdo con cada actividad:

Tabla VI-2. Puntos de comprobación para el Programa del proyecto.

Actividad	Punto de comprobación
Seguimiento previo al inicio de actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Permisos ambientales requeridos por las diferentes autoridades con vigencia. • Copia de los estudios ambientales realizados para el proyecto. • Organigrama del personal involucrado en la implementación del plan.
Coordinación para el inicio de implementación del Plan de Manejo Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Programación y calendarización de actividades a implementar de los programas contenidos en el Plan de Manejo Ambiental.
Implementación y supervisión del Plan de Manejo Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Registros de recorridos en campo. • Formatos de atención a incidentes ambientales e investigaciones. • Bitácoras y formatos de los programas ambientales contenidos en el plan. • Evidencia fotográfica de la identificación y corrección de incumplimientos ambientales e incidentes.
Revisión de cumplimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Control mensual de implementación y supervisión de la implementación del plan.
Análisis de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Estadísticas de avance en el cumplimiento de los programas propuestos.
Comunicación de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Evidencia de campañas de difusión de resultados. • Evidencia fotográfica de reuniones realizadas para la comunicación de resultados. • Copia de informe entregado a la autoridad y acuse de recibido.

VI.2.1.7. Medidas de urgente aplicación

En caso de que se detecte incumplimientos o que no se obtengan resultados orientados al cumplimiento de las metas y objetivos del **Plan de Manejo Ambiental** y el **Programa de Supervisión y Gestión Ambiental** se atenderán de manera inmediata a través de las siguientes medidas de urgente aplicación:

1. Sanción al personal que sea sorprendido realizando cualquier actividad que afecte de manera directa o indirecta al entorno natural que se encuentre dentro de área del proyecto.

2. Atención inmediata a los incidentes ambientales a través de la aplicación de protocolos de atención establecidos en los controles operacionales de la promotora.
3. Corrección pronta de los incumplimientos ambientales que se detecten durante los recorridos en campo.
4. Regularización de bitácoras y formatos que no sean elaboradas en tiempo y forma para la verificación de los programas contenidos en el plan.
5. Notificar al personal involucrado del proyecto cualquier anomalía presentada durante el desarrollo del proyecto que pueda repercutir en el cumplimiento del plan.

VI.2.2. PROGRAMA DE MANEJO DE FAUNA

Con la finalidad de salvaguardar la fauna del área del proyecto se proponen tres subprogramas:

- Subprograma de Protección de Fauna Marina
- Subprograma de Protección de Tortugas Marinas
- Subprograma de Rescate y Reubicación de Fauna Terrestre

VI.2.2.1. Subprograma de Protección de Fauna Marina

Dada la libre movilidad de los animales en el medio marino, especialmente peces y mamíferos marinos, tortugas, etc., y su sensibilidad a la perturbación (tránsito de embarcaciones, ruido), es de esperarse que éstos abandonen por sí mismos la zona a construir ocupando los hábitats disponibles en otras zonas. Sin embargo, se ha considerado la implementación de una serie de medidas para mitigar la afectación al hábitat marino y el desplazamiento de fauna marina.

Las medidas que se proponen son rescate y reubicación de fauna bentónica, ahuyentamiento de peces, protección de corales y medidas de protección de mamíferos marinos y tortugas marinas, y se integran para su adecuada implementación y seguimiento en el Programa de Manejo de Fauna Marina.

a) Objetivo general

Mitigar la afectación al hábitat marino y desplazamiento de individuos de fauna marina a través de medidas de ahuyentamiento, rescate, reubicación y protección para salvaguardar a los individuos que se distribuyan dentro del área del proyecto.

b) Objetivos particulares

- Implementar actividades de ahuyentamiento de peces previo al inicio de las actividades del desarrollo del proyecto.
- Rescate y reubicación de fauna bentónica que no sea ahuyentada en las superficies donde se emplazará infraestructura del proyecto.
- Instalaciones de protecciones para salvaguardar a la fauna por la dispersión de sedimentos.

c) Metas ambientales

- Tasa de sobrevivencia del 80% de los individuos rescatados durante la reubicación.
- Capacitación de medio ambiente y protección de fauna marina del 100% del personal una vez inicien las actividades en medio marino.

d) Estrategias y medidas específicas

Para dar cumplimiento a los objetivos y metas del *Subprograma de Protección de Fauna Marina* se proponen las siguientes estrategias y medidas específicas:

- Ahuyentamiento de peces.
- Rescate y reubicación temporal de organismos bentónicos.
- Instalación de barreras para evitar la dispersión de sedimentos.
- Monitoreo durante las actividades de preparación y construcción.
- Capacitación al personal para protección de la fauna marina.

Los procedimientos y métodos para implementar las estrategias y medidas específicas manifestadas se desarrollan en los siguientes apartados.

e) Metodología

Ahuyentamiento de peces

Previo al inicio de actividades en el medio marino se ahuyentarán a los peces mediante un **sistema acústico** que genera una señal acústica submarina con una frecuencia y modulación específicas para ahuyentar peces y otras especies

marinas, y evitar que estas se encuentren dentro del área del proyecto durante las actividades de preparación y construcción. Una vez realizado el ahuyentamiento de especies para evitar que recolonizen, se iniciará la delimitación física del área en el medio acuático del proyecto con el uso de boyas para restringir el acceso.

Rescate y reubicación temporal de organismos bentónicos

Se rescatarán y reubicarán solamente la fauna bentónica que se ubique en las áreas donde se emplace la infraestructura del proyecto. En el área del proyecto se registraron 71 especies de macroinvertebrados bentónicos en la zona; el grupo taxonómico que presentó más especies fue el de los poliquetos con 47, seguido de los crustáceos con 13, los moluscos con 9 y los equinodermos con 2 especies (ver Capítulo IV).

La fauna será capturada por redes o de forma manual y transportada dentro de contenedores herméticos de plástico, charolas y bolsas de flotación por debajo del agua, con la finalidad de que no sea vean afectados por el viento y la luz directa. La fauna rescatada será reubicada en otro sitio dentro de un radio de 100 m a partir del sitio de captura.

Durante el procedimiento, el personal ambiental tomará coordenadas y fotografías del área de captura y reubicación, y registrará la información en una bitácora de rescate y reubicación de fauna marina; aunado a lo anterior, será importante reubicar la fauna en el hábitat que posea las condiciones más similares a los sitios de captura, la protección de individuos y la educación ambiental de los trabajadores para evitar la caza, colecta y daño a la fauna durante su manejo.

Instalación de barreras para evitar la dispersión de sedimentos al hábitat de la fauna entorno al área del proyecto

La construcción del proyecto contempla actividades de dragado que podría generar sedimentos que afecte a fauna en torno al área del proyecto, por lo que se considera como medida de protección a la fauna la utilización de pantallas de materiales geotextiles para evitar la dispersión de los sedimentos hacia zonas susceptibles que se encuentren en torno al área del proyecto y hayan sido identificados en el Capítulo IV del presente estudio, e instalación de barreras flotantes protectoras en torno al área marina del proyecto para evitar el exceso de turbidez.

Monitoreo durante las actividades de preparación y construcción

Durante las actividades de preparación y construcción en el medio acuático, se solicitará apoyo del personal que se encuentre involucrado en las actividades constructivas para que en caso de que avisten fauna durante sus actividades, detengan sus actividades y el personal ambiental realice el rescate y reubicación inmediata de los mismos. De igual forma, en las actividades críticas de construcción, personal ambiental implementará un protocolo de monitoreo en el medio acuático donde se realicen las actividades para alertar cualquier avistamiento e implementar las medidas de rescate y reubicación. Es importante destacar, que la presencia del personal durante dichas actividades críticas estará sujeto a las medidas de seguridad que se implementen en el proyecto.

Capacitación al personal para la protección de fauna marina

Una medida importante en los programas ambientales es la capacitación al personal involucrado en los proyectos debido a que favorece el conocimiento de las responsabilidades ambientales para evitar afectaciones a la fauna marina presente

en el área del proyecto. Por lo anterior, se capacitará al personal involucrado en el proyecto con una capacitación inicial y talleres continuos que consideren las medidas generales de protección de fauna marina como son la prevención de derrames de hidrocarburos en medio acuático, manejo adecuado de residuos, prohibición de caza, extracción, comercialización y tráfico de especies marinas.

Asimismo, en partes estratégicas del proyecto, se colocarán letreros alusivos a protección de la fauna marina.

f) Indicadores

Para corroborar la eficiencia y correcta aplicación de las medidas específicas propuestas se utilizará indicadores que permitirán cuantificar las actividades realizadas para el cumplimiento de las metas y objetivos del *Subprograma de Protección de Fauna Marina* de manera **mensual**.

Indicadores de realización

- Puntos de ahuyentamiento de peces.
- Número de ejemplares avistados durante las actividades de preparación y construcción.
- Número de ejemplares bentónicos rescatados y reubicados.
- Superficie protegida por barreras para evitar la dispersión de sedimentos.
- Número de personal que recibió capacitación de protección de fauna marina.

Indicadores de eficiencia

- (%) de sobrevivencia de ejemplares durante las actividades de

La sobrevivencia (%) es un indicador que se expresa mediante evaluación técnica, en base al porcentaje de ejemplares que subsistieron al rescate y reubicación (ejemplares reubicados, ejemplares vivos y ejemplares muertos), y se obtiene de la siguiente manera:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^n ai}{\sum_{i=1}^n mi} \times 100$$

$\sum_{i=1}^n$ = Sumatoria de los datos de acuerdo a la variable a o m

p = proporción estimada de ejemplares vivos

ai = número de ejemplares vivos en el sitio de muestreo ai

mi = número de ejemplares vivos y muertos en el sitio de muestreo i

g) Comprobación

Para el seguimiento de la implementación y supervisión del *Subprograma de Protección de Fauna Marina* se proponen sitios y documentación de seguimiento, los cuales consistirán en la base para la obtención de los datos numéricos requeridos para la evaluación de la realización y eficiencia de las medidas y estrategias, y el éxito hacia el cumplimiento de las metas establecidas.

Los documentos y sitios de seguimiento para el presente subprograma serán:

- Medio acuático con barreras para la dispersión de sedimentos.

- Coordinadas y mapeo de los puntos de ahuyentamiento de peces.
- Bitácora de rescate y reubicación de ejemplares por especie bentónica, con coordenadas geográficas y datos generales.
- Listas de capacitaciones de protección de fauna marina.
- Evidencia fotográfica de implementación de estrategias y medidas específicas.

h) Medidas de urgente aplicación

En caso de detectarse el incumplimiento de las medidas de mitigación anteriormente mencionadas se llevarán a cabo las siguientes medidas de urgente aplicación:

- Incremento de actividades de ahuyentamiento durante la preparación y construcción.
- Paro de actividades en caso de avistamiento de fauna marina durante la actividad de dragado.
- Sanción al personal que se encuentre afectando fauna marina del área del proyecto.

VI.2.2.2. Subprograma de Protección de Tortugas marinas

Debido a la importancia ecológica y categoría de riesgo de las tortugas marinas se presenta el *Subprograma de Protección de Tortugas marinas*, como una propuesta

para salvaguardar a las tortugas que se desplazan cerca del SAR hacia las playas de anidación que se encuentran fuera del SAR (Ver Capítulo IV del presente estudio). Es importante reiterar que **el sustrato de la zona en donde se efectuará el proyecto, es rocoso con unas pequeñas franjas de arena, condiciones que permiten suponer que no es utilizada por tortugas marinas para anidamiento.**

En general, las estrategias y medidas propuestas en el presente subprograma están orientadas al control de la contaminación lumínica, de residuos y capacitación del personal, como medidas preventivas en caso de arribazón ocasional ya que **el área está fuera de las áreas más importantes de anidación** de las tortugas blanca y caguama, y no presenta condiciones para su anidación.

a) Objetivo general

Proteger las tortugas marinas que puedan avistarse dentro del área del proyecto al implementar medidas preventivas de contaminación lumínica, de ruido y residuos en las etapas de preparación, construcción y operación del proyecto.

b) Objetivos particulares

- Establecer medidas para prevenir la contaminación lumínica en el área del proyecto y las playas de anidación aledañas.
- Implementar medidas de manejo adecuado de residuos para evitar que estos sean depositados en el medio acuático y por lo tanto puedan ser riesgosos para las tortugas al tener aspecto similar a sus presas.
- Capacitar al personal para evitar la extracción, captura y tráfico de tortugas marinas, y de forma eventual, de nidos.

- Dar aviso a las autoridades e iniciar un protocolo de acuerdo a la NOM-161-SEMARNAT-2012, en caso de que se registre anidación en el área del proyecto y/ o se registre una tortuga desorientada.

c) Estrategias y medidas específicas

Para dar cumplimiento a los objetivos del presente subprograma se contempla como estrategias y medidas específicas las siguientes:

- Determinación de horarios de preparación y construcción.
- Medidas de manejo de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos.
- Buenas prácticas de iluminación.
- Dar aviso a los campamentos tortuguerros para dar atención a tortugas desorientadas y protección de nidos.
- Zonas de baja velocidad o motor neutro para embarcaciones.
- Capacitación del personal para protección de las tortugas marinas.

Las medidas anteriores serán abordadas de acuerdo a las siguientes metodologías, excepto el manejo de residuos, el cual deberá cumplir los lineamientos establecidos en el **Programa de Manejo de Residuos**.

Determinación de los horarios de preparación y construcción

En las actividades de preparación y construcción se determinará un horario de actividades diurno por lo que la maquinaria y equipo que pueda generar ruido y contaminación lumínica permanezca apagado de 19:00 a 23:00 que son las horas en las cuales se registra la máxima eclosión y anidamiento.

Buenas prácticas de iluminación

Las tortugas marinas son sensibles a las luces, por lo que se considerará buenas prácticas de iluminación durante las diferentes etapas del proyecto. Dentro de estas prácticas se optará por la instalación de luces de sodio en lugar de luces incandescentes y luces de tipo halógeno, debido a que se ha identificado que son menos perjudiciales, de igual forma se podrán instalar luces de color monocromático y de longitud de onda más larga. De igual forma, las luces serán colocadas a una baja altura y de forma dirigida, para limitar la iluminación hacia el frente de playa del área del proyecto.

Atención a tortugas desorientadas y protección de nidos

Durante la temporada de anidación se realizarán recorridos diarios tanto en la noche como temprano en la mañana para dar aviso a campamentos tortugueros para rescatar cualquier adulto o cría que pueda haberse desplazado hacia el área del proyecto. En caso de un avistamiento, el personal encargado de los recorridos notificará al personal ambiental para poner puesta en marcha un protocolo de protección de anidación y cría, dicho protocolo se desarrollará conforme a la NOM-162-SEMARNAT-2012, Que establece las especificaciones para la protección,

recuperación manejo de las poblaciones de las tortugas marinas en su hábitat de anidación.

Para el caso de tortugas adultas que sean avistadas en el medio acuático del proyecto durante la noche, se considerará apagar las luces que perturben para ayudar al animal a recuperar su camino y dirigiendo sus movimientos de manera directa con una linterna poco brillante hacia la playa de anidación (tenga cuidado de no iluminar directamente su cabeza), permítale moverse sin ayuda y que siga su desplazamiento.

Zonas de baja velocidad o motor neutro para embarcaciones

Establecer en el área acuática del proyecto zonas de baja velocidad o zonas de motor neutro, es decir que todas las embarcaciones se desplazarán a menor velocidad para evitar daños a la fauna.

Capacitación al personal

Uno de los factores más importantes para el éxito de las medidas de mitigación es la participación de los trabajadores, por lo que durante las etapas de preparación, construcción y operación del proyecto se implementarán capacitaciones para informar la responsabilidad con la que se deberán llevar a cabo las actividades para protección de las tortugas marinas en caso de avistamiento, ya que como se ha mencionado, el área del proyecto no cuenta con condiciones para su anidamiento. Los temas que se abordarán en las capacitaciones son:

- Diversidad de tortugas marinas en Quintana Roo y cerca del área del proyecto.
- Acciones a favor de la protección de las tortugas marinas.

- Acciones en contra de la fauna: caza, captura y comercialización.
- Legislación y normatividad de protección de fauna.
- Protocolos a implementar en caso de avistamiento de ejemplares adultos o nidos en el área del proyecto.

Aunado a las capacitaciones en las áreas de trabajo se colocará señalización prohibitiva, restrictiva e informativa que informe al personal sobre las medidas de protección de las tortugas marinas que se implementan en el proyecto.

e) Indicadores

Para corroborar la eficiencia y correcta aplicación de las medidas específicas propuestas se utilizará indicadores que permitirán cuantificar las actividades realizadas para el cumplimiento de los objetivos del *Subprograma de Protección de Tortuga Marina* de manera **mensual**.

Indicadores de realización

- Número de luminarias que poseen las características para evitar ser atrayentes para las tortugas.
- Número de trabajadores capacitados para protección de tortugas marinas.
- Número de señaléticas de zonas de baja velocidad o motor neutro.

Indicadores de eficiencia

- Número de avistamientos de tortugas marinas.
- Número de reportes de afectación a tortugas marinas.

f) Comprobación

Para el seguimiento de la implementación y supervisión del *Subprograma de Protección de Tortuga Marina* se proponen sitios y documentación de seguimiento, los cuales consistirán en la base para la obtención de los datos numéricos requeridos para la evaluación de la realización y eficiencia de las medidas y estrategias, y el éxito hacia el cumplimiento de los objetivos establecidos.

Los documentos y sitios de seguimiento para el presente subprograma serán:

- Área del proyecto con buenas prácticas de iluminación.
- Señalización de zonas de baja velocidad o motor-neutro.
- Listas de capacitación del personal.
- Señalización de protección de tortugas marinas.
- Evidencia fotográfica de implementación de estrategias y medidas específicas.

g) Medidas de urgente aplicación

En caso de detectarse el incumplimiento de las medidas de mitigación anteriormente mencionadas se llevarán a cabo las siguientes medidas de urgente aplicación:

- Implementación del protocolo de protección de adultos y nidos de acuerdo a la NOM-162-SEMARNAT-2012.

- Comunicación con autoridades ambientales de avistamientos, nidos y/o afectaciones de tortugas marinas.
- Atención por médico veterinario especialista en fauna silvestre en caso de encontrar ejemplares lesionados y/o enfermos en el área del proyecto.

VI.2.2.3. Subprograma de Rescate y Reubicación de Fauna Terrestre

Durante las diferentes etapas de preparación y construcción del proyecto se generarán afectaciones a la fauna que se distribuye dentro del área terrestre del proyecto, por lo que se propone el *Subprograma de Rescate y Reubicación de Fauna Terrestre*, cuyo objetivo principal es el rescate y reubicación de fauna del área del proyecto que sea de lento desplazamiento (reptiles, crías de aves y mamíferos pequeños y medianos), actividades de ahuyentamiento y capacitación del personal para protección de fauna. Las especies que se registraron para el área del proyecto ya fueron reportadas previamente en el Capítulo IV del presente estudio.

Tabla VI-3. Listado de fauna terrestre registrada en el área del proyecto.

Grupo Faunístico	Familia	Nombre científico	Nombre común
Reptiles	Boidae	<i>Boa constrictor</i>	Boa
	Gekkonidae	<i>Hemidactylus torcicus</i>	Cuija
	Corytophanidae	<i>Basiliscus vittatus</i>	Tolok
	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana negra
Aves	Corvidae	<i>Cyanocorax morio</i>	Urraca pea

	Emberizidae	<i>Dendroica dominica</i>	Chipe dominico
	Icteridae	<i>Icterus cucullatus</i>	Bolsero cumulado
	Emberizidae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate
	Corvidae	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	Chara yucateca
	Cracidae	<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca
	Momotidae	<i>Eumomota superciliosa</i>	Pájaro Tho; pájaro péndulo
	Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Luis bienteveo
Mamíferos	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>	Sereque
	Dedelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache
	Procyonidae	<i>Procyon lotor</i>	Mapache
	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Tejón

De la fauna terrestre anterior, dos especies se encuentran enlistadas en la categoría de Especie Amenazada de la NOM-059-SEMARNAT-2010, siendo las únicas especies registradas para el área del proyecto, por lo que a dichas especies se enfocarán la mayoría de los esfuerzos de rescate y reubicación de fauna terrestre.

Tabla VI-4. Especies incluidas en alguna categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Grupo Faunístico	Familia	Nombre científico	Nombre común	Categoría en la NOM-059-SEMARNAT-2010	Distribución
Reptiles	Boidae	<i>Boa constrictor</i>	Boa	Amenazada	No endémica

Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana negra	Amenazada	No endémica
-----------	---------------------------	--------------	-----------	-------------

a) Objetivo general

Mitigar el impacto negativo a la fauna del área terrestre de proyecto por las actividades de preparación y construcción, a través de actividades de ahuyentamiento, rescate y reubicación de las especies clasificadas como endémicas o incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, así como aquellas consideradas de lento desplazamiento.

b) Objetivos particulares

- Implementar actividades de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna previo a las actividades de desmonte y despalme, y cuando se requiera en la etapa de construcción.
- Identificar y verificar que los sitios de reubicación presenten condiciones ambientales equivalentes a las áreas donde fueron rescatados y realizar las liberaciones de fauna evitando en medida de lo posible una sobre carga en el nuevo sitio.
- Capacitar al personal para la protección de la fauna terrestre del área del proyecto.

c) Metas ambientales

- Reubicar el 100% de individuos rescatados de manera inmediata.

d) Estrategias y medidas específicas

Para el cumplimiento de los objetivos y metas del *Subprograma de Rescate y Reubicación de Fauna Terrestre* se implementarán las siguientes medidas específicas:

- Ahuyentamiento de fauna.
- Rescate y reubicación de fauna capturada.
- Capacitación del personal para protección de fauna terrestre.

Las estrategias y medidas específicas anteriores se desarrollarán e implementarán de acuerdo a la metodología que se describe en los siguientes apartados.

e) Metodología

Las medidas específicas del *Subprograma de Rescate y Reubicación* se desarrollarán de acuerdo a las características de los grupos registrados en el área del proyecto. Para las aves, mamíferos voladores y de hábitos cursoriales se implementará el ahuyentamiento o también denominado amedrentamiento, con el objetivo de que éste tipo de fauna se desplace fuera de la zona de afectación y no se realice algún manejo directo que pudiera implicar una afectación a los ejemplares (Hawthorne, 1987).

En el caso de especies de lento desplazamiento, así como de especies endémicas, se emplearán técnicas que incluyen para reptiles la captura manual y con ganchos herpetológicos, captura con trampas tipo “Sherman” y “Tomahawk” para mamíferos de pequeña y mediana talla, e identificación y delimitación de nidos de pericos,

colibríes y aves passeriformes con el fin de evitar su afectación durante las actividades de desmonte.

Las técnicas anteriores se describen a mayor detalle en la siguiente metodología:

Ahuyentamiento

El ahuyentamiento o amedrentamiento es la técnica que tiene como finalidad propiciar el desplazamiento de los individuos de fauna silvestre que posee una elevada capacidad de desplazamiento (Hawthorne, 1987) a través de la generación de ruidos intensos por el empleo de sirenas de diferentes frecuencias, en distintas áreas y horas del día; en el proyecto el estímulo que se implementará será el ruido de una bocina de aire comprimido que se hará sonar momentáneamente en un extremo del frente de trabajo delimitado y después de 15 segundos se volverá a utilizar. A los dos minutos de haberse generado el segundo ruido, los supervisores de campo repetirán la técnica anterior y de manera consecutiva lo ejecutarán a lo largo del terreno.

Dicha medida se implementará una semana antes de realizar el muestreo con trampas y posteriormente realizarse cada semana hasta terminar el periodo de rescate previo a desmonte y despálme.



Figura VI-2. Sirena para envío de señales (Marca Ecoblast).

Rescate de fauna

En los frentes donde se realizó el ahuyentamiento se procederá con el rescate de la fauna de lento desplazamiento, para ello el personal ambiental recorrerá los frentes de trabajo removiendo de manera manual los microhábitats que podrían ser utilizados por la fauna como refugio en horario diurno y nocturno, una vez que se encuentre un ejemplar se procederá a su captura y contención física temporal para que pueda ser transportado a los sitios de reubicación.

Una vez que el ejemplar se encuentre listo para ser transportado en el sitio de captura se tomarán los datos de ubicación (coordenadas georreferenciadas) y se identificará al ejemplar a nivel especie para posteriormente transportarlo al sitio de reubicación. Los datos recabados serán registrados en una bitácora de rescate.

La implementación de esta medida será lo más cerca posible del inicio de obras, con el objetivo de impedir la recolonización del área del proyecto y se llevarán a cabo al grupo al que pertenezcan los ejemplares:

Reptiles

Las lagartijas serán capturadas de manera manual o una lazada de cuerda, ésta se utiliza para capturar efectivamente a las lagartijas por el cuello para inmovilizarlas cuando son de especies con gran agilidad y consta de un mango donde en un extremo se une un hilo delgado con una lanzada y del otro se ajusta manualmente, cuando se introduce el animal en la lazada se da un tirón rápido hacia arriba y el lazo se cerrará capturando al ejemplar (Aguirre, 2011). Una vez capturado el ejemplar, se sujetará manualmente y se le tomarán datos morfométricos, registro fotográfico e identificación a nivel de especie.

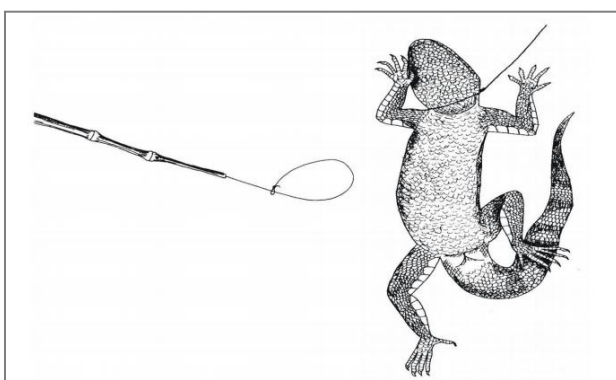


Figura VI-3. Captura de lagartijas con lazada (Aguirre, 2011).

Para las serpientes el manejo se hará exclusivamente ganchos herpetológicos debido a que estos permiten manipular de manera segura a los ejemplares y extraerlos de sus refugios con el siguiente método:

1. Al extraer al ejemplar de su refugio con la ayuda del gancho herpetológico se sujetará la cabeza contra el suelo realizando una ligera presión sobre ella a la altura de la base de la mandíbula.
2. Se sujetará la cabeza por la parte posterior con los dedos pulgar y medio, y con el dedo índice la parte superior.

3. Con otra mano se sujetará el cuerpo y se levantará cuidadosamente para la toma de datos morfométricos, registro fotográfico e identificación a nivel de especie.



Figura VI-4. Sujeción de cabeza de una serpiente de cascabel (Crotalus molossus) con ayuda de un gancho herpetológico.

Finalmente, tanto lagartijas como serpiente serán transportadas en costales de tela resistentes pero a la vez porosos; la manta suele funcionar siempre y cuando se asegure que no haya orificios en los costales y que el tamaño de los mismos sea proporcional al tamaño del animal. Se debe tener mucho cuidado de guardar adecuadamente al animal al momento de colocarlo dentro del costal o bolsa para su transporte.

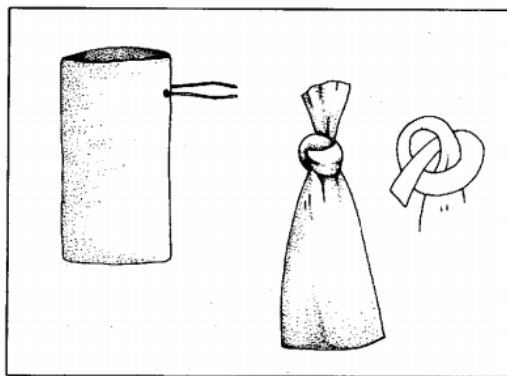


Figura VI-5. Nudo de cierre de costales de tela para transporte de reptiles (Scrocchi y Kretzchmar, 1996).

Aves (nidos)

Las aves del área del proyecto sólo se verán perturbadas durante el proceso del cambio de uso de suelo, por lo que no se capturarán para su reubicación ya que en presencia de un factor agreste estas migran a un área circundante de características similares al de su hábitat preferencial, además para que tenga mejor efecto el desplazamiento de las aves se realizará la técnica de ahuyentamiento o amedrentamiento descrito anteriormente. Por lo anterior, la actividad de rescate que se realizará al grupo de las aves será el monitoreo de nidos y delimitación de nidos.

Los nidos encontrados serán georreferenciados y delimitados para evitar su remoción durante el desmonte debido a que no se derribarán árboles que presenten nidos o que en su momento funcionen como refugio temporal de algunas aves, hasta que estas hayan abandonado por completo el nido o el refugio.

Aun cuando se propone un esfuerzo de rescate de nidos se sugiere que el procedimiento se ejecute cuando la época reproductiva esté por terminar, para así incidir menos en los sitios de anidación de las aves.

Mamíferos medianos y pequeños

El rescate de mamíferos se realizará después de que el personal ambiental recorrerá el frente de trabajo para identificar con cinta reflejante los refugios y madrigueras donde puedan habitar los mamíferos, lo anterior se realizará a través de trampas Sherman y Tomahawk:

- **Trampas Sherman:** son trampas en forma rectangular, plegadizas y de aluminio que poseen en el centro de su base una lámina que activa un sistema de resorte que cierra la entrada de la trampa, de manera que el

ejemplar queda en el interior al entrar por un cebo que se le colocará. El cebo será una avena, crema de maní y extracto de vainilla.

- **Trampas Tomahawk:** son rectangulares, de reja de alambre y plegadizas; su sistema es parecido al de las trampas Sherman ya que en su interior tienen un sistema de resorte que cerrará la entrada a la trampa cuando el ejemplar entre al ser atraído por un cebo de sardina o bien de la mezcla de avena, crema de maní y extracto de vainilla.

Una vez que se hayan identificados los sitios potenciales y verificado que el mecanismo de las trampas se encuentra en óptimas condiciones, el personal ambiental procederá a ir al sitio a colocar las trampas. Las trampas Sherman se colocarán en hileras separadas cada 5 metros para transectos de 40 trampas, se recomiendan 200 trampas por ha. El avance de la brigada de rescate debe ser de 1.0 hectárea por día.



Figura VI-6. Trampas “Sherman” y “Tomahawk” para la captura de mamíferos.

Las trampas se encontrarán abiertas durante todo el día por lo que se revisarán de manera continua durante el transcurso del día, y en el horario nocturno se procederá a colocar las trampas unas horas antes de la puesta de sol y al día siguiente se revisarán.

Los mamíferos capturados con trampas Sherman serán retirados de la trampa de manera manual hacia bolsas de tela, mientras que los mamíferos capturados en las trampas Tomahawk no serán retirados de las trampas sino que serán transportados en estas mismas, adicionando temporalmente una tela oscura sobre ellas para disminuir el estrés de captura de los ejemplares.

Registro de rescate

Todos los individuos rescatados serán registrados en un formato de campo y bitácora de rescate, los cuales permitirán contabilizar el número de individuos rescatados por especie, sitios geográficos con esfuerzos de captura, características físicas de los individuos y características del hábitat para la selección de los sitios de liberación.

Reubicación

Para realizar una adecuada selección de sitios de reubicación que permitan la sobrevivencia de los ejemplares rescatados, se recomienda evaluar sitios que a corto y mediano plazo sean poco probables de ser intervenidas por las actividades humanas, así como aquellas que posean condiciones bióticas y abióticas similares a las del polígono del proyecto.

En los sitios de reubicación se verificará que las condiciones ambientales sean equivalentes a las del área donde fueron rescatados los ejemplares de fauna, evitando en la medida de lo posible una sobrecarga en el nuevo sitio con liberaciones excesivas de individuos de la misma especie. Para cada grupo se seguirá las siguientes técnicas de liberación:

Reptiles

Dependiendo de la especie, los individuos pueden presentar hábitos diurnos o nocturnos por lo que previo a la liberación se revisará bibliográficamente el tipo de conducta que presentan las especies rescatadas para determinar el horario adecuado de liberación. Las lagartijas podrán ser manipuladas manualmente y su liberación se realizará en sitios que se asemejen a los sitios de su captura, desatando el nudo del costal y colocándolo al nivel del suelo, posteriormente el personal ambiental moverá el costal un poco para que el animal salga solo.

En el caso de las serpientes, en el sitio de liberación se colocará el costal cerrado en el suelo y con ayuda del gancho herpetológico se obstruirá la base del nudo del costal para que el personal pueda deshacerlo sin que la serpiente se acerque a la salida. Una vez que el costal ese abierto, el personal retirará el gancho y tomará la distancia necesaria para que con ayuda del gancho herpetológico mueva el costal y la serpiente quede liberada. En ambos casos el personal previo a la liberación tomará las coordenadas georeferenciadas de los sitios elegidos y los registrará en la Bitácora de Reubicación.

Mamíferos

Los mamíferos serán liberados por la mañana o en horario crepuscular de acuerdo a las características de las especies, por lo que el personal ambiental realizará una revisión bibliográfica para determinar el horario más adecuado para la liberación. Una vez se determine, el personal ambiental recurrirá al sitio propuesto para la reubicación y buscará microhábitats similares a los del sitio de rescate y procederá a tomar las coordenadas geográficas del sitio elegido. En el sitio, el personal ambiental abrirá el costal o trampa Tomahawak a nivel del suelo y realizará un movimiento ligero en el costal o trampa para que el ejemplar salga por sí sólo.

Capacitación del personal.

Uno de los factores más importantes para el éxito de las medidas de mitigación es la participación de los trabajadores, por lo que durante las etapas de preparación, construcción y operación del proyecto se implementarán capacitaciones para informar la responsabilidad con la que se deberán llevar a cabo las actividades para protección de la fauna. Los temas que se abordarán en las capacitaciones son:

- Diversidad de Fauna en el área del proyecto
- Especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y endémicas.
- Acciones a favor de la protección de fauna.
- Acciones en contra de la fauna: caza, captura y comercialización.
- Legislación y normatividad de protección de fauna.

Aunado a las capacitaciones en las áreas de trabajo se colocará señalización prohibitiva, restrictiva e informativa que informe al personal sobre la diversidad de fauna protegida y la prohibición de la cacería, captura o comercialización con especies de fauna silvestre que se lleguen a encontrar en el polígono del proyecto.

f) Indicadores

Para corroborar la aplicación de las medidas planteadas y su eficiencia para obtener los objetivos y metas propuestas en el presente programa, se propone el uso de indicadores que proporcionen información cuantitativa de la aplicación y eficiencia de las medidas propuestas. Los indicadores que se proponen para el *Subprograma de Rescate y Reubicación de Fauna Terrestre* son:

Indicadores de realización

- Número de individuos rescatados por especie.
- Número de individuos reubicados por especie.
- Número de trabajadores con capacitación para protección de fauna.

Indicadores de eficiencia

- % de sobrevivencia durante las actividades de rescate.
- % de sobrevivencia durante las actividades de reubicación.

g) Comprobación

Para el seguimiento de la implementación y supervisión del *Subprograma de Rescate y Reubicación de Fauna Terrestre* se proponen los siguientes sitios y documentación de seguimiento, que proporcionarán información de manera *mensual* para determinar el cumplimiento de la meta propuesta:

- Bitácoras de rescate y reubicación de fauna terrestre.
- Bitácora de actividades de ahuyentamiento de fauna terrestre.
- Bitácora de monitoreo de nidos y madrigueras de fauna terrestre.
- Listas de capacitación del personal para protección de fauna terrestre.
- Lonas informativas de protección de fauna terrestre.
- Evidencia fotográfica de la implementación de estrategias y medidas específicas.

h) Medidas de urgente comprobación

- En caso de que los indicadores de seguimiento y eficacia reporten un parámetro de alerta o inadmisibles, el personal ambiental aplicará las siguientes medidas de urgente aplicación:
- Si se identificara que la sobrevivencia de los individuos es menor al 80%, se tomarán medidas correctivas para la captura, manejo y transportación de los ejemplares.
- Si alguno de los animales mostrara signos de debilidad o enfermedad será revisado in situ por un médico veterinario. De ser necesario se proporcionará agua a los ejemplares antes de la liberación.
- Modificación de horarios de captura y liberación, y disminución de traslados para liberación.
- Contención de ejemplares en espacios y sitios adecuados para disminuir el estrés post-captura, hidratación y alimentación de estos.
- Valoración de nuevos sitios de liberación.
- Ingreso de especialistas, mayor número de personal en brigadas de rescate.

VI.2.3. PROGRAMA DE MANEJO DE FLORA

Durante las actividades de preparación del terreno, las actividades de desmonte y despalle provocarán un impacto ambiental sobre el componente de flora, por lo que para mitigar y compensar la pérdida de la cobertura vegetal en el área terrestre del proyecto se propone el **Programa de Manejo de Flora**, cuyo objetivo principal

será rescatar y reubicar la flora con importancia ecológica o de lento crecimiento; así como compensar el impacto a través de actividades de reforestación con especies nativas del área del proyecto y el SAR al final de la etapa de construcción. Para el cumplimiento del objetivo, el **Programa de Manejo de Flora** será implementado a través de dos subprogramas:

- *Subprograma de Rescate y Reubicación de Flora*
- *Subprograma de Reforestación*

Cada subprograma posee objetivos y metas específicas, así como indicadores ambientales que permitirán monitorear el éxito de las medidas propuestas. A continuación se presenta el desarrollo de los subprogramas.

VI.2.3.1. Subprograma de Rescate y Reubicación de Flora

El *Subprograma de Rescate y Reubicación de Flora* es propuesto con una serie de medidas que mitigarán el impacto sobre los componentes de flora al realizar el rescate y reubicación de ejemplares que se encuentren en el área del proyecto, previo a las actividades de desmonte y despalme.

Para este apartado se definirán las medidas de acuerdo a las formas de vida de los ejemplares registrados en el área del proyecto, considerando que en el área terrestre del proyecto se registra una vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia y que en este tipo de vegetación se reportan bibliográficamente las siguientes especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Ver Capítulo IV del presente estudio), las cuales serán prioritarias para las actividades de rescate:

Tabla VI-5. Especies reportadas bibliográficamente para el tipo de vegetación del área terrestre del proyecto que se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Nombre común	Especie	NOM-059-SEMARNAT-2010	Distribución
Cedro rojo	<i>Cedrela odorata</i>	Sujeta a protección especial	Nativa de México
Flor de corazón	<i>Talauma mexicana</i>	Amenazada	Nativa de México
Zopo	<i>Guatteria anómala</i>	Amenazada	Nativa de México
Palma chit	<i>Thrinax radiata</i>	Amenazada	Nativa de México

a) Objetivo general

Mitigar el impacto de pérdida de vegetación, por las actividades de desmonte y despalle, al implementar las medidas de rescate y reubicación de especies que posean importancia ecológica, económica, social y/o bajo alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

b) Objetivos particulares

- Elaborar y aplicar las técnicas apropiadas para evitar daño a cualquiera de las especies susceptibles de rescate dentro del área terrestre del proyecto.
- Rescatar especies relevantes que presentan una importancia ecológica, económica, social y/o hallada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, en el SAR que se pueda identificar dentro del área del proyecto.
- Colectar germoplasma que servirá para la propagación vegetativa de plantas de especies que se tenga comprobado su reproducción asexual,

considerando sobre todo de aquellas ecológicamente importantes y que presenten un valor comercial y/o cultural para la región.

c) Metas ambientales

- Lograr un 80% de sobrevivencia en individuos de especies listadas en categorías de la NOM-059-SEMARNAT-2010 en el resguardo temporal del vivero y reubicación después de los tres años de su establecimiento.

d) Estrategias y medidas específicas

Para dar cumplimiento a los objetivos y metas del *Subprograma de Rescate y Reubicación de Flora* se proponen las siguientes estrategias y medidas específicas:

- Delimitación de las áreas de desmonte y despalme.
- Identificación, selección y marcaje de ejemplares a rescatarse.
- Rescate de ejemplares susceptibles al subprograma.
- Mantenimiento y propagación de ejemplares rescatados en vivero temporal.
- Reubicación de ejemplares rescatados y propagados en áreas circundantes al área del proyecto.
- Monitoreo post-plantación.
- Rescate del suelo
- Capacitación de protección a la flora del área del proyecto.

Los procedimientos y métodos para implementar las estrategias y medidas específicas manifestadas se desarrollan en los siguientes apartados.

e) Metodología

Delimitación del área de desmonte y despalme

Con la finalidad de evitar afectaciones a la flora que se encuentre en la periferia del área terrestre del proyecto se realizará la delimitación mediante estacas con cinta reflejante del límite de la superficie autorizada para las actividades de desmonte y despalme. La delimitación será efectuada durante el levantamiento topográfico previo al inicio de las actividades.

Identificación, selección y marcaje de ejemplares a rescatarse

Como se mencionó en la introducción del presente subprograma, se considerarán como especies sujetas a las actividades de rescate y reubicación las especies enlistadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Por lo que, una vez delimitadas las áreas de desmonte y despalme, y previo a la preparación del área del proyecto, una cuadrilla ambiental realizará recorridos para la identificación, selección y marcaje de ejemplares a rescatarse con cinta reflejante.

Las condiciones que observará el personal ambiental para determinar que un ejemplar es susceptible de rescate serán su condición fitosanitaria, edad aproximada, estructuras reproductivas y lesiones. Bibliográficamente se ha reportado que los ejemplares que poseen mayor éxito en las actividades de rescate y reubicación son individuos jóvenes sin plagas o enfermedades y sin lesiones que puedan provocar por condiciones de estrés que disminuya su capacidad de sobrevivencia.

De igual manera, si durante los recorridos se logra reconocer especies que posean importancia ecológica, valor tradicional, capacidad de restauración y de lento crecimiento también serán seleccionadas para las actividades de rescate.

Todos los organismos marcados con cinta reflejante serán rescatados en una bitácora de rescate, donde se registrará: especie, coordenadas de ubicación, tipo de suelo, estado fitosanitario, presencia de estructuras reproductivas, hábitat y fecha de marcaje.

Técnicas de rescate

Las especies susceptibles a rescate se registran en estratos arbóreos, lo cual exige que existan protocolos de rescate logísticamente factibles por lo que se considera como técnicas de rescate la recolección de semilla y esquejes para propagación, y rescate de plántulas por cepellón. Se seleccionaron dichas técnicas al tomar en cuenta que el rescate de especies leñosas, sobre todo de gran porte o demasiado viejos, tiene actividades logísticas extremadamente complicadas con maquinaria específica y grandes espacios de maniobras, lo que resulta inviable para el proyecto.

1) *Recolección de semillas*

Los ejemplares marcados con la cinta reflejante que se encuentran fructificando o produciendo semillas al momento de la ejecución del proyecto serán los empleados para la obtención del germoplasma. Las semillas y frutos serán colectadas de forma manual al cortar aquellos que se encuentran a la mano mediante el uso de una tijera. Las semillas se seleccionarán de acuerdo a las que tengan mejor tamaño, ya

que el tamaño esta correlacionado con una mejor germinación; en el caso de que los frutos estén a una extrema altura se escalará por medio de un arnés forestal o recorte con tijeras para podar con extensión.

El personal ambiental deberá registrar mediante la ficha de recolección de semillas los datos del árbol semillero así como las medidas de conservación de las semillas, las cuales serán determinadas por cada tipo de especie. En la siguiente Figura se observa un ejemplo de ficha de recolección de semillas:

Ficha de recolección de semillas	
Identificación	Habitat
Familia _____	Tipo de vegetación _____
Género _____	Especies asociadas: _____
Especie _____	_____
Subespecie _____	m% _____
Nombre común _____	Composición del suelo _____
Datos de localización	M.O _____
Nombre del recolector _____	Profundidad _____
Número de recolección _____	Textura _____
Fecha de recolección _____	Composición _____
Projección/Polación _____	

Latitud _____	
Longitud _____	
Altitud _____	
GPS _____	
Exposición _____	
Información de colecta	Topografía
Material recolectado: _____	Ladera _____
Semilla <input type="checkbox"/> Fruto seco <input type="checkbox"/> Fruto húmedo <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>	Quelbrada _____
Lugar de recolección: _____	Terraza _____
Piso: <input type="checkbox"/> árbol <input type="checkbox"/> Ambos <input type="checkbox"/>	Carleada _____
Colecta botánica: _____	Planicie _____
Productividad: Baja <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/>	Cima de montaña _____
Información del sitio	Observaciones
Número de árboles colectados _____	
Fotografías _____	
Número de Fotografías _____	

Figura VI-7. Ficha técnica de colecta de semillas.

Como actividades previas a la colecta, los participantes recibirán capacitación en el uso de las herramientas como corta- ramas, tijeras, forcípulas, GPS, equipo para escalar, la forma de recolección y los cuidados preventivos (uso de googles y casco), así se repetirá en los dos años siguientes.

Las semillas se transportarán a un vivero temporal para su germinación en condiciones de vivero y según los requerimientos fisiológicos de cada especie.

2) **Rescate de esquejes**

El rescate de esquejes se realizará durante las épocas de sequías cuando las plantas acumulan nutrientes en el tallo y por lo tanto se favorece la generación de raíces en los esquejes que se obtengan. Para la colecta de los esquejes se seleccionará una parte del tallo con poco grado de lignificación que posea yemas vegetativas y apicales, de preferencia tres yemas vegetativas y una apical; posteriormente, se cortará el tallo a un tamaño de 30 cm y se humedecerá con agua.

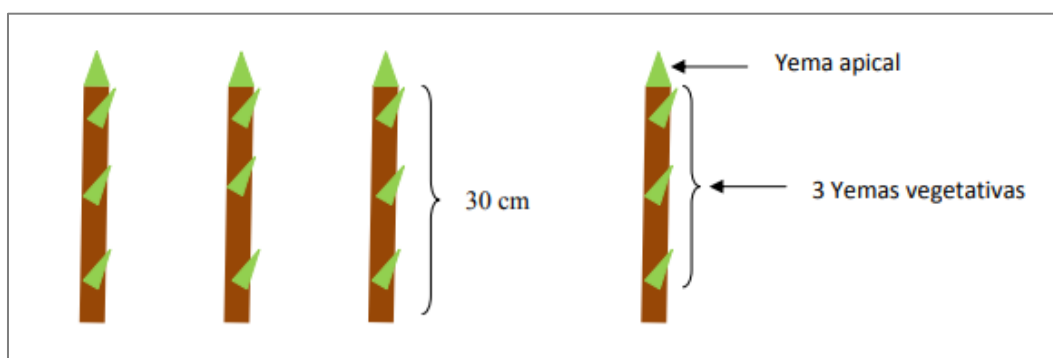


Figura VI-8. Ubicación de yemas en esquejes.

Los esquejes humedecidos serán transportados en bolsas plásticas herméticas al vivero temporal del proyecto para la implementación de los protocolos de enraizamiento.

3) **Rescate de plántulas**

Para la extracción de plántulas (ejemplares con tamaño máximo de 1 metro) se recomienda utilizar la técnica denominada “Extracción con cepellón”, la cual consiste en extraer los ejemplares con la mayor cantidad posible de suelo adherido a su sistema radical.

Como regla orientativa se recomienda que por cada centímetro de diámetro medido en la base del tronco se le deba dar 10 cm de diámetro al cepellón. Esto permitirá extraer raíces completas manteniendo las micorrizas asociadas que contribuyen a la mejor asimilación de los nutrientes y agua del suelo. Una vez realizada la extracción, las raíces se deben proteger con distintos materiales tales como malla gallinero, bolsas de plástico, o sacos de yute abrazando al cepellón.

Conforme se vayan extrayendo los individuos, estos deberán ir colocándose en carretillas ubicadas bajo sombra; previendo que no sean cubiertos con bolsas de plástico, ya que esto ocasionaría la deshidratación de los ejemplares. Una vez en la carretilla, las plantas serán transportadas lo más pronto posible a los viveros temporales para su recuperación y posterior reubicación.



Figura VI-9. Ejemplo del método de cepellón.

4) Mantenimiento y propagación de ejemplares rescatados

Los ejemplares rescatados serán trasladados a las instalaciones del vivero temporal del proyecto donde se les proporcionará a los individuos rescatados los cuidados requeridos de acuerdo a sus requerimientos específicos. En el caso de las semillas

y esquejes, estos serán reproducidos para la obtención de plántulas de las especies leñosas susceptibles a rescate.

Dentro de las actividades que se realizarán dentro del vivero temporal serán:

- Propagación de especies rescatadas por semillas.

Dependiendo de la especie, las semillas serán sembradas directamente en camas de germinación o bolsas de polietileno con un sustrato preparado de suelo del sitio y composta, o bien recibirán un tratamiento pregerminativo donde se pondrán las semillas a hervir o remojar a temperatura ambiente para favorecer la ruptura de la testa y facilitar la germinación.

Las mesas de germinación y bolsas de polietileno se ubicarán dentro del vivero temporal en un sitio que permita se conserve la humedad, se tenga una adecuada radiación solar y la temperatura sea constante, aunado a lo anterior se aplicarán riegos semanales. Una vez que las plántulas emerjan de las bolsas de polietileno o mesas de germinación y posean una altura de unos 10 cm se realizará su trasplante a contenedores más grandes para evitar el daño de sus raíces.

- Mantenimiento de plántulas.

Las plántulas se resguardarán en el vivero temporal en la bolsa de polietileno con la que fueron transportadas, por lo que los mantenimientos principales que se le brindarán será riego, seguimiento a plagas y enfermedades, deshierbe y poda. En caso de que los ejemplares crezcan lo suficiente serán trasplantados a bolsas de polietileno más grandes.

- Propagación vegetativa de esquejes.

Una vez que ingresen los esquejes al vivero temporal, personal especializado procederá al enraizamiento de los esquejes para la obtención de plántulas. El enraizamiento se promoverá haciendo un corte de 45° en la base del esqueje y sumergiéndolo a una concentración de enraizador, el cual se puede adquirir en múltiples tiendas de agroquímicos. Realizado lo anterior, se plantará la estaca en el sustrato preparado con suelo de la zona.

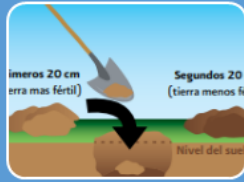
Para verificar que efectivamente las estacas están enraizando se realizará un muestreo extractivo de los clones, este proceso se deberá realizar aproximadamente a los 60 días después de la plantación. Si al pasar un periodo aproximadamente de 90 a 100 días después de la plantación no hay brotes de raíces, las estacas no enraizarán, por lo que se procederá a la recolecta.

5) Reubicación de ejemplares rescatados y propagados

Las plántulas y ejemplares propagados se reubicarán en un área aledaña al área terrestre del proyecto a través de la técnica de cepa común; si por condiciones del área circundante y propiedad entorno al área del proyecto se cuenta con dificultades para la reubicación de los ejemplares rescatados y propagados se realizarán gestiones con áreas de protección de flora y fauna, y jardines botánicos entorno al proyecto para que se realice la reubicación de los ejemplares en sus instalaciones.

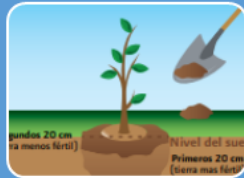
Técnica de plantación: CEPA COMÚN

El procedimiento de plantación por cepa común será de acuerdo al Manual básico de Prácticas de Reforestación de la Comisión Nacional Forestal (2010), como se describe a continuación:



Apertura de cepa

- En el sitio de plantación se realizará una excavación en el suelo de 40 cm de largo, 40 cm de ancho y 40 cm de profundidad, considerando que los primeros 20 cm de suelo superficial tendrá la tierra más fértil que deberá estar separada del resto del suelo.



Colocación dentro de la cepa

- Los individuos serán colocados dentro de la cepa (excavación) una vez que se les retire la bolsa de polietileno en la cual fueron transportados. A la vez se les agregarán los 20 cm de suelo con tierra más fértil y de manera subsecuente los 20 de tierra menos fértil.



Compactación

- Una vez colocado el ejemplar y rellenado la cepa, se compactará la tierra alrededor de la planta de forma ligera para evitar que por acción del viento y drenaje el suelo se erosione, y prevenir la deshidratación de la raíz al quedar expuesta.

Figura VI-10. Técnica de plantación: CEPA COMÚN.

Una vez finalizadas las actividades de reubicación, el personal ambiental registrará en sitio datos generales para el seguimiento del éxito de la actividad como son coordenadas de reubicación, tamaño del ejemplar y estatus fitosanitario.

Para evitar el estrés del trasplante, si la reubicación no se realiza en la época de lluvias, se hará la aplicación de nutrientes solubles en el agua que contengan N-P-K ya que estos aumentan considerablemente la tasa de sobrevivencia de las plantas, pero después de una semana de la reubicación. Se deben aplicar dosis constantes durante las épocas de crecimiento, generalmente en la primavera y el verano.

Monitoreo post-trasplante

La evaluación y monitoreo de los individuos reubicados se realizarán tanto para los ejemplares ubicados en torno al área terrestre del proyecto, las áreas de protección de flora y fauna, y jardines botánicos, considerando siempre las gestiones necesarias para dar dicho seguimiento. Para el caso de las especies enlistadas en la **NOM-059-SEMARNAT-2010**, así como las especies de lento crecimiento se sugiere que el monitoreo se haga cada mes hasta garantizar el éxito en el establecimiento de las plantas durante el primer año de establecimiento y posteriormente cada tres meses al segundo año y semestralmente al tercer año.

Para el resto de las especies se recomienda que el primer monitoreo se realice a los 30 días, y posteriormente realizarlo cada tres meses al menos durante los primeros 12 meses después de realizado el trasplante. Después del año de trasplante, el monitoreo se puede espaciar a cada 6 meses hasta el tercer año posterior a su trasplante.

Se deberá registrar en una bitácora cada una de las evaluaciones del monitoreo:

- Número de individuos trasplantados por especie.
- Tasa de sobrevivencia por especie.
- Tasa de mortalidad por especie.
- Posibles causas de mortalidad.
- Coloración de las hojas.
- Estado fenológico.
- Tasa de crecimiento de los individuos.
- Indicadores de depredación u otras enfermedades.

También es recomendable que durante el monitoreo se realice el deshierbe alrededor de los individuos trasplantados hasta que se garantice su establecimiento, ya que las malezas pueden interferir en su establecimiento y limitar su desarrollo. Se debe permitir el crecimiento de la vegetación nativa (malezas) en zonas donde no haya individuos trasplantados, pues favorece la recuperación y protección del suelo, así como la infiltración de la lluvia. En casos excepcionales en los que se requiera de suelo debido a la erosión en los sitios de trasplante, éste debe de tomarse de sitios y zonas aledañas teniendo cuidado de no alterar o dañar estos sitios.

Rescate del suelo

Una vez iniciada las actividades de desmonte y despalme se emplearán retroexcavadoras para realizar la excavación y colocación del suelo excavado en un sitio temporal dentro del área de trabajo hasta su movimiento a un almacén temporal de suelo. Debido a las características del sitio y el proyecto, se recuperará alrededor del 0 a 10 cm de la capa orgánica para actividades de reforestación, mientras que el resto del suelo será recuperado para su reincorporación en actividades de relleno y estabilización del terreno en sitios identificados durante la fase de la construcción por la promotora.

El almacenamiento temporal del suelo recuperado se ubicará en un sitio geotécnicamente estable, sin zonas de vegetación arbórea ni arbustiva, sin ocupar cauces de arroyos o cuerpos de agua, con la menor pendiente posible y delimitado y señalizado para evitar su contaminación. Al suelo almacenado se le realizarán riegos constantes y se le colocará encima parte del material vegetal producto del despalme para evitar su erosión eólica; por otra parte, para evitar la erosión pluvial

se propone utilizar en el perímetro del suelo acamellonado costales de arena para contención durante la temporada de lluvias.

Capacitación del personal

Una medida importante en los programas ambientales es la capacitación al personal involucrado en los proyectos debido a que favorece el conocimiento de las responsabilidades ambientales para evitar afectaciones a la flora presente en el área del proyecto. Por lo anterior, se capacitará al personal involucrado en las actividades de desmonte con materiales impresos donde se aprecien claramente las especies de mayor vulnerabilidad y recomendaciones enfocadas a evitar el daño físico a las especies que se encuentren señaladas.

Asimismo, en partes estratégicas del proyecto, se colocarán letreros alusivos a la prohibición de fogatas, corta y extracción de flora, así como las recomendaciones de proteger a este componente ambiental.

f) Indicadores

Para corroborar la eficiencia y correcta aplicación de las medidas específicas propuestas se utilizará indicadores que permitirán cuantificar las actividades realizadas para el cumplimiento de las metas y objetivos del *Subprograma de Rescate y Reubicación de Flora* de manera **mensual**.

Indicadores de realización

- Número de ejemplares rescatados por especie: plántulas, semillas y esquejes.

- Número de plántulas resguardadas en vivero temporal.
- Número de plántulas propagadas y resguardadas en vivero temporal (por semilla y por esqueje).
- Número de ejemplares reubicados.
- Número de personal que recibió capacitación de protección de flora.
- m³ de suelo recuperado y reincorporado.

Indicadores de eficiencia

- (%) de sobrevivencia de ejemplares durante su resguardo en el vivero temporal (En el caso de semillas y esquejes, una vez que se obtenga la plántula).
- (%) de sobrevivencia de ejemplares reubicados.

La sobrevivencia (%) es un indicador que se expresa mediante evaluación técnica, en base al porcentaje de ejemplares que subsistieron al trasplante y rescate (plantas reubicadas, plantas vivas, plantas muertas), y se obtiene de la siguiente manera:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^n ai}{\sum_{i=1}^n mi} \times 100$$

$\sum_{i=1}^n$ = Sumatoria de los datos de acuerdo a la variable *a* o *m*

p = proporción estimada de árboles vivos

ai = número de plantas vivas en el sitio de muestreo *ai*

mi = número de plantas vivas y muertas en el sitio de muestreo *i*

g) Comprobación

Para el seguimiento de la implementación y supervisión del *Subprograma de Rescate y Reubicación de Flora* se proponen sitios y documentación de seguimiento, los cuales consistirán en la base para la obtención de los datos numéricos requeridos para la evaluación de la realización y eficiencia de las medidas y estrategias, y el éxito hacia el cumplimiento de las metas establecidas.

Los documentos y sitios de seguimiento para el presente subprograma serán:

- Área terrestre delimitada para las actividades de desmonte y despalme.
- Bitácora de marcaje, rescate y reubicación de ejemplares por especie, con coordenadas geográficas y datos generales.
- Listas de capacitaciones de protección de flora.
- Evidencia fotográfica de implementación de estrategias y medidas específicas.
- Áreas de reubicación de ejemplares.

h) Medidas de urgente aplicación

En caso de detectarse el incumplimiento de las medidas de mitigación anteriormente mencionadas se llevarán a cabo las siguientes medidas de urgente aplicación:

- Reposición de ejemplares que no sobrevivan a las actividades de rescate, resguardo y reubicación.
- Mejora de protocolos de propagación para incrementar el éxito de sobrevivencia.

- Diagnóstico e implementación de medidas de atención a enfermedades y plagas.
- Riegos eventuales en caso de temporadas de sequías extremas.
- Sanción al personal que se encuentre afectando flora del área terrestre del proyecto.

VI.2.3.2. Subprograma de Reforestación

El *Subprograma de Reforestación* es propuesto con una serie de medidas que compensarán el impacto sobre los componentes de flora al realizar la plantación de individuos de especies nativas del SAR en áreas que requieran restauración y que serán gestionadas con la Comisión de Ecología del municipio. La reforestación será una actividad que se verá complementada con actividades de rescate y reubicación de flora, y se realizará con las especies que recomiende la autoridad del municipio y contemplando los criterios de Vanegas (2016) para la selección de especies para reforestación, los cuales se enlistan a continuación:

- Fácil propagación
- Resistencia a condiciones adversas
- Crecimiento acelerado
- Favorecimiento del restablecimiento de hábitat y alimento
- Utilidad adicional al efecto restaurador

a) Objetivo general

Compensar la pérdida de cobertura vegetal y restablecer de manera paulatina los servicios ecosistémicos derivados de dicha cobertura a través de la reforestación de áreas entorno al proyecto que sean propuestas por la autoridad ambiental del municipio.

b) Objetivos particulares

- Obtención de germoplasma de plantas nativas del Sistema Ambiental Regional para la producción de plántulas para actividades de reforestación.
- Reforestar áreas degradadas conforme se establezcan las gestiones con la Comisión de Ecología del municipio.
- Recuperar los servicios ecosistémicos derivados de la cobertura vegetal presente en la superficie de ocupación del proyecto.

c) Metas ambientales

- Obtener el 80% de sobrevivencia de individuos post-plantación.

d) Estrategias y medidas específicas

Para dar cumplimiento a los objetivos y metas del *Subprograma de Reforestación* se proponen las siguientes estrategias y medidas específicas:

- Obtención de plántulas nativas del SAR.
- Plantación de plántulas determinadas por la autoridad.
- Monitoreo post-plantación

Los procedimientos y métodos para implementar las estrategias y medidas específicas manifestadas se desarrollan en los siguientes apartados.

e) Metodología

Las medidas específicas propuestas para el *Subprograma de Reforestación* (obtención de plántulas, plantación y monitoreo post-plantación), serán implementadas de acuerdo a la siguiente metodología:

Obtención de plántulas

Debido a que en el área del proyecto el principal tipo de vegetación que se registra es selva mediana subperennifolia (Ver Capítulo IV) se considerará la obtención de plántulas mediante la colecta de semillas y esquejes dentro del área del proyecto, y compra de plántulas en viveros y Unidades Productoras de Germoplasma Forestal, de las especies que determine la Comisión de Ecología del municipio.

Por lo que **previo a las actividades de desmonte y despalme**, se gestionará con la Comisión de Ecología las especies y sitios de reforestación, para ello la promovente presentará una propuesta de las especies a reforestar. En caso de que en el listado autorizado se enlisten especies del área del proyecto se procederá a la recolección de semillas y esquejes a la par que la implementación de las actividades de marcaje y rescate del *Subprograma de Rescate y Reubicación de Flora*. Si las especies enlistadas y las autorizadas por la Comisión de Ecología son especies no registradas en el área del proyecto se procederá a buscar viveros y Unidades

Productoras de Germoplasma Forestal que puedan proporcionar plántulas de las especies autorizadas durante la etapa de construcción.

Tanto las plántulas, semillas y esquejes que sean para reforestación serán resguardadas en el vivero temporal del proyecto. Cabe señalar, que los esquejes serán propagados mediante un corte de 45° en la base del esqueje y sumergiéndolo en una fórmula de enraizador, el cual se puede adquirir en múltiples tiendas de agroquímicos. Realizado lo anterior, se plantará la estaca en el sustrato preparado con suelo de la zona.

Por su parte las semillas serán sembradas directamente en camas de germinación o bolsas de polietileno con un sustrato preparado de suelo del sitio y composta, o bien recibirán un tratamiento pregerminativo donde se pondrán las semillas a hervir o remojar a temperatura ambiente para favorecer la ruptura de la testa y facilitar la germinación. Las mesas de germinación y bolsas de polietileno se ubicarán dentro del vivero temporal en un sitio que permita se conserve la humedad, se tenga una adecuada radiación solar y la temperatura sea constante, aunado a lo anterior se aplicarán riegos semanales. Una vez que las plántulas emerjan de las bolsas de polietileno o mesas de germinación y posean una altura de unos 10 cm se realizará su trasplante a bolsas de polietileno más grandes para evitar el daño de sus raíces.

Independientemente del método de obtención de las plántulas, el personal ambiental registrará a los individuos que sean propagados en el vivero temporal en una Bitácora de Propagación, así como los tratamientos y cuidados que reciban durante su resguardo.

Plantación

Debido a que las actividades de reforestación se realizarán conforme a las gestiones de la promovente con la Comisión de Ecología del municipio, se considera preliminarmente que la técnica de plantación que se implementará será la técnica de plantación de cepa común conforme al Manual básico de Prácticas de Reforestación de la Comisión Nacional Forestal (2010), como se describe a continuación:

TÉCNICA DE PLANTACIÓN: CEPA COMÚN

1) **Apertura de cepa:** en el sitio de plantación se realizará una excavación en el suelo de 40 cm de largo, 40 cm de ancho y 40 cm de profundidad, considerando que los primeros 20 cm de suelo superficial será tendrá la tierra más fértil que deberá estar separada del resto del suelo.



Figura VI-11. Apertura de cepa común para plantación.

2) **Colocación dentro de la cepa:** los individuos serán colocados dentro de la cepa (excavación) una vez que se les retire la bolsa de polietileno en la cual fueron transportados. A la vez se les agregarán los 20 cm de suelo con tierra más fértil y de manera subsecuente los 20 de tierra menos fértil.

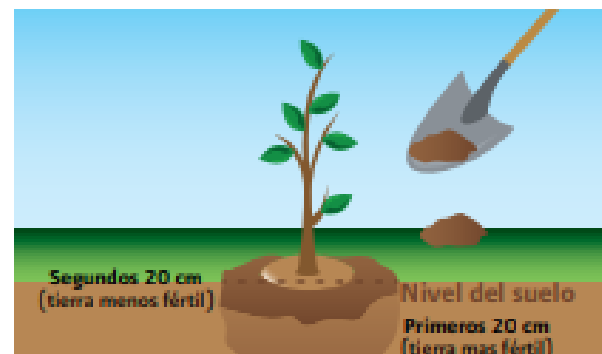


Figura VI-12. Colocación dentro de la cepa de los ejemplares reubicados.

3) **Compactación:** una vez colocado el ejemplar y rellenado la cepa, se compactará la tierra alrededor de la planta de forma ligera para evitar que por acción del viento y drenaje el suelo se erosione, y prevenir la deshidratación de la raíz al quedar expuesta.



Figura VI-13. Compactación de suelo una vez terminada la plantación.

Monitoreo y mantenimiento post-plantación

Una vez establecidas las plantas en el área de reforestación iniciará la etapa de seguimiento del área de reforestación, la cual incluye mantenimiento y monitoreo. Las actividades de mantenimiento que se implementarán son instalación de protecciones del área reforestada, el manejo integral de plagas y enfermedades, prácticas de prevención contra incendios, control de malezas, fertilización, reposición de planta muerta y aclareos, dichas actividades también serán gestionadas con la Comisión de Ecología del municipio cuando las actividades de reforestación se realicen en áreas públicas.

El éxito de la reforestación dependerá en gran parte del mantenimiento que se les dé durante el tiempo requerido, por lo que se propone que las actividades post-plantación se implementen durante un periodo de 3 años a partir del inicio de las obras de conservación de suelo, considerado que las plantas de la última reforestación cumplan tres años de establecimiento al finalizar el monitoreo.

Se ha planteado como meta del *Subprograma de Reforestación*, un porcentaje del **80% de sobrevivencia** y **del 20% de reposición**. En caso de no lograrse la supervivencia señalada se recomendará una serie de medidas emergentes.

f) Indicadores

Para corroborar la eficiencia y correcta aplicación de las medidas específicas propuestas se utilizará indicadores que permitirán cuantificar las actividades realizadas para el cumplimiento de las metas y objetivos del *Subprograma de Reforestación* de manera **mensual**.

Indicadores de realización

- Número de ejemplares a reforestar por especie.
- Número de plántulas resguardadas en vivero temporal.
- Número de plántulas propagadas y resguardados en vivero temporal (por semilla y por esqueje).
- Número de ejemplares reforestados.
- Superficie de reforestada.

Indicadores de eficiencia

- (%) de sobrevivencia de ejemplares durante su resguardo en el vivero temporal (En el caso de semillas y esquejes, una vez que se obtenga la plántula).
- (%) de sobrevivencia de ejemplares reforestados.

La sobrevivencia (%) es un indicador que se expresa mediante evaluación técnica, en base al porcentaje de ejemplares que subsistieron a la reforestación (plantas reforestadas, plantas vivas, plantas muertas), y se obtiene de la siguiente manera:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^n ai}{\sum_{i=1}^n mi} \times 100$$

$\sum_{i=1}^n$ = Sumatoria de los datos de acuerdo a la variable a o m

p = proporción estimada de árboles vivos

ai = número de plantas vivas en el sitio de muestreo ai

mi = número de plantas vivas y muertas en el sitio de muestreo i

g) Comprobación

Para el seguimiento de la implementación y supervisión del *Subprograma de Reforestación* se proponen sitios y documentación de seguimiento, los cuales consistirán en la base para la obtención de los datos numéricos requeridos para la evaluación de la realización y eficiencia de las medidas y estrategias, y el éxito hacia el cumplimiento de las metas establecidas.

Los documentos y sitios de seguimiento para el presente subprograma serán:

- Listado de especies a reforestar con número de ejemplares a plantar.
- Bitácora de obtención de germoplasma (indicar fecha de ingreso al vivero temporal de plántulas, semillas y/o esquejes por cada especie).
- Bitácora de mantenimiento y propagación en vivero.
- Bitácora de reforestación.

- Evidencia fotográfica de implementación de estrategias y medidas específicas.
- Áreas de reforestación.

h) Medidas de urgente aplicación

En caso de detectarse el incumplimiento de las medidas de mitigación anteriormente mencionadas se llevarán a cabo las siguientes medidas de urgente aplicación:

- Reposición de ejemplares que no sobrevivan a las actividades de reforestación.
- Mejora de protocolos de propagación para incrementar el éxito de sobrevivencia.
- Diagnóstico e implementación de medidas de atención a enfermedades y plagas.
- Riegos eventuales en caso de temporadas de sequías extremas.

VI.2.4. PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL

Debido a la naturaleza de las obras y la ubicación de las mismas, se ha considerado necesario la ejecución de un **Programa de Monitoreo Ambiental**, en el que abarque el área de influencia acuática adyacente al proyecto. Se busca demostrar que las condiciones que guardan actualmente el ecosistema marino, así como los bienes y servicios que proporcionan actualmente se conserven durante las etapas de preparación del sitio, construcción del proyecto, así como la operación y mantenimiento y un posible abandono de las instalaciones. Se plantea que el

Programa propuesto sea permanente, iniciando antes de la etapa de preparación del proyecto para el establecimiento de una línea base ambiental.

El **Programa de Monitoreo Ambiental** contempla dos monitoreos ambientales, los cuales tendrán como finalidad recabar información para analizar la modificación de la línea de costa y la alteración en la calidad de la columna de agua. Por lo que para su implementación se considera dos subprogramas:

- *Subprograma de Monitoreo de la Línea de Costa*
- *Subprograma de Monitoreo de Calidad del Agua*

Los resultados de ambos subprogramas permitirán establecer sobre bases científicas un esfuerzo sistemático de monitoreo del medio acuático, litoral y línea de costa y con ello vigilar la evolución de la calidad ambiental en el sitio del proyecto en la zona acuática, y en caso de requerirse, implementare medidas de urgente aplicación para mitigar y compensar los impactos identificados o no previstos. Es importante mencionar, que las metodologías que se expresan en cada uno de los programas de monitoreo podrán ser actualizadas conforme se generen mejores opciones de monitoreo de acuerdo al desarrollo del proyecto.

VI.2.4.1. Subprograma de Monitoreo de la Línea de costa

En referencia al Capítulo V del presente estudio, la línea de costa tendrá un impacto moderado, no obstante, la promovente ha considerado un monitoreo de la línea de costa que contribuya a dar un seguimiento a los procesos en el área del proyecto través del tiempo. El marco de referencia será la línea base de su dinámica natural, los resultados especializados de la hidrodinámica de la zona de estudio

(características de olaje, características granulométricas del material que conforman la playa, cálculo de transporte litoral indicando volumen y dirección) que ya se han presentado en el Capítulo IV.

La línea base se integrará en un sistema de información geográfica (SIG) con las características del medio litoral en la zona del proyecto, incluyendo perfiles topográficos antes de su implementación, así como fotografías aéreas para soporte estacional. Además, en el mismo SIG será integrada la información de biodiversidad en este sistema con la finalidad de conformar los informes sistemáticos correspondientes.

a) Objetivo general

Entender el estado actual de la línea de costa para determinar la evolución que puede presentar por el desarrollo del proyecto, mediante la implementación de un programa de monitoreo, que evalúe si el desarrollo del proyecto a través del tiempo genera cambios en la morfología de la playa del área del proyecto.

b) Objetivos particulares

- Obtener la información en campo para los elementos de soporte al estudio de dinámica de playa.
- Analizar la estructura de los perfiles en la zona de playa del área del proyecto.
- Identificar y aplicar indicadores de seguimiento para aspectos físicos del perfil topográfico.

c) Metas ambientales

- Implementar dos monitoreos anuales de la línea de costa durante las etapas de preparación y construcción.
- Implementar por lo menos un monitoreo anual de la línea de costa durante la etapa de operación del proyecto.

d) Estrategias

Para dar cumplimiento a los objetivos y metas del *Subprograma de Monitoreo de la Línea de Costa* se proponen las siguientes estrategias para realizar los monitoreos:

- Elaboración del perfil de la zona costera.
- Delimitación de áreas y zonas críticas.
- Seguimiento a imágenes satelitales.

Los procedimientos y métodos para implementar las estrategias manifestadas se desarrollan en los siguientes apartados.

e) Metodología

Elaboración de perfil de costa

El área del proyecto se caracteriza por ubicarse en una costa rocosa baja, donde debido a la resistencia de algunas rocas, se forman caletas rocosas y se reconocen afloramientos de escollos rocosos en la zona intermareal, los cuales están total o parcialmente sumergidos durante la pleamar, y quedando descubiertos durante bajamar (Castro, *et al.*,2005).

La fisiografía producida por la erosión diferencial en costas rocosas se expresa en forma de arcos, muescas de abrasión, que se forman en zonas de debilidad de las rocas. En rocas calcáreas como las que hay en el sitio de estudio se forman muescas por disolución, así mismo, las acciones biogénicas también contribuyen a la disolución de las rocas (Castro, *et al.*, 2005).

El sitio de estudio limita al norte donde termina la costa rocosa y comienza una playa extensa. Este cambio fisiográfico en la costa es indicativo de un cambio en la dinámica litoral, debido a que las playas se forman cuando la cantidad de material disponible sobrepasa el volumen de sedimento que puede ser transportado por el oleaje y las corrientes litorales (Castro, *et al.*, 2005).

Para determinar la evolución de la línea de costa se elaborará un perfil de costa en el sector de la playa cualitativamente a través de un lapso de tiempo (estacional, anual, etc.), donde se registrará mediante trabajo de campo y levantamiento topográficos las formas de la playa como la berma, barras o cordón, cúspides, pendiente de la playa, etc. a través de transectos perpendiculares a la línea de la costa a lo largo del SAR, midiendo la variación topográfica.

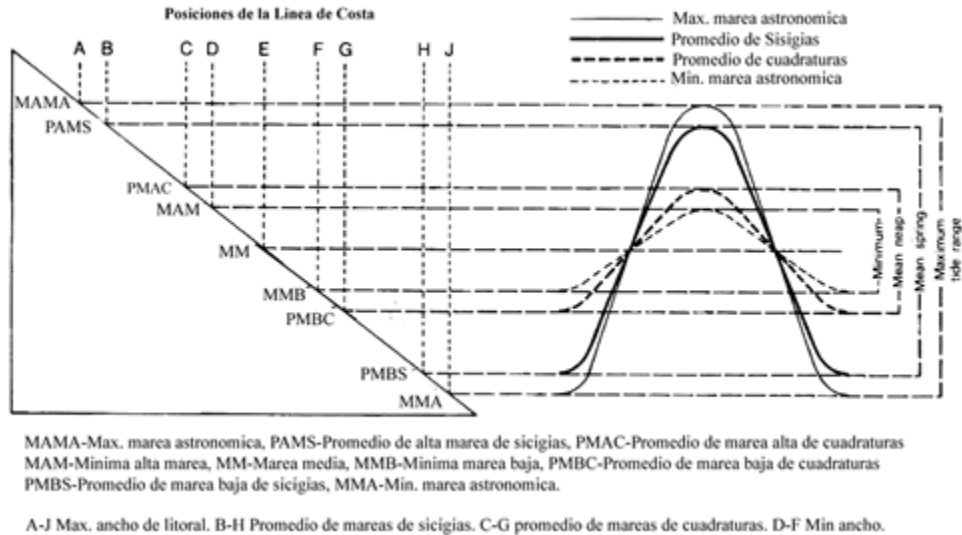


Figura VI-14. Datos posibles que se pueden recabar en la elaboración del perfil de costa (Tomado de Bird, E. 2000¹)

Delimitación de áreas y zonas críticas

El estado natural y poco afectado por actividades antropogénicas, en que se encuentra la zona de playa del proyecto, permitirá definir a nivel de detalle cuáles serán las áreas críticas y la zona de influencia en las que se efectuará el monitoreo correspondiente. En este sentido los sitios críticos en los que se enfocará la obtención de información de soporte a la línea base serán las zonas sin afectación actual.

En estos términos, las delimitaciones de referencia física del área crítica es la zona de corales y zona de dunas por lo tanto es importante conocer y comprender la

¹ Bird, Eric. 2000. Coastal Geomorphology. An Introduction. Wiley, West Sussex. 322pp.

dinámica general del sistema, como para poder identificar y ejecutar de manera eficiente el monitoreo.

Seguimiento a imágenes satelitales

La complejidad y dinamismo de la línea costera, obliga a un monitoreo más estricto y estandarizado para determinar los promedios anuales de tasas de erosión y por lo tanto los cambios en la línea de costa. Dichos promedios anuales serán calculados de una base de datos digital que consiste en las posiciones históricas de las líneas de costa, datos barométricos, digitalizadas de mapas y/o fotos aéreas, así como también levantadas topográficamente o, recientemente, con tecnología radar (LIDAR) o de posicionamiento global (GPS); actualmente las imágenes más adecuadas para realizar este monitoreo son las multiespectrales y pancromáticas captadas por el satélite QuickBird de Satellite Image Co.

Para iniciar con el análisis de las imágenes satélites se utilizarán cartografía a gran escala y fotografías aéreas de mediana a gran escala para mapear el área de playa del proyecto y las zonas críticas, y posteriormente se procederá a extraerla digitalmente. Estas imágenes serán comparadas semestralmente con la imagen precedente para obtener la distancia entre dos líneas de costa por segmentos y dividirla por la cantidad de años.

Todas las mediciones semestrales posteriores se analizarán de manera integral con los datos históricos para evaluar tendencias de variación de cada perfil.

f) Indicadores

El uso de indicadores permitirá evaluar la condición fundamental del ambiente, sin la necesidad de analizar la totalidad del sistema. En este documento se incluyen de manera descriptiva más no limitativa indicadores seleccionados respaldados por su aplicación generalizada dentro del ámbito científico especializado, se fundamentan en un marco de referencia teórico sólido que permite una interpretación precisa y se basan en la mejor comprensión científica disponible, de tal forma que los cambios en indicadores simples pueden relacionarse con tendencias ambientales más complejas.

Para el monitoreo se considerará como indicadores, de forma no limitativa:

- MAMA: Máxima marea astronómica
- PAMS: Promedio de alta marea sicigias
- PMAC: Promedio de marea alta de cuadraturas
- MAM: Mínima alta de marea
- MM: Marea media
- MMB: Mínima marea baja
- PMBC: Promedio de marea baja de cuadraturas
- PMBS: Promedio de marea de baja de sicigias
- MMA: Mínima marea astronómica+
- Tasa de erosión

De estos indicadores, la línea de alta marea es considerada como el mejor indicador, por la mayoría de los investigadores.

g) Comprobación

Para el seguimiento de la implementación y supervisión del *Subprograma de Monitoreo de Línea de Costa* se propone la siguiente documentación de seguimiento, la cual consistirá en la base para la obtención de los datos numéricos requeridos para la evaluación de la línea de costa.

Los documentos de seguimiento para el presente subprograma serán:

- Perfiles de playa.
- Imágenes satelitales.
- Análisis semestral de la información monitoreada.
- Reporte semestral del Programa de Monitoreo de la Línea de Costa.

VI.2.4.2. Subprograma de Monitoreo de Calidad de Agua

El Subprograma de Monitoreo de Calidad de Agua es crucial para definir como estaría operando el proyecto, es decir el análisis comparativo que se obtenga a partir de la línea base contra los resultados de monitoreo de la calidad de agua posteriores a la ejecución del proyecto nos dará un indicativo de evidenciar si el proyecto está tomando las medidas necesarias para la operación de las embarcaciones y con ello prevenir contaminación a medio marino.

a) Objetivo general

Monitorear la calidad del agua en torno al proyecto para corroborar que durante las etapas de preparación, construcción y operación del proyecto hay una afectación mínima de las condiciones fisicoquímicas del medio acuático.

b) Objetivos particulares

- Vigilar la calidad del agua del área en el medio acuático del proyecto y zonas críticas dentro del SAR.
- Generar datos históricos sobre la calidad del agua durante la operación del proyecto que permitan identificar cualquier desviación en los parámetros que requiera atención inmediata.
- Contar con información oportuna para la resolución de emergencias ambientales.

c) Metas ambientales

- Implementar dos monitoreos anuales durante las etapas de preparación y construcción.
- Implementar por lo menos un monitoreo anual durante la etapa de operación del proyecto.

d) Estrategias

Para dar cumplimiento a los objetivos y metas del *Subprograma de Monitoreo de la Calidad del Agua* se proponen las siguientes estrategias para realizar los monitoreos:

- Selección de puntos de monitoreo
- Procedimiento de muestreo

Los procedimientos y métodos para implementar las estrategias manifestadas se desarrollan en los siguientes apartados.

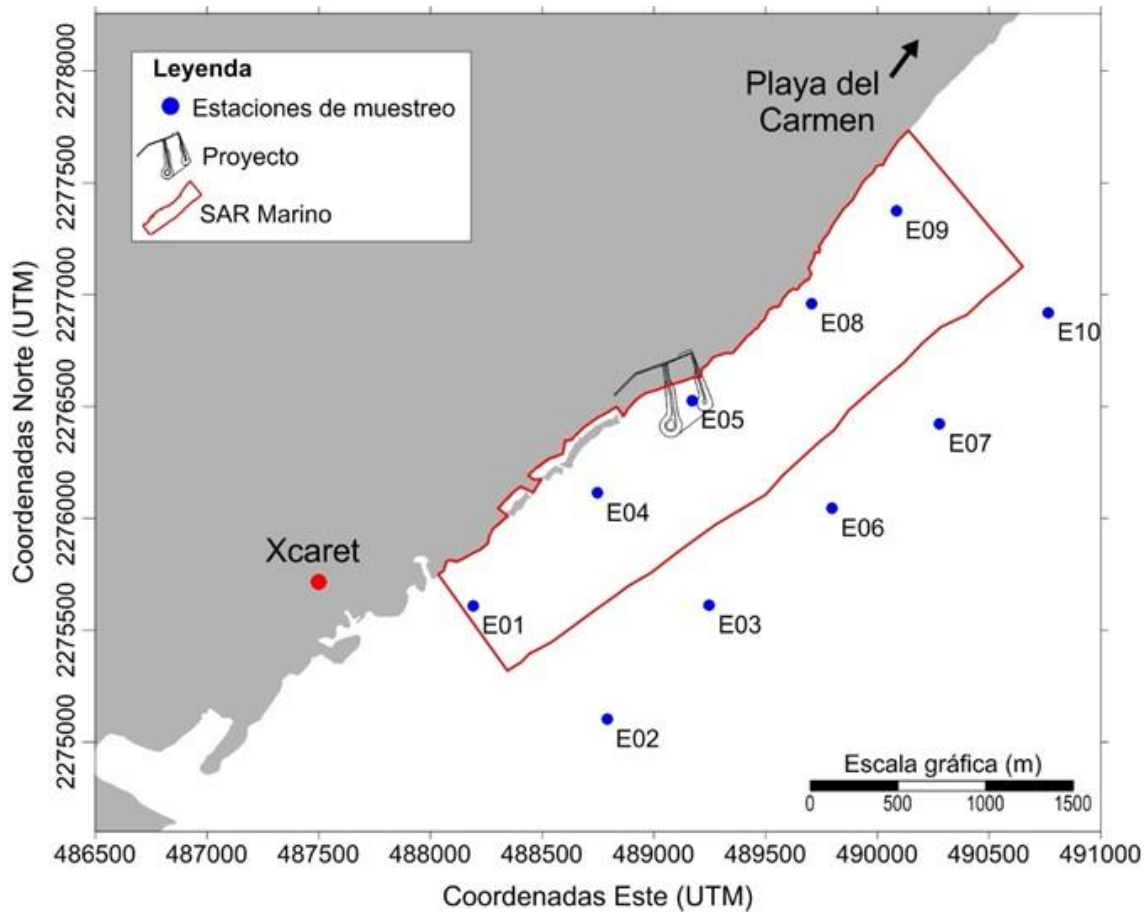
e) Metodología

Selección de puntos de monitoreo

Comprende la zona marino-costera inmediata adyacente al muelle en su litoral, en esta zona el monitoreo es necesario no solo por los posibles efectos del proyecto en caso de que sea autorizado, sino también y con igual grado de importancia, para discernir en qué medida cada uno de los actores que actualmente inciden sobre esta zona marino-costera, ejerce influencia de cualquier índole sobre el ambiente acuático, para lo cual es imprescindible considerar indicadores específicos aplicables a las posibles fuentes de impacto.

Para cubrir el monitoreo de la calidad del agua en la zona marino-costera adyacente al muelle en su litoral, será necesario cubrir un mínimo de 10 estaciones como se ilustra en la siguiente figura, ubicadas de tal manera que permitan obtener información sobre las condiciones ambientales locales.

Figura VI-15. Estaciones de monitoreo propuestas en la zona de estudio.



Las estaciones de monitoreo propuestas para la realización del subprograma de monitoreo de la calidad del agua, son las mismas estaciones que se consideraron para los estudios de campo realizados en la línea base.

A continuación se muestran las coordenadas de las estaciones de muestreo.

Tabla VI-6. Coordenadas de las estaciones de muestreo de la calidad del agua.

Estación	Coordenadas			
	X (UTM)	Y (UTM)	Latitud N	Longitud W
E01	488191.613	2275608.85	20.5794444	-87.113306
E02	488790.528	2275101.22	20.5748611	-87.107556
E03	489248.263	2275611.22	20.5794722	-87.103167
E04	488747.773	2276112.62	20.584	-87.107972
E05	489170.684	2276527.35	20.58775	-87.103917
E06	489798.558	2276044.33	20.5833889	-87.097889
E07	490279.32	2276422.16	20.5868056	-87.093278
E08	489706.479	2276960.47	20.5916667	-87.098778
E09	490085.926	2277375.24	20.5954167	-87.095139
E10	490765.914	2276919.89	20.5913056	-87.088611
E11	488947.693	2276383.01	20.5864444	-87.106056
E12	489034.469	2276278.44	20.5855	-87.105222
E13	489129.933	2276176.93	20.5845833	-87.104306
E14	489182.279	2276551.94	20.5879722	-87.103806
E15	489260.381	2276462.74	20.5871667	-87.103056
E16	489355.835	2276345.86	20.5861111	-87.102139
E17	489335.761	2276647.14	20.5888333	-87.102333
E18	489419.64	2276536.42	20.5878333	-87.101528
E19	489535.345	2276398.01	20.5865833	-87.100417
E20	489747.014	2276975.81	20.5918056	-87.098389

Procedimiento de muestreo

La toma de muestras se realizará en los sitios de monitoreo propuestos, para ello se utilizarán frascos estériles de color transparente con tapón esmerilado.

Por las características del punto de muestreo con bajo oleaje, se procederá a tomar las muestras a un metro de profundidad, tomando la muestra contracorriente del flujo entrante colocando la boca del frasco hacia abajo del agua y quitar el tapón

dentro del agua. Posteriormente, se invertirá el frasco para llenarlo hasta que quede 1/3 del frasco del volumen libre y se le colocará el tapón al frasco, se y etiquetará.

Durante el procedimiento de muestreo, se tomará una muestra adicional en cada sitio de muestreo y se registrará en una bitácora las coordenadas del sitio de muestreo, hora, temperatura, salinidad, pH, e identificación de la muestra. Tanto los datos de la etiqueta y del envase deben ser idénticos. Posteriormente, las muestras serán transportadas y preservadas a una temperatura de 1 a 5°C y en la oscuridad hasta el laboratorio donde se realizarán los análisis correspondientes, es de vital importancia que durante el transporte se evite la contaminación de las muestras, no sé congelen y el análisis no se realice 24 hrs después de haberse tomado las muestras.

El procedimiento de muestreo así como el análisis será responsabilidad de un laboratorio que se contraté y que se encuentre registrado ante la EMA (Entidad Mexicana de Acreditación, y será realizado de manera mensual durante el primer año para establecer la variación anual. En los años subsecuentes, los muestreos se harán estacionalmente o bien conforme las anomalías climáticas reportadas. Con esta estrategia se busca observar las desviaciones y tendencias, que permitan identificar las causas de las variaciones y discernir si se encuentran dentro del rango de variabilidad natural o si son resultado de la influencia antropogénica atribuible al proyecto.

f) Indicadores

Con el propósito de monitorear la calidad del medio acuático, reportar su estado o condición ambiental y a la vez vigilar el desempeño ambiental del proyecto, se seleccionaron como indicadores los propuestos por Quintero *et al.*, (2010)² que contempla indicadores de calidad del agua y de sedimentos.

FÍSICO-QUÍMICOS	BIOLÓGICOS	METALES
Color	Clorofila "a"	Hierro total
Olor	DBO5	Mercurio
Sabor	DQO	Cadmio
Temperatura	Recuento poblacional de hongos	Cobre
pH	Levaduras	Arsénico
OD	Aerobios mesófilos	Zinc
Saturación de oxígeno	Enterococos	Plomo
Transparencia	Bacterioplancton	Cromo
Turbiedad	Fitoplancton	Niquel
Dureza total	Biomasa zooplanctónica	OTROS ELEMENTOS /COMPUESTOS
Salinidad	MICROBIOLÓGICOS	Silicatos
Conductividad	Coliformes totales	Calcio
Grasas y aceites	Coliformes fecales	Sulfatos
Película visible de grasas y aceites	NUTRIENTES	Sulfuros
Sólidos disueltos totales	Fosforo total	PLAGUICIDAS
Sólidos sedimentables	Ortofosfatos (fósforo inorgánico disuelto)	Plaguicidas organoclorados
Sólidos suspendidos totales	Nitrógeno total	Plaguicidas fosforados
Sólidos totales	Amonio	HIDROCARBUROS
Sólidos totales fijos	Nitrito	Hidrocarburos aromáticos totales
Sólidos totales volátiles	Nitrato	Hidrocarburos totales del petróleo
Flotables		Hidrocarburos disueltos
Surfactantes		Hidrocarburos dispersos
Volumen de material particulado de carbón depositado en la costa		
Volumen de derrames accidentales		

Figura VI-16. Indicadores de la calidad del agua para monitoreos de agua marina de acuerdo a Quintero *et al* (2010).

² Quintero, Luz. Agudelo, E., Quintana, Y., Cardona, S., Osorio, A. 2010. Determinación de indicadores para la calidad de agua, sedimentos y suelos, marinos y costeros en puertos colombianos. *Revista de Gestión y Ambiente*. Vol. 3 (3). ISSN: 0124.177

FÍSICO-QUÍMICOS	METALES	PLAGUICIDAS
Temperatura	Hierro	Plaguicidas organoclorados
pH	Mercurio	Plaguicidas fosforados
Humedad	Cadmio	Hidrocarburos
Grasas y aceites	Arsénico	Hidrocarburos aromáticos totales
BIOLÓGICOS	Cobre	Hidrocarburos totales del petróleo – TPHS.
Demanda béntica	Zinc	NUTRIENTES
Carbono orgánico total	Cromo	Fósforo total
Materia orgánica	Plomo	Ortofosfatos (fósforo inorgánico disuelto)
	OTROS ELEMENTOS /COMPUESTOS	Nitrógeno total
	Calcio	Amonio
	Sulfuros	Nitrito
	Sulfuro ácido volátil	Nitrato

Figura VI-17. Indicadores de sedimentos establecidos para monitoreo de agua marina por Quintero et al (2010).

Estos indicadores conjuntamente representan en la práctica permiten sustentar reportes sistemáticos del estado de salud del sistema acuático del área del proyecto por lo que previo al inicio de actividades se obtendrán resultados de los parámetros para posteriormente, compararlos a través del tiempo y determinar por medio de un análisis estadístico si existen diferencias significativas que representen la contaminación del medio acuático por las actividades del proyecto o por agentes externos.

g) Comprobación

Para el seguimiento de la implementación y supervisión del *Subprograma de Monitoreo de Calidad de Agua* se propone la siguiente documentación de seguimiento, la cual consistirá en la base para la obtención de los datos numéricos requeridos para la evaluación de la línea de costa.

Los documentos de seguimiento para el presente subprograma serán:

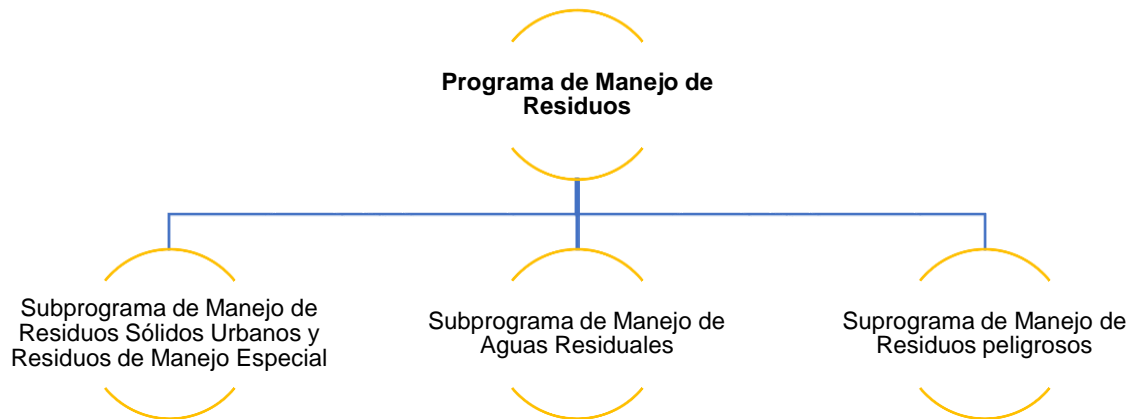
- Resultados de los análisis de calidad del agua.
- Protocolo de muestreo y análisis por la empresa contratada y registrada ante la EMA.
- Reporte semestral y/o anual del Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua.

VI.2.5. PROGRAMA DE MANEJO DE RESIDUOS

Durante las etapas de preparación, construcción y operación de proyecto se generarán materiales o productos que se desecharán. Si la disposición de estos materiales o productos de desecho, que denominaremos en lo subsecuente residuos, es de forma inadecuada se podría provocar alteraciones a la calidad del suelo y agua. Por lo anterior, se propone el **Programa de Manejo de Residuos** que tendrá como finalidad que durante las etapas del proyecto se realice una disposición adecuada de los residuos de acuerdo a la *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)*.

Para disminuir al máximo los riesgos de contaminación al suelo y principalmente al componente agua, se ha considerado pertinente proponer tres componentes en el **Programa de Manejo de Residuos**, los cuales se presentan en la siguiente Figura:

Figura VI-18. Subprogramas que conforman el Programa de Manejo de Residuos.



Cada uno de los subprogramas anteriores poseerá objetivos específicos que tendrán como principal eje de acción la prevención de la contaminación por una disposición inadecuado de los residuos en el suelo y agua del área del proyecto. Por lo anterior, también cada subprograma integra medidas particulares, indicadores de seguimiento y puntos de comprobación, los cuales permitirán identificar que durante las diferentes etapas del proyecto se realizan todas las medidas o acciones que se proponen.

VI.2.5.1. Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial

Para el presente subprograma se entenderá por residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial las definiciones establecidas en la *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*, por lo que quedarán sujetos al presente subprograma los siguientes residuos que podrían ser generados durante las etapas de preparación y construcción del proyecto:

Tabla VI-7. Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial que podrían ser generados en el proyecto.

Tipo de residuo	Clasificación	Residuos
Residuos Sólidos Urbanos	Orgánicos	Residuos de comida tales como restos de frutas, verduras, carnes, salsas y semillas.
	Inorgánicos	Papel, cartón, latas, papel, aluminio, cajas y envases de plástico. Vidrio, papel sanitario, toallas femeninas, unicef y RSU proveniente del procedimiento de tratamiento de aguas residuales.
Residuos de Manejo Especial	Residuos de desmonte y despalme	Ramas, pasto, hojas y troncos obtenidos de las actividades de desmonte y despalme.
	Residuos de construcción	Madera de tarimas rotas, tablones, pedacería de madera, cableado, restos de material de concreto, ladrillo, cemento, sobrantes y otros residuos que no sean sólidos urbanos que se generen por las obras asociadas a la ampliación de los bordos (reubicación de la línea de transmisión, etc.).
	Chatarra	Fierro, pedacería de lámina o todo tipo de materiales metálicos.
	Residuos de equipo ligero (automóviles)	Baterías automotrices y llantas.

a) Objetivo general

Implementar estrategias y medidas ambientales de manejo adecuado de residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial con la finalidad de prevenir la contaminación del suelo y agua del área del proyecto.

b) Objetivos particulares

- Establecer las acciones a implementar para cada tipo de residuo sólido urbano y de manejo especial conforme a la legislación y normatividad vigente.

- Disminuir la disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial en rellenos sanitarios a través de su valorización.
- Capacitar al personal en el manejo adecuado de residuos sólidos urbanos y de manejo especial mediante capacitación, talleres y señalamientos en el área del proyecto.

c) Metas ambientales

- Disponer al menos el 75% de los residuos valorizables en centro de acopio para reciclaje, reutilización y/o recuperación.
- Aprovechar al menos el 25% de residuos orgánicos para la elaboración de composta para actividades de reubicación de flora y reforestación.

d) Estrategias y medidas específicas

Para dar cumplimiento a los objetivos y metas del *Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial* se proponen las siguientes estrategias y medidas específicas:

- Identificación, clasificación y almacenamiento en sitio de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.
- Almacenamiento temporal de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.
- Valorización de residuos inorgánicos reciclables.
- Aprovechamiento de residuos orgánicos.
- Recolección y disposición final por una empresa externa.

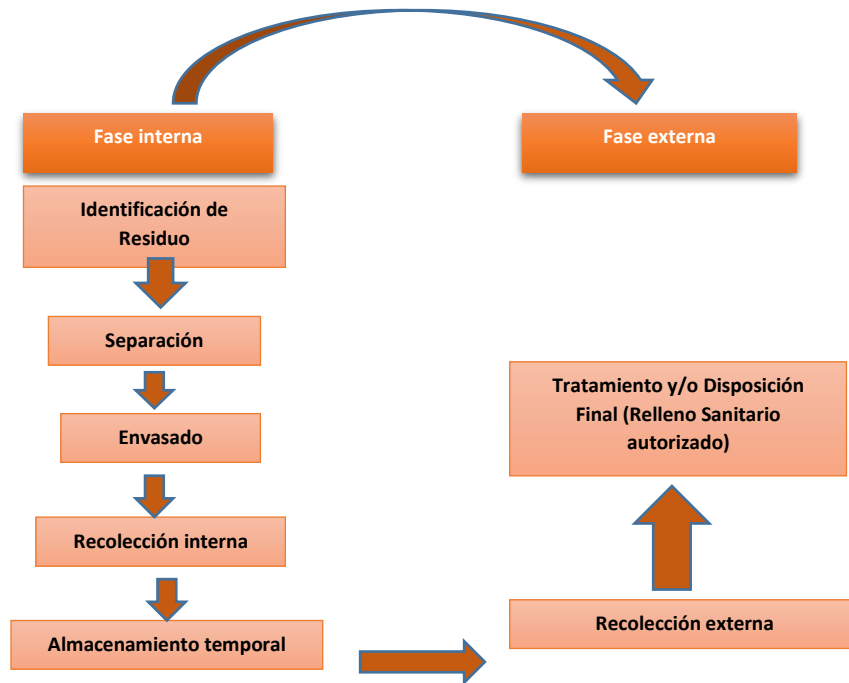
- Capacitación del personal para el adecuado manejo de los residuos.

Los procedimientos y métodos para implementar las estrategias y medidas específicas manifestadas se desarrollan en los siguientes apartados.

e) Metodología

Las estrategias y medidas propuestas para el manejo adecuado de residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial se realizarán en dos etapas: etapa interna y etapa externa. La etapa interna corresponde a las medidas que se llevarán a cabo dentro de las instalaciones del área del proyecto, por lo que serán responsabilidad directa de la promovente y sus trabajadores; por su parte la etapa externa, será realizada fuera de las instalaciones y para ello la promovente contratará empresas con autorizaciones vigentes para el transporte y disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial. En la siguiente Figura se muestra las estrategias y medidas que contempla cada una de las etapas anteriormente mencionadas:

Figura VI-19. Diagrama de Manejo de Residuos Sólidos y de Manejo Especial.



De forma adicional, se capacitará al personal para el manejo adecuado de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como sus responsabilidades ambientales durante el desarrollo de sus actividades para evitar la contaminación por residuos.

Fase Interna

1) *Identificación previa, separación y envasado*

Todo el personal de la promotora será responsable de clasificar los residuos sólidos urbanos de acuerdo a sus características (orgánicos e inorgánicos), y los residuos de manejo especial con respecto a su naturaleza (chatarra, construcción, etc.). Al finalizar sus labores diarias, el personal será responsable de depositar sus

residuos en los contenedores metálicos de 20 lt de residuos sólidos urbanos y las áreas asignadas para residuos de manejo especial. En ocasiones las áreas de trabajo estarán limitas de espacio por lo que de forma emergente se podrán colocar botes de plástico para sustituir los contenedores metálicos o bien costales debidamente identificados.

Tabla VI-8. Clasificación de residuos sólidos urbanos en el frente de trabajo.

Tipo de residuo	Clasificación	Color de contenedor	Residuos
Residuos Sólidos Urbanos	Orgánicos	Verde	Residuos de comida tales como restos de frutas, verduras, carnes, salsas y semillas.
	Inorgánicos	Gris	Papel, cartón, latas, papel, aluminio, cajas y envases de plástico. Vidrio, papel sanitario, toallas femeninas, unicef y RSU proveniente del procedimiento de tratamiento de aguas residuales.



Figura VI-20. Ejemplo de costales, contenedores y etiquetado para residuos sólidos urbanos en frentes de trabajo.

Para los residuos de manejo especial, considerando que son residuos voluminosos que difícilmente puedan ser resguardados en contenedores se ha determinado que

diariamente los trabajadores mantengan los residuos en un área delimitada fuera del contacto de cuerpos de agua durante la jornada, al finalizar deberán trasladarlos a los almacenes temporales de residuos de manejo especial.

Cabe señalar que tanto los contenedores para residuos sólidos urbanos así como las áreas para el almacenamiento en sitio de los residuos de manejo especial cumplirán con estar ubicados de forma estratégica, contar con señalización, alejados de los ecosistemas acuáticos, fuera del área del muelle durante la operación del proyecto y debidamente resguardados para evitar que por acción de la lluvia se pueda dar contaminación por lixiviados.

2) Recolección interna y Almacenamiento temporal.

Los residuos sólidos urbanos y de manejo especial generados durante la preparación, construcción y operación del proyecto serán recolectados por personal asignados para la actividad, y serán dispuestos dentro de los almacenes temporales, los residuos sólidos urbanos cuando los contenedores de los frentes de trabajo se encuentren al **80% de su capacidad** y los residuos de manejo especial diariamente.

En el almacén temporal de residuos sólidos urbanos se ubicarán contenedores más grandes de plástico o metal con tapa y claramente identificados, donde el personal realizará la clasificación de los residuos inorgánicos en: inorgánicos no reciclables e inorgánicos reciclables (papel, cartón, metal, PET y madera); y recuperará una parte de los residuos orgánicos para la elaboración de composta.



Figura VI-21. Ejemplo de contenedores para el Almacén Temporal de Residuos Sólidos Urbanos.

Por su parte los residuos de manejo especial, como se mencionó en el apartado anterior serán depositados diariamente por el personal en almacenes temporal que estarán debidamente delimitados y señalizados.

3) Valorización de residuos

Previo de la entrega de los residuos inorgánicos reciclables a la empresa de transporte y disposición, la promovente buscará las opciones para el rehúso y/o reciclado de residuos, para solicitar que empresas externas depositen los residuos en centros de recuperación o reciclaje que permitan que uno o más materiales de los residuos puedan ser involucrados en nuevos procesos industriales fuera del área del proyecto, y con ello disminuir los residuos que serán depositados en los rellenos sanitarios.

4) Aprovechamiento de residuos orgánicos

Los residuos orgánicos que se generen por el consumo de alimento, las actividades de desmonte y despalme se recuperarán para la elaboración y mantenimiento de composta en el vivero que se instalará para el proyecto. La composta al ser empleada en el mejoramiento suelos permite la integración de complejos de

carbono, elementos nutritivos (N, P, K, Ca, Mg y B) y fauna del suelo, que favorecerán a que las plantas reubicadas y propagadas para que tengan la disponibilidad de nutrientes adecuados para su crecimiento y desarrollo.

Fase Externa

5) *Recolección externa y disposición final.*

La actividad de recolección externa se llevará a cabo por unidades de recolección por parte de una empresa prestadora de servicio para este fin. Las unidades recolectoras conducirán los residuos sólidos urbanos y de manejo especial al sitio de disposición final o en su caso de reciclaje, serán trasladados a los centros de acopio o bien a las instalaciones donde se les dará un tratamiento específico.

Capacitación del personal

Una de las medidas primordiales de los programas ambientales es la capacitación al personal que se encuentre laborando dentro del proyecto, por ello como parte de las medidas del *Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial*, se considera la capacitación al personal, la cual consistirá talleres y capacitaciones, las cuales serán programadas de acuerdo a las actividades del proyecto.

Para este subprograma, los temas de capacitación que se abordarán serán:

- Impactos ambientales negativos del manejo inadecuado de residuos.
- Identificación de residuos que se generan en el frente de trabajo, su adecuada clasificación en los contenedores y en su caso de etiquetado.
- Orden y limpieza en áreas de trabajo y almacenamiento en sitio de residuos.

- Ubicación y manejo adecuado de residuos en almacenes temporales dentro del proyecto.
- Destino de los residuos después de su almacenamiento.
- Atención a manejo inadecuado de residuos.
- Legislación mexicana sobre manejo de residuos.

Aunado a lo anterior, en los frentes de trabajo cerca a los contenedores y almacenes temporales de residuos, así como en el ingreso se colocarán lonas informativas con los lineamientos en el manejo de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como declaraciones preventivas y prohibitivas para evitar la contaminación del suelo y agua por una disposición inadecuada de residuos.

f) Indicadores

Para corroborar la eficiencia y correcta aplicación de las medidas específicas propuestas se utilizará indicadores que permitirán cuantificar las actividades realizadas para el cumplimiento de las metas y objetivos del *Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial* de manera **mensual**.

Indicadores de realización

- Kg del total de cada tipo de residuo: residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial.
- Kg del total de cada tipo de residuo que fue depositado en vivero, centros de reciclaje o recuperación, y/o relleno sanitario.

- Número de personal que recibió capacitación sobre el manejo de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

Indicadores de eficiencia

- (%) de residuos orgánicos generados que fue utilizado para composta.
- (%) Residuos reciclables depositados en centros de acopio y reciclaje del total de residuos generados.
- (%) Residuos depositados en rellenos sanitarios del total de residuos generados.
- (%) Personal con capacitación sobre manejo de residuos con respecto al total de personal del frente de trabajo.

g) Comprobación

Para el seguimiento de la implementación y supervisión del *Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial* se proponen sitios y documentación de seguimiento, los cuales consistirán en la base para la obtención de los datos numéricos requeridos para la evaluación de la realización y eficiencia de las medidas y estrategias, y el éxito hacia el cumplimiento de las metas establecidas.

Los documentos y sitios de seguimiento para el presente subprograma serán:

- Bitácora de almacenamiento y disposición de residuos.

- Manifiestos y/o comprobantes de servicios de recolección de residuos.
- Autorizaciones ambientales de las empresas recolectoras y de disposición final.
- Listas de capacitaciones sobre manejo de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.
- Contenedores en frentes de trabajo.
- Almacenes temporales de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.
- Señalización en el frente de trabajo.
- Evidencia fotográfica de implementación de estrategias y medidas específicas.

h) Medidas de urgente aplicación

En caso de detectarse el incumplimiento de las medidas de mitigación anteriormente mencionadas se llevarán a cabo las siguientes medidas de urgente aplicación:

- Recolección inmediata de residuos que se encuentren dispersos en las áreas de trabajo, en contenedores saturados y fuera de almacenes temporales.
- Separación inmediata de residuos no peligrosos cuando el personal detecte que se encuentran mezclados con residuos peligrosos, siempre y cuando no haya contaminación, en caso de contaminación, todos se manejaran como residuos peligrosos.
- Separación inmediata de residuos cumpliendo con la clasificación establecida en almacenes en sitio y almacén temporal cuando el personal detecte una separación inadecuada de acuerdo con la compatibilidad.

- Recolección externa inmediata cuando el almacén temporal se encuentre saturado.
- Sancionar a las contratistas que en repetidas veces incumplan con las medidas específicas del subprograma.

VI.2.5.2. Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos

El Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos ha sido diseñado para prevenir la contaminación del suelo y agua del área del proyecto por la disposición inadecuada de aguas residuales que se generen por las necesidades fisiológicas del personal que se encuentre en el área del proyecto. Se entenderá en lo subsecuente como agua residual la definición establecida en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

a) Objetivo general

Manejar adecuadamente las aguas residuales que se generen durante las etapas de preparación y construcción del proyecto para evitar su descarga inadecuada en cuerpos de agua y suelo, y por lo tanto se genere contaminación a los componentes ambientales presentes en el área del proyecto.

b) Objetivos particulares

- Prevenir que el personal defeca al aire libre por la falta de instalaciones adecuadas para realizar sus necesidades fisiológicas.
- Instalación de sanitarios portátiles para evitar la contaminación del suelo y agua.
- Manejo de aguas residuales de los sanitarios portátiles a través de una empresa debidamente autorizada.

c) Metas

Registrar **cero** incidentes y accidentes ambientales derivados de la falta de sanitarios portátiles y el manejo inadecuado de las aguas residuales.

d) Estrategias y medidas específicas

Para dar cumplimiento a los objetivos y metas del *Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos* se proponen las siguientes estrategias y medidas específicas:

- Instalación de un sanitario portátil por cada 10 trabajadores.
- Limpieza y mantenimiento cada tercer día de los sanitarios portátiles.
- Supervisión de sanitarios portátiles.
- Capacitación del personal para evitar la defecación al aire libre y el uso adecuado de sanitarios portátiles.

Los procedimientos y métodos para implementar las estrategias y medidas específicas manifestadas se desarrollan en los siguientes apartados, considerando

que durante la operación, no se prevé la generación de aguas residuales asociadas con este proyecto.

e) Metodología

Instalación de sanitarios portátiles

Una vez se inicie la etapa de preparación y durante la etapa de construcción se instalarán sanitarios portátiles en proporción de uno por cada 10 trabajadores. Los sanitarios portátiles que se proponen para uso son casetas con 300 usos con wc con tapa, mingitorio, tanque para almacenamiento de aguas residuales bien sellado y con productos aromatizantes y desinfectantes.

La instalación de los sanitarios portátiles se realizará a través de una empresa externa a quien se le dará la ubicación exacta de donde se colocarán los sanitarios dentro del polígono del proyecto para evitar que por poco espacio, falta de estabilidad en el terreno o difícil acceso sean poco funcionales los sanitarios y el personal realice prácticas inadecuadas.

De igual forma, se colocará en la base de los sanitarios una capa de 30 cm de concreto y/o material pétreo para evitar que estén en contacto directo con el suelo.

Limpieza y mantenimiento de sanitarios portátiles

Cada tercer día se solicitará a la empresa encargada de la instalación que realice el mantenimiento y limpieza de los sanitarios portátiles. La limpieza consistirá en la succión del agua residual a través de una bomba que dirigirá los residuos a un carro-tanque que transportará las aguas residuales a un sitio de descarga autorizado. De igual forma, la empresa realizará la limpieza externa e interna de los sanitarios

portátiles, y en caso de encontrar alguna imperfección en el tanque de almacenamiento hará los mantenimientos requeridos.

Durante esta etapa, debido a que en ocasiones por la limpieza pueden existir escurrimientos de agua jabonosa o fugas de la bomba de agua residual, el personal ambiental de la promotora vigilará el procedimiento y en caso de identificar alguna anomalía solicitará a la empresa externa su retiro del frente de trabajo y el cambio de unidad de limpieza.

Finalmente, el agua residual que sea recolectada por la empresa externa será descargada en una planta de tratamiento de aguas residuales o puntos de descarga, de acuerdo a las autorizaciones obtenidas por la empresa externa, por lo que el personal ambiental solicitará la autorización correspondiente a la empresa para el registro de la disposición final de aguas residuales.

Supervisión de sanitarios portátiles

El personal ambiental del proyecto realizará la supervisión diaria de los sanitarios portátiles con la finalidad de verificar que los trabajadores realicen un adecuado uso de ellos y para identificar alguna fuga del tanque de almacenamiento de aguas residuales.

De forma adicional, cada tercer día el personal ambiental verificará que la empresa externa haya realizado la succión y limpieza de los sanitarios y registrará en una bitácora la fecha de servicio y el operador encargado del auto-tanque, y solicitará al operador el comprobante de limpieza correspondiente.

Capacitación del personal

El personal del área del proyecto será capacitado por medio de una plática de cinco minutos y letreros indicativos sobre el objetivo de los sanitarios portátiles y su adecuado uso. Conforme al desarrollo del proyecto se reiterará en las charlas de inicio de jornada el uso de los sanitarios para evitar la defecación al aire libre y las consecuencias del el uso inadecuado de dichas instalaciones.

f) Indicadores

Para corroborar la eficiencia y correcta aplicación de las medidas específicas propuestas se utilizará indicadores que permitirán cuantificar las actividades realizadas para el cumplimiento de las metas y objetivos del *Subprograma de Manejo de Aguas Residuales* de manera **mensual**.

Indicadores de realización

- Número de sanitarios portátiles en el área del proyecto.
- Número de servicios de limpieza y mantenimiento de sanitarios portátiles.
- Número de personas capacitadas para el uso adecuado de los sanitarios portátiles.

Indicadores de eficiencia

- Relación entre el número de sanitarios portátiles y el número de trabajadores.
- Frecuencia de limpieza en el mes.

- (%) de trabajadores del proyecto con capacitación del total que se encuentra laborando.
- No. de reportes por condiciones inadecuadas de los sanitarios portátiles.

g) Comprobación

Para el seguimiento de la implementación y supervisión del *Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos* se proponen sitios y documentación de seguimiento, los cuales consistirán en la base para la obtención de los datos numéricos requeridos para la evaluación de la realización y eficiencia de las medidas y estrategias, y el éxito hacia el cumplimiento de las metas establecidas.

Los documentos y sitios de seguimiento para el presente subprograma serán:

- Bitácora de limpieza y mantenimiento de sanitarios portátiles.
- Manifiestos y/o comprobantes de servicios de instalación, limpieza y mantenimiento de sanitarios portátiles.
- Autorizaciones ambientales de las empresas para la recolección y descarga de aguas residuales.
- Listas de capacitaciones sobre el uso adecuado de sanitarios portátiles.
- Instalación de sanitarios portátiles en proporción al número de trabajadores de los frentes de trabajo.
- Condiciones de la plataforma donde se ubicarán los sanitarios portátiles para evitar su contacto directo con el suelo.
- Evidencia fotográfica de implementación de estrategias y medidas específicas.

h) Medidas de urgente aplicación

En caso de detectarse el incumplimiento de las medidas de mitigación anteriormente mencionadas se llevarán a cabo las siguientes medidas de urgente aplicación:

- Clausura de sanitarios portátiles a los cuales se les haya identificado fugas en el tanque de almacenamiento o falta de limpieza para su atención inmediata por parte de la empresa externa.
- Sanciones al personal que se encuentre haciendo un uso inadecuado de los sanitarios portátiles o defecando al aire libre.
- Recolección de suelo y/o sustrato impregnado por agua residual para su manejo adecuado y evitar que por acción de la lluvia se infiltre.
- Incrementar el número de limpiezas a la semana a realizar y el número de sanitarios si se detecta una deficiencia en las condiciones de limpieza.

VI.2.5.3. Subprograma de Manejo de Residuos Peligrosos

Durante las etapas de preparación y construcción se podrían generar residuos peligrosos por la operación de maquinaria y equipo, considerando que para el presente subprograma se entenderá por residuos peligrosos la definición establecida en la *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. Por lo anterior, estarán sujetos al subprograma los siguientes residuos peligrosos que han sido identificados a través de la Norma Oficial Mexicana NOM-052-

SEMARNAT-2005; Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.

Tabla VI-9. Residuos peligrosos que podrían generarse en el proyecto.

Residuos peligrosos	Descripción	Características de peligrosidad					
		C	R	E	T	I	B
Aceite lubricante gastado	Aceite lubricante obtenido del mantenimiento de equipos.				x	x	
Sólidos de mantenimiento automotriz	Filtros usados, mangueras y otras partes impregnadas con aceites, grasas, etc. del mantenimiento automotriz.				x	x	
Sólidos impregnados con hidrocarburo	Trapos y estopas impregnados con hidrocarburos, producto de la limpieza de equipo y maquinaria.				x	x	
Sólidos impregnados con solventes y/o pinturas	De mantenimiento de maquinaria y equipo, así como de la infraestructura				x	x	
Tierra impregnada con hidrocarburo	De las áreas de operación y mantenimiento donde haya derrames accidentales				x	x	

*C= corrosivo, R= reactivo, E= explosivo, T= tóxico, I= inflamable y B= biológico infeccioso.

a) Objetivo general

Implementar estrategias y medidas ambientales de manejo adecuado de residuos peligrosos que se generen por la operación y mantenimiento de maquinaria, con la finalidad de prevenir la contaminación del suelo y agua del área del proyecto.

b) Objetivos particulares

- Establecer las acciones generales para evitar la generación de residuos peligrosos por un manejo inadecuado de sustancias químicas peligrosas.

- Realizar la recolección, identificación y contención de residuos peligrosos en las áreas de generación.
- Almacenamiento de los residuos peligrosos de acuerdo a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su reglamento.
- Disponer los residuos peligrosos principalmente en centros de coprocesamiento a través de una empresa externa con autorización para recolección, transporte y disposición final.
- Capacitar al personal en el manejo adecuado de residuos peligrosos mediante capacitación, talleres y señalamientos en el área del proyecto.

c) Metas ambientales

- Disponer al menos el 25% de los residuos peligrosos en un sitio de coprocesamiento y/o reciclaje autorizado.

d) Estrategias y medidas específicas

Para dar cumplimiento a los objetivos y metas del *Subprograma de Manejo de Residuos Peligrosos* se proponen las siguientes estrategias y medidas específicas:

- Prevención y atención a derrames de hidrocarburos.
- Identificación, clasificación y almacenamiento en sitio de residuos sólidos peligrosos.
- Almacenamiento temporal de peligrosos.
- Recolección y disposición final por una empresa externa.

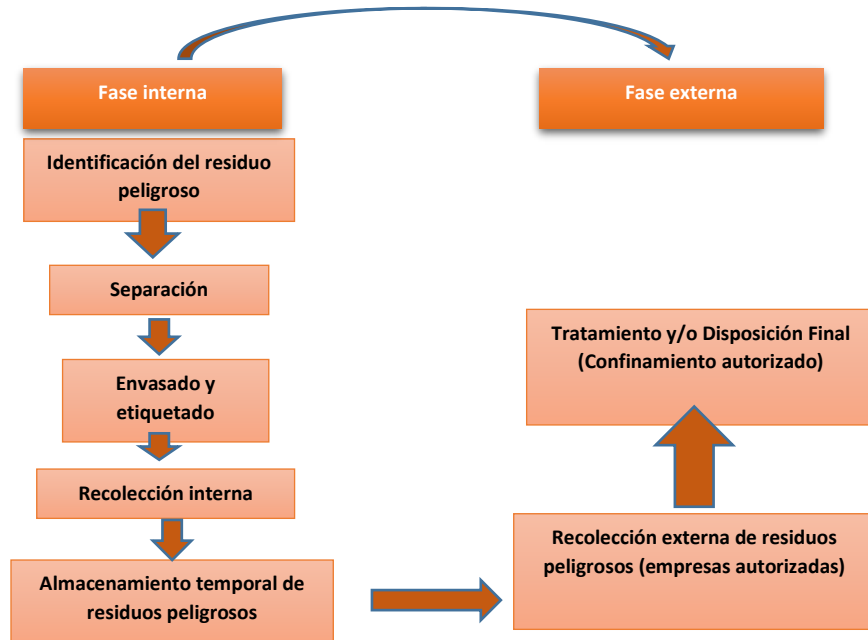
- Capacitación del personal para el adecuado manejo de los residuos peligrosos.

Los procedimientos y métodos para implementar las estrategias y medidas específicas manifestadas se desarrollan en los siguientes apartados.

e) Metodología

Las estrategias y medidas propuestas para el manejo adecuado de residuos peligrosos se realizarán en dos etapas: etapa interna y etapa externa. La etapa interna corresponde a las medidas que se llevarán a cabo dentro de las instalaciones del área del proyecto, por lo que serán responsabilidad directa de la promovente y sus trabajadores; por su parte la etapa externa, será realizada fuera de las instalaciones y para ello la promovente contratará empresas con autorizaciones vigentes para el transporte y disposición final de los residuos peligrosos. En la siguiente Figura se muestra las estrategias y medidas que contempla cada una de las etapas anteriormente mencionadas.

Figura VI-22. Diagrama del Programa de Manejo de Residuos Peligrosos.



De forma adicional, se consideran medidas preventivas de la generación de residuos peligrosos y se capacitará al personal para el manejo adecuado de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como sus responsabilidades ambientales durante el desarrollo de sus actividades para evitar la contaminación por residuos.

Prevención y atención de derrames de hidrocarburos

El uso de maquinaria y equipo en las actividades de preparación y construcción podría provocar la contaminación del suelo al utilizar hidrocarburos para su funcionamiento, por lo que se implementará mantenimientos preventivos y correctivos en áreas autorizadas con superficies adecuadas. Por ningún motivo estará permitido realizar mantenimientos dentro del área de trabajo sobre suelo natural; de igual manera para prevenir la contaminación del suelo y agua se

utilizarán embudos y bombas manuales para evitar que durante el transvase o manipulación se generen fugas o derrames y durante la etapa de operación se promoverá el uso de químicos biodegradables que no posean las características de corrosividad, reactividad, tóxico o inflamables, ya que estos químicos podrían dar lugar a la generación de residuos peligrosos.

Si durante la operación algún equipo o maquinaria presenta fugas o derrames será suspendido de las actividades y se le colocarán materiales absorbentes en el área donde se presenta la falla para evitar la contaminación del suelo hasta que sea trasladado al taller de mantenimiento, y el suelo contaminado se recogerá y manejará como residuo peligroso como se establece en el *Subprograma de Manejo de Residuos Peligrosos* del presente plan; si se llegará a presentar un derrame de hidrocarburo considerable (mayor a 1m³) se procederá a su atención inmediata con un kit para derrames que tendrá como función principal contener el derrame e iniciar la recolección de la sustancia y el suelo impregnado, y se aplicará la legislación y normatividad ambiental vigente que aplique.

Si el derrame de sustancia es en medio acuático se procederá a implementar el **Protocolo de Contingencia en medio acuático** y será responsabilidad de la promovente notificar a la autoridad correspondiente sobre el incidente e iniciar las primeras operaciones de respuesta, que deberán ser la contención y recuperación del hidrocarburo, una de las medidas que se implementa en la contención son el despliegue de barreras de material absorbente.

Los métodos de recuperación serán determinados de acuerdo a las propiedades fisicoquímicas del producto derramado, el tiempo de derrame y los mapas de

sensibilidad entorno al área del proyecto (manglar, coral, áreas turísticas, plantas de acuicultura, etc.). Posteriormente, se realizará la limpieza del derrame por personal de la promovente y con maquinaria adecuada, los hidrocarburos recuperados se colocarán en contenedores y se dispondrán de acuerdo al Programa de Manejo de Residuos.

Fase interna

1) *Identificación, clasificación y almacenamiento en sitio de residuos sólidos peligrosos.*

El personal de la promovente que se encuentre realizando actividades en el área del proyecto tendrán la obligación de realizar la recolección de los residuos peligrosos que generé y colocarlos en los contenedores ubicados en el almacén temporal de residuos peligrosos de acuerdo a la siguiente clasificación:

Tabla VI-10. Clasificación de residuos peligrosos en el proyecto.

Residuos peligrosos	Descripción	Contenedores
Aceite lubricante gastado	Aceite lubricante obtenido del mantenimiento de equipos.	Contenedor metálico de 200 lt con tapa e identificado con etiqueta de acuerdo al Reglamento de la LGPGIR.
Sólidos de mantenimiento automotriz	Filtros usados, mangueras y otras partes impregnadas con aceites, grasas, etc. del mantenimiento automotriz.	Contenedor metálico de 200 lt con tapa e identificado con etiqueta de acuerdo al Reglamento de la LGPGIR.
Sólidos impregnados con hidrocarburo	Trapos y estopas impregnados con hidrocarburos, producto de la limpieza de equipo y maquinaria.	Contenedor metálico de 200 lt con tapa e identificado con etiqueta de acuerdo al Reglamento de la LGPGIR.

Sólidos impregnados con solventes y/o pinturas	De mantenimiento de maquinaria y equipo, así como de la infraestructura	Contenedor metálico de 200 lt con tapa e identificado con etiqueta de acuerdo al Reglamento de la LGPGIR.
Tierra impregnada con hidrocarburo	De las áreas de operación y mantenimiento donde haya derrames accidentales	Contenedor metálico de 200 lt con tapa e identificado con etiqueta de acuerdo al Reglamento de la LGPGIR.

Durante la recolección, el personal que realice el manejo contará con el equipo de protección mínimo (overol, guantes, googles y botas de seguridad) y la capacitación necesaria para atender cualquier emergencia ambiental que se origine por un manejo inadecuado de residuos peligrosos.

Para ingresar los residuos peligrosos al Almacén Temporal de Residuos Peligrosos, el personal deberá solicitar al personal ambiental que se les permita el acceso al almacén.

En el caso de los talleres de mantenimiento, donde se registrará la principal generación de residuos peligrosos se colocarán contenedores de acuerdo a la clasificación referida, con la finalidad de que una vez que los contenedores se encuentren al 80% de su capacidad sean ingresados al Almacén Temporal de Residuos Peligrosos. De los contenedores anteriores, el personal ambiental verificará que:

- Los contenedores estén etiquetados con los siguientes datos: nombre del residuo, nombre del generador, fecha de inicio de depósito en contenedor, actividad generadora, características (CRETIB), tipo de equipo de seguridad requerido para su manejo, compatibilidad, símbolo de sustancias peligrosas para el medio ambiente y rombo de seguridad.

- Los residuos no se encuentren mezclados.
- Información de la fecha de generación, de acuerdo a su bitácora de generación mensual.

En caso de que el personal no realice la recolección de los residuos peligrosos de su área de trabajo de acuerdo a la medida específica propuesta, el personal ambiental podrá generar un reporte de incumplimiento y ejercer las acciones necesarias para el cumplimiento.

2) Almacenamiento temporal de residuos peligrosos

Para dar cumplimiento a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos y su reglamento, al generarse residuos peligrosos durante las diferentes etapas del proyecto estos se resguardarán temporalmente en un Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP) en el área del proyecto donde no se afecte a los componentes agua y suelo. El ATRP poseerá las siguientes características:

- Estar separado de las áreas de servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas, así como del almacén temporal de residuos no peligrosos, en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones.
- Contar con dispositivos para contener posibles derrames, como son muros, fosas de retención y canaletas, así como con pisos con pendiente que conducen los derrames de residuos líquidos hacia las canaletas y fosa de contención.

- Equipado con sistemas de extinción de incendios (extintores) y equipos de seguridad para atención de emergencias, acordes con el tipo y la cantidad de los residuos peligrosos almacenados.
- Señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los residuos peligrosos almacenados, en lugares y formas visibles, considerando los lineamientos de las normas oficiales mexicanas que apliquen.
- Pisos lisos de material impermeable y sin conexiones con drenajes o cualquier otro tipo de apertura que pudieran permitir que los líquidos fluyan hacia el exterior del almacén temporal de residuos.
- Paredes construidas con materiales no inflamables y cubiertos y protegidos de la intemperie.

Una vez instalado el ATRP será responsabilidad del personal ambiental realizar un registro de los residuos que ingresan y salen por la recolección externa, así como de contar con las hojas de seguridad y fichas técnicas de los productos que generan residuos peligrosos para que en caso de algún incidente o accidente el personal cuente con la información necesaria para atender las contingencias.

De igual manera, el personal ambiental revisará que los contenedores se encuentren debidamente etiquetados y estén ubicados dentro del almacén considerando la compatibilidad de los residuos peligrosos conforme a la NOM-054-SEMARNAT-1993; Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993.

El almacenamiento máximo de los residuos peligrosos será de seis meses a partir de su generación, y se deberá realizar la recolección externa cuando se cumpla el periodo anterior o cuando el almacén se encuentre saturado.

Fase externa.

3) *Recolección, transporte y disposición final.*

Previo a cumplir 6 meses de almacenamiento, los contenedores con residuos peligrosos serán recolectados, transportados y dispuestos en un sitio autorizado por una empresa externa que cuente con las autorizaciones vigentes de la SEMARNAT y SCT. Para ello, el personal ambiental supervisará la vigencia de los productos en el almacén y la documentación de las empresas que se contraten para tal fin, para dar cumplimiento a la meta establecida en el subprograma se buscará como principal opción que la disposición de los residuos se realice en plantas de coprocesamiento y/o reciclaje.

Durante la recolección de los residuos peligrosos por la empresa externa, el personal ambiental vigilará el cumplimiento del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, así como el Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.

Capacitación al personal para el manejo de residuos peligrosos

Una de las medidas primordiales de los programas ambientales es la capacitación al personal que se encuentre laborando dentro del proyecto, por ello como parte de las medidas del *Subprograma de Manejo de Residuos Peligrosos*, se considera la

capacitación al personal, la cual consistirá talleres y capacitaciones, las cuales serán programadas de acuerdo a las actividades del proyecto.

Para este subprograma, los temas de capacitación que se abordarán serán:

- Identificación de sustancias químicas peligrosas generadoras de residuos peligrosos.
- Manejo de residuos peligrosos para evitar contaminación de residuos no peligrosos, suelo y agua.
- Uso de equipo de protección personal para el manejo de residuos peligrosos
- Clasificación y almacenamiento de residuos peligrosos.
- Protocolos de Contingencias de derrames de hidrocarburos: en tierra y en embarcadero.
- Impactos ambientales y a la salud por el manejo inadecuado de residuos peligrosos.
- Legislación ambiental y responsabilidades en el manejo de residuos peligrosos.

Aunado a lo anterior, en el frente de trabajo se llevará acabo la colocación de letreros alusivos a la recolección, clasificación y almacenamiento adecuado de residuos peligrosos, y al personal que opera maquinaria y/o sustancias químicas se les brindará una ficha de actuación donde se resuma los protocolos de contingencia para la atención a derrames de hidrocarburo.

f) Indicadores

Para corroborar la eficiencia y correcta aplicación de las medidas específicas propuestas se utilizará indicadores que permitirán cuantificar las actividades realizadas para el cumplimiento de las metas y objetivos del *Subprograma de Manejo de Residuos Peligrosos* de manera **mensual**.

Indicadores de realización

- Kg del total de cada tipo de residuo peligroso generado y almacenado.
- Kg del total de cada tipo de residuo que fue depositado en plantas de coprocesamiento, reciclaje o disposición final.
- Número de personal que recibió capacitación sobre el manejo de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.
- Número de maquinaria y equipo con mantenimiento preventivo.
- Número de kit antiderrames por frente de trabajo.

Indicadores de eficiencia

- (%) de residuos peligrosos generados que fueron depositados en sitios de disposición final.
- (%) de residuos peligrosos generados que fueron depositados en sitios de coprocesamiento.

- (%) de residuos peligrosos generados que fueron depositados en sitios de reciclaje.
- (%) Personal con capacitación sobre manejo de residuos peligrosos con respecto al total de personal del frente de trabajo.
- Número de incidentes y accidentes de derrames de hidrocarburos.

g) Comprobación

Para el seguimiento de la implementación y supervisión del *Subprograma de Manejo de Residuos Peligrosos* se proponen sitios y documentación de seguimiento, los cuales consistirán en la base para la obtención de los datos numéricos requeridos para la evaluación de la realización y eficiencia de las medidas y estrategias, y el éxito hacia el cumplimiento de las metas establecidas.

Los documentos y sitios de seguimiento para el presente subprograma serán:

- Programas de mantenimiento de maquinaria y equipo.
- Kit antiderrames en frentes de trabajo con manejo de hidrocarburos (taller de mantenimiento) y áreas de operación de maquinaria.
- Hojas de seguridad de productos generadores de residuos peligrosos.
- Bitácora de almacenamiento y disposición de residuos peligrosos.
- Manifiestos y/o comprobantes de servicios de recolección de residuos peligrosos.
- Autorizaciones ambientales de las empresas recolectoras y de disposición final de residuos peligrosos.

- Listas de capacitaciones sobre manejo de residuos peligrosos.
- Contenedores en frentes de trabajo.
- Almacén Temporal de Residuos Peligrosos.
- Señalización en el frente de trabajo.
- Evidencia fotográfica de implementación de estrategias y medidas específicas.

h) Medidas de urgente aplicación

En caso de detectarse el incumplimiento de las medidas de mitigación anteriormente mencionadas se llevarán a cabo las siguientes medidas de urgente aplicación:

- Recolección inmediata de residuos peligrosos que se encuentren dispersos en las áreas de trabajo, en contenedores saturados y fuera de almacenes temporales. En caso de que se encuentre en contacto con el suelo u otros residuos, estos serán considerados y manejados como residuos peligrosos.
- Separación inmediata de residuos no peligrosos cuando el personal detecte que se encuentran mezclados con residuos peligrosos, siempre y cuando no haya contaminación, en caso de contaminación, todos se manejaran como residuos peligrosos.
- Separación inmediata de residuos cumpliendo con la clasificación establecida en el ATRP cuando el personal detecte una separación inadecuada de acuerdo con la compatibilidad.
- Recolección externa inmediata cuando el ATRP se encuentre saturado.

- Implementar los protocolos de contingencias en caso de derrames de hidrocarburos.
- Implementar acciones de limpieza y remediación de acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas en caso de derrames de hidrocarburos.
- Paro de actividades hasta que se implemente el mantenimiento correctivo y preventivo de maquinaria que se identifique con derrames de hidrocarburo.

VI.2.6. ESTRATEGIAS ADICIONALES

El presente apartado es con objeto de incluir todas aquellas estrategias o acciones ambientales que no requieren de un programa debidamente estructurado, y que serán necesariamente aplicadas para minimizar o atenuar los impactos ambientales identificados y evaluados en el capítulo que antecede, lo anterior debido a que son estrategias aplicables en las primeras etapas del proyecto y que serán de poco tiempo de duración, o bien de corto plazo. Dentro de estas estrategias se incluye:

- Medidas preventivas para evitar afectaciones a la calidad del aire.
- Medidas preventivas de dispersión de sedimentos.
- Medidas preventivas y de mitigación durante la actividad de dragado.

VI.2.6.1. Estrategias adicionales para mantener la calidad del aire

Durante las etapas de preparación y construcción del proyecto las actividades que generan impactos ambientales negativos en el componente aire son las emisiones atmosféricas y ruido por la operación de vehículos, equipos y maquinaria, por lo anterior se proponen una serie de medidas que prevengan la emisión de

contaminantes que deterioran la calidad del aire y producen daños a la salud humana por sus componentes, frecuencia y concentración.

Para controlar las emisiones de gases combustión y ruido provenientes de la maquinaria y equipos se han establecidos las siguientes estrategias:

- Durante la construcción del proyecto se deberá realizar el transporte del equipo pesado durante las horas de poco tránsito vehicular para evitar exceso de emisiones atmosféricas.
- Instalación de límites de velocidad del 20 km/h dentro del área del proyecto para evitar que por las altas velocidades de desplazamiento de vehículos y maquinaria se generen partículas.
- El transporte de material se realizará en camiones cubiertos con lonas y material humedecido para evitar su dispersión al aire.
- Durante la temporada de estiaje se implementarán riesgos en las áreas terrestres de trabajo, con agua potable y/o en su caso que cumpla con la NOM-003-SEMARNAT-1997.
- La maquinaria y equipo estará sujeto a un Programa de Mantenimiento Preventivo, el cual se establecerá de acuerdo a las horas de operación y fichas técnicas de cada equipo.
- Las emisiones de ruido producidas por la maquinaria serán dispersas por el viento logrando en áreas de espacios abiertos una disminución de 10 a 30 dB en un espacio no mayor a 30 m a la redonda, por lo que no se contempla usar maquinaria que requiera la instalación de filtros de ruido, ya que el ruido difícilmente rebasará lo establecido en la Norma fuera de la periferia del predio, cumpliendo de esta manera con lo establecido en la NOM-080-

SEMARNAT-1994, referente a los límites máximos permisibles de ruido provenientes del escape de vehículos automotores.

- Durante la construcción del proyecto se deberá apagar el equipo o maquinaria que no esté en funcionamiento con el fin de evitar contaminación sonora y atmosférica.

Para dar un seguimiento *mensual* adecuado a las estrategias anteriores y su eficiencia se cuantificarán **indicadores de realización y eficiencia**, los cuales por estrategia corresponde a:

Tabla VI-11. Indicadores de realización y eficiencia de las Estrategias adicionales para mantener la calidad del aire

Estrategia	Indicador de realización	Indicador de eficiencia
Transporte del equipo pasado en horas de poco tránsito vehicular.	No aplica	Quejas de localidades aledañas. Reportes de saturación de caminos de acceso.
Señalamiento de límites de velocidad.	Número de señalamientos colocados.	Reportes de conductores dentro del área del proyecto por exceso de velocidad.
Transporte de material cubierto con lona.	No aplica	Quejas de localidades aledañas. Reportes de operadores que no cubren sus camiones de transporte.
Humedecimiento de material y riego de caminos	m ³ de agua empleada para riego.	Reportes por falta de visibilidad en el área del proyecto y caminos.
Programa de Mantenimiento Preventivo	Número de maquinaria y equipo con mantenimiento preventivo.	Cumplimiento a las Normas Oficiales Mexicanas que apliquen.

Por otra parte, para comprobar que la promovente implementa las estrategias se presentará a la autoridad los siguientes **documentos y sitios de comprobación**:

- Programa de Mantenimiento de equipo y maquinaria que sea empleada en el medio acuático.
- Bitácora de riegos.
- Reportes generados.

- Evidencia fotográfica de la implementación de las estrategias propuestas.

VI.2.6.2. Estrategias adicionales para protección por dispersión de sedimentos y actividades de dragado

Como se mencionó previamente en el Capítulo V, el dragado genera la alteración de la calidad del agua, suspensión y distribución de sedimentos, cambios físicos del fondo acuático e impactos sobre la biodiversidad.

Por lo anterior las estrategias y medidas que se implementarán son:

- Evitar el dragado durante la época de mayor reclutamiento de invertebrados registrado para el área del proyecto.
- Utilización de pantallas de materiales geotextiles para evitar la dispersión de los sedimentos hacia zonas susceptibles (manglares, corales, etc.) que se encuentren en torno al área del proyecto y hayan sido identificados en el Capítulo IV del presente estudio.
- Maquinaria y equipo que trabaje en el medio marino estará sujeto a un Programa de Mantenimiento, y sus operadores deberán realizar un check-list diario del estado para identificar cualquier fuga de hidrocarburo.
- Se prohibirá estrictamente realizar mantenimientos preventivos y correctivos de la maquinaria y equipos en el medio acuático, por lo que deberán ser transportados a zonas adecuadas para evitar la contaminación del componente agua.
- En ningún caso se permitirá el vertido de los materiales a dragar en otro punto que sea el establecido en el Capítulo II del presente estudio: *“El material resultante del dragado será reutilizado para conformar sección*

estructural de los diques proyectados, a excepción de la arena fina debido a que este material no resulta de utilidad para los diques”. De igual manera, como se establece en el Capítulo II del presente estudio, los sedimentos que no sean empleados serán ubicados en áreas de relleno que posee la promovente en otros proyectos, dichos sitios serán notificados a la autoridad.

- Monitorear la calidad del agua y las afectaciones a la línea de costa mediante monitoreos ambientales (Ver Programa de Monitoreo Ambiental).
- Instalación de barreras flotantes protectoras en torno al área marina del proyecto para evitar el exceso de turbidez.
- Se utilizarán equipos insonorizados necesarios en los equipos y maquinaria de mayor generación de ruido.

Los **indicadores de eficiencia** de las estrategias anteriores serán los resultados que se obtengan del Programa de Monitoreo Ambiental, ya que permitirán cuantificar los cambios en los parámetros físicos-químicos de la calidad del agua del área del proyecto, y con ello analizar si las estrategias son eficientes para que el desarrollo del proyecto no provoque un cambio significativo en la calidad del agua.

Por otra parte, para comprobar que la promovente implementa las estrategias se presentará a la autoridad los siguientes **documentos y sitios de comprobación**:

- Programa de Mantenimiento de equipo y maquinaria que sea empleada en el medio acuático.
- Fichas técnicas del material geotextil utilizado como barreras, así como las barreras flotantes.
- Resultados del monitoreo de calidad del agua.

- Señalización prohibitiva de los mantenimientos de equipo y maquinaria en el medio acuático.
- Evidencia fotográfica de la implementación de las estrategias propuestas.
- Listado de equipos y maquinaria con equipos insonorizados.

CAPÍTULO VII

PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Manifestación de Impacto Ambiental,

Modalidad Regional

Proyecto “Sol de Selva”

CONTENIDO

VII. PRÓNOSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	2
VII.1. SITUACIÓN ACTUAL (LÍNEA BASE)	6
VII.2. PROYECTO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN	8
VII.3. ESCENARIOS	9
VII.3.1. Zona terrestre	10
VII.3.2. Zona marina	18

FIGURAS

FIGURA VII-1. FASE 1 DEL MÉTODO DE ESCENARIOS.	4
FIGURA VII-2. FASE 2 DEL MÉTODO DE ESCENARIOS.	5

TABLAS

TABLA VII-1. CAPÍTULO DE LA MIA-R QUE ALIMENTAN EL MÉTODO DE ESCENARIOS.	6
--	---

VII. PRÓNOSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Un pronóstico ambiental se considera como un escenario de la descripción provisoria y exploratoria de un futuro probable. También se puede definir como un retrato significativo y detallado de un admisible, recomendable y coherente mundo futuro.

En el presente capítulo se desarrollaran los diferentes escenarios que puede presentar el área en donde se pretende desarrollar el proyecto, asimismo y de acuerdo a Firmenich (2009), en los escenarios se podrá ver los eventos y tendencias y de cómo estas pueden evolucionar en tiempo y espacio, así como comprender claramente los problemas, amenazas y oportunidades que tales circunstancias pueden presentar.

Siendo así, el desarrollo de los escenarios permitirá prever las posibles afectaciones que se tendrían sobre los recursos naturales, con y sin la presencia del proyecto en caso de ser autorizado, permitiendo comparar las condiciones ambientales actuales y posteriores a la ejecución del mismo. Para ello se compara la situación ambiental existente con la que se espera generar como consecuencia de la implementación del proyecto, por lo que la línea base (condiciones iniciales del SAR y área del proyecto), constituye una fuente de información primordial (descrita en el Capítulo IV) para determinar los impactos ambientales esperados por la ejecución del proyecto.

Para poder plantear los diversos escenarios para el área en donde se pretende realizar el proyecto es necesario caracterizar la línea base del SAR y área del

proyecto, identificar los impactos ambientales que ocasionará el mismo y tener establecidos los programas, medidas y acciones de prevención, mitigación y/o compensación.

Por otro lado, se tiene que el carácter significativo de los impactos ambientales es un elemento determinante para la elaboración de los pronósticos, ya que la significancia de los mismos es proporcional a las alteraciones que causan en los componentes ambientales, por lo que se tendrá especial atención en aquellos de carácter irreversible e irrecuperable.

Existen diferentes métodos (cualitativos, cuantitativos, causales, entre otros), para poder interpretar o predecir el comportamiento de las acciones a futuro de acuerdo a perspectivas. Tal es el caso de la formulación de escenarios, que nos proporcionan indicios de lo que podría esperarse para un tiempo posterior derivado de una acción (la ejecución del proyecto en el caso que nos ocupa), lo anterior con el objetivo de pronosticar escenarios coherentes, y acordes a las implicaciones que puede ocasionar la implementación del proyecto (Vergara C., Maza F. y Fontalvo T., 2010).

Siendo así, los escenarios se pueden clasificar de la siguiente manera:

Escenarios posibles

Son todos aquellos escenarios que se puedan imaginar sin importar si su probabilidad de ocurrencia es alta o baja.

Escenarios realizables

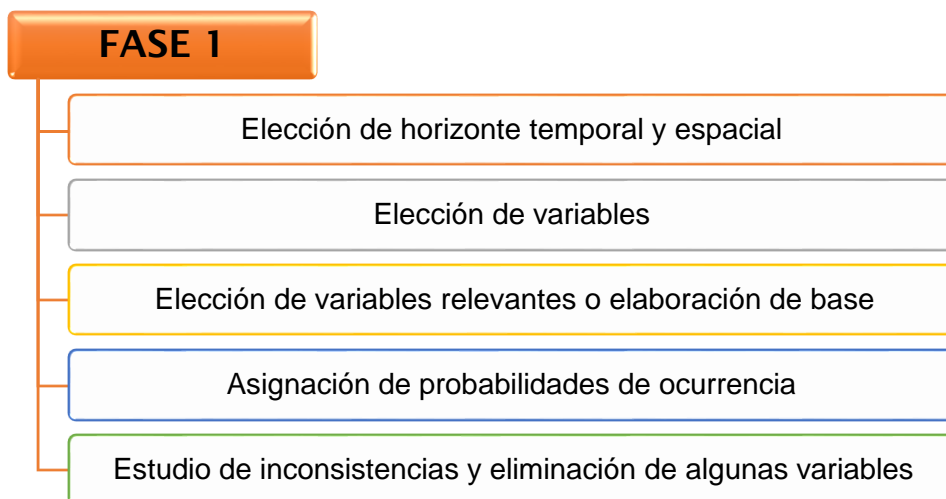
Son los escenarios cuya ocurrencia es factible, teniendo en cuenta las restricciones del sistema de estudio

Escenarios deseables

Son los escenarios a los que los actores desean llegar, también pueden ser calificados como escenarios más convenientes. Forman parte de los escenarios posibles y no necesariamente son realizables

De acuerdo a Ogayar, 2001, el método de escenarios consta de dos fases que a continuación se mencionan:

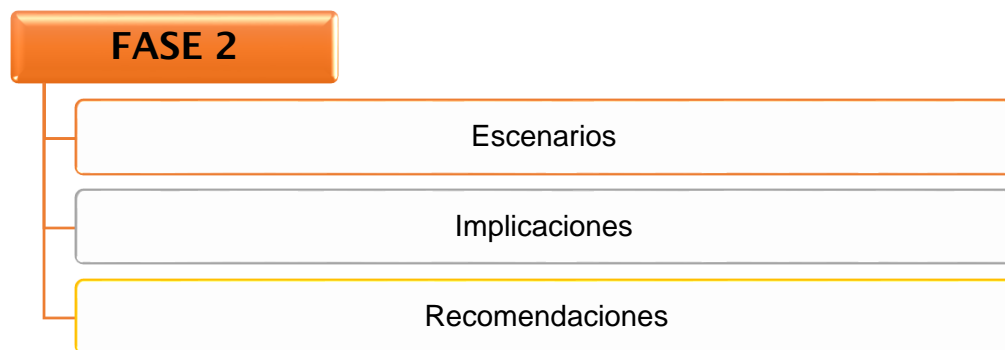
Figura VII-1. Fase 1 del método de escenarios.



En esta etapa se trata de identificar las variables y de realizar la selección adecuada de los factores que pueden influir en el estudio prospectivo, considerando el ámbito territorial en que se desarrolla la acción, los fenómenos o factores de mayor influencia la probabilidad y posibilidad de ocurrencia.

Una vez identificados estas variables se deberá de realizar un estudio de inconsistencia con el fin de eliminar variables que generen inconsistencias (variables que no pueden existir).

Figura VII-2. Fase 2 del método de escenarios.



La Fase 2 consiste en la elaboración de los escenarios a partir de la elección de las variables relevantes, seleccionadas en el punto anterior, asimismo se describen las implicaciones de cada uno de los escenarios y se realizan una serie de recomendaciones en base a cada uno de ellos.

Una vez mencionado lo anterior, gran parte del método de escenarios ha sido completado, de forma involuntaria, a lo largo de esta MIA-R de la siguiente manera:

Tabla VII-1. Capítulos de la MIA-R que alimentan el método de escenarios.

Fase 1 del método de escenarios	Capítulo de la MIA-R
Elección de horizonte espacial y temporal	II y IV
Elección de variables	IV y V
Asignación de probabilidades	V
Estudio de inconsistencias	V
Fase 2 del método de escenarios	Capítulo de la MIA-R
Escenarios	V
Implicaciones	V
Recomendaciones	VI

Por lo anterior, en este capítulo se complementará la información necesaria para la correcta aplicación del método de escenarios, con la finalidad de encontrar **el escenario más deseable y realizable** para la ejecución del proyecto descrito en esta MIA-R.

VII.1. SITUACIÓN ACTUAL (LÍNEA BASE)

El municipio de Solidaridad en donde se pretende desarrollar el proyecto, muestra usos de suelo y vegetación definidos por la CONABIO (2016) como “otra vegetación”, sin vegetación y cuerpos de agua, así como un uso de suelo tipificado como desarrollo antrópico, siendo este último, áreas perturbadas derivadas de actividades antropogénicas (infraestructura urbana, desarrollos turísticos, centros de población entre otros).

Por otra parte, mediante los estudios de campo se identificó que la vegetación presente en el polígono del proyecto es vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, sin vegetación (lo que corresponde a el área de playa y rocas), así como cuerpo de agua, mismo que representa el mayor porcentaje de la superficie del polígono del proyecto.

Dadas las características del proyecto y su ubicación, es de mencionar que con base a los estudios de campo realizados, se descartó la presencia de individuos de mangle, así como pastos marinos o arrecifes de coral (ver Capítulo IV).

Por otra parte, referente al cuerpo de agua se identificó a las cianofitas como grupo dominante fitoplanctónico (>80%), seguidas de haptofitas y bacilariofitas. Asimismo, dada la presencia de picofitoplancton autótrofo (picocianobacterias, picoeucariontes en orden de abundancia), se puede determinar la influencia de las zonas costeras adyacentes (Xcaret) como ambientes oligotróficos al área del proyecto, ya que estos organismos se encuentran ligados a condiciones ambientales específicas (nitratos y fosfatos), para mayor información revisar el Capítulo IV.

Respecto a la fauna, se tiene que la clase más abundante son las aves, posteriormente están los mamíferos y reptiles.

Para fauna bentónica y mediante el trabajo de campo, se identificaron en orden de abundancia los siguientes grupos: poliquetos, oligoquetos, crustáceos, moluscos, cefalocordados, nematodos y finalmente equinodermos. Existe mayor información acerca de la descripción actual del sistema ambiental regional en el capítulo IV de esta MIA-R.

Durante los trabajos de campo no se tuvieron avistamientos de tortugas, así como de mamíferos marinos.

VII.2. PROYECTO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Previo a la descripción de los escenarios previstos por el desarrollo del proyecto, cabe indicar que éste se constituye por rompe olas, área de dragado, muelles flotantes, muro de contención perimetral y escaleras. Para mayor detalle de las obras revisar el Capítulo II de la presente MIA-R.

Las etapas que contempla este proyecto son preparación del sitio, construcción y operación y mantenimiento. En la etapa de preparación del sitio se llevaran a cabo actividades de delimitación y limpieza del terreno, desmontes, despalmes, implementación de áreas asociadas, modelación del terreno, excavaciones, dragado, compactación y nivelación. En la etapa de construcción se cimentarán las estructuras para los diques, se construirán los diques de escollera, las instalaciones de estructuras, los muros de contención, las escaleras, los muelles flotantes y los señalamientos, entre otros. Respecto a la etapa de operación y mantenimiento se prevé la operación de las instalaciones y su mantenimiento programado, así como atención por eventos extraordinarios y medidas contra la contaminación (se puede encontrar mayor información acerca de la descripción del proyecto en el Capítulo II de esta MIA-R).

Derivado del desarrollo del proyecto se prevé la generación de impactos ambientales (descritos en el Capítulo V), por lo que se implementaran una serie de medidas de prevención y mitigación, incorporadas en diferentes programas, tales como:

Programa de Supervisión y Gestión Ambiental

- Programa de Manejo de Fauna

- Subprograma de Rescate y reubicación de fauna terrestre
- Subprograma de Protección de fauna marina
- Subprograma de Protección de tortuga marina
- Programa de Manejo de Flora
 - Subprograma de Rescate y Reubicación
 - Subprograma de Reforestación
- Programa de Monitoreo Ambiental.
 - Subprograma de Monitoreo de la Calidad del Agua
 - Subprograma de Monitoreo de Línea de Costa
- Programa de Manejo de Residuos
 - Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial
 - Subprograma de Manejo de Residuos Peligrosos
 - Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos
- Estrategias adicionales
 - Estrategias para mantener la Calidad del Aire
 - Estrategias de protección por dispersión de Sedimentos y actividades de dragado

VII.3. ESCENARIOS

En este apartado se describen las tendencias de los componentes ambientales para cada zona (terrestre y marina), en los cuales existirá una repercusión por la ejecución del proyecto (suelo, estrato rocoso, hidrología subterránea, relieve, fondo marino, columna de agua, aire, flora terrestre, fauna terrestre, fauna marina y

paisaje), considerando las condiciones actuales (línea base) y las consecuencias de la ejecución del proyecto con y sin medidas de mitigación.

VII.3.1. Zona terrestre

Como se ha venido describiendo a lo largo de la presente MIA-R, la ejecución del proyecto pretende la ocupación de zona terrestre y marina. Respecto a la zona terrestre se tiene que el suelo que predomina dentro del SAR y área del proyecto son arenosoles y en menor proporción se identificó una asociación de suelos leptosoles y cambisoles.

Los arenosoles son caracterizados por ser suelos que se presentan sobre materiales no consolidados de textura gruesa y de origen calcáreo, su textura es gruesa y en su composición el 65% lo representan las arenas, por lo que se consideran muy permeables y con baja capacidad de retención de agua.

Por otro lado, la susceptibilidad de erosión dentro del SAR y área del proyecto se considera moderada a alta y en donde los principales factores que propician la pérdida del suelo son los hidrometeorológicos, actividades urbanas, influencia del corredor turístico de la Riviera Maya e inercia del crecimiento demográfico, por lo que la tendencia a la erosión está determinada en función de la frecuencia e intensidad de dichos factores.

Sumado a lo anterior, se tiene que la ejecución del proyecto pretende actividades de despalme, desmonte y excavaciones lo que ocasionara la exposición del suelo a procesos de intemperismo, resultando en una mayor erosión (pérdida de suelo). Asimismo, el uso de maquinaria, así como aceites, lubricantes y solventes

(principalmente en la etapa de construcción y operación), son elementos que representan un riesgo para la calidad y estructura del suelo, así como un posible riesgo para la contaminación del agua subterránea. Por un parte, se tiene el constante movimiento y paso de maquinaria lo que conlleva a compactación del suelo y por otro lado el riesgo de algún derrame o fuga de combustible, aceite o solventes, lo que afectara directamente la estructura y calidad del suelo, así mismo se tiene las áreas de desplante para la infraestructura que se pretende construir.

Por lo anterior, y con el fin de mitigar o minimizar el impacto al componente suelo, debido a las actividades que implica el proyecto, se pretenden implementar diversos programas, mismos, que de primera instancia reduzcan el riesgo de pérdida de suelo o contaminación y por otro lado, estrategias que promuevan la mejora en cuanto a la calidad y estructura del mismo.

Entre las acciones a llevar a cabo, se encuentra la recuperación y re incorporación de los volúmenes de suelo producto de las actividades antes mencionadas, mediante estas medidas, se mantendrá el componente en la zona del proyecto evitando así, un deterioro a la zona.

Entre los programas, se implementara el de Manejo de Residuos, mediante el cual se dará atención a todos los residuos generados en las diferentes etapas (líquidos, sólidos y peligrosos), apegándose a la legislación ambiental aplicable. Por lo que será necesario identificar los residuos de acuerdo a la normatividad y a su origen (orgánicos, inorgánico y de manejo especial), posterior a su identificación serán envasados y almacenados en recipientes adecuados (rotulados y tapados), dispuestos en zonas especiales y debidamente definidas, que cuenten con todas las medidas de seguridad (fosas de contención, muretes de contención, pisos impermeables y con pendiente, espacios para maniobrar, equipo contra incendios,

señalamientos, entre otros), que prevengan cualquier tipo de incidente (derrame, dispersión, inflamación, etc.) que pudiese ocasionar un impacto al suelo o a la hidrología subterránea. Asimismo, uno de los ejes principales de este programa consiste en el principio de Reducir, Reutilizar y Reciclar, minimizando la generación de residuos. De igual forma se pretende que la recolección y disposición final de los residuos (líquidos, sólidos y peligrosos) sea realizada por una empresa especializada y acreditada por el municipio.

De manera paralela se pretende concientizar al personal involucrado en el desarrollo del proyecto, inculcando el respeto al valor ecológico y social de los ecosistemas, los bienes y servicios ambientales, los recursos naturales asociados, así como sus usos apropiados, enfatizando en el daño irreversible que su mal manejo ocasiona. Para dichos objetivos se pretende capacitar al personal para la aplicación y cumplimiento de la normatividad e instrumentos ambientales, así como las obligaciones ambientales que adquieren al formar parte del proyecto, por lo que se elaboraran folletos que contengan dicha información, que prevean la minimización de generación de residuos, platicas de concientización estableciendo las medidas de prevención, mitigación y/o compensación correspondientes a la etapa del proyecto, procedimientos de clasificación y manejo de los diferentes tipos de residuos, la colocación de señalamientos y rotulación de depósitos respecto al manejo y disposición de los residuos.

Lo anterior, coadyuvara de manera directa al mantenimiento del componente afectable (suelo), evitando así, su deterioro general derivado tanto del desarrollo del proyecto, como de las actividades que se realizan en el área.

Por otro lado, se tiene que el uso de maquinaria y vehículos no influye únicamente en cuanto a la calidad y estructura del suelo, su operación también considera la

afectación de otros componentes como lo es al aire, por la emisión de contaminantes, así como ruido y suspensión de polvos debido a su operación. Por otro lado, su presencia conlleva a la perturbación del sitio ocasionando el desplazamiento de la fauna presente.

Cabe mencionar, que el área del proyecto se ubica dentro del corredor turístico Rivera Maya, por lo que actualmente la zona presenta actividades de tipo antrópico, mismas que influyen de manera directa en las emisiones de ruido, polvos y contaminantes, debido al tránsito de vehículos, desarrollo de infraestructura y actividades turísticas que se desarrollan; en este sentido el incremento en ruido, contaminantes o polvos que ocasiona el desarrollo del proyecto no se considera que modifique de manera significativa las condiciones actuales que muestra el área, ya que estos serán de manera temporal y puntual, a pesar de lo anterior se pretende contar con medidas específicas y programas que prevengan cualquier modificación al componente y que pueda poner en riesgo su funcionalidad, apegándose en todo momento a la normatividad ambiental aplicable (NOM-041-SEMARNAT-2015; NOM-045-SEMARNAT-2017 y NOM-080-SEMARNAT-1994).

Además de lo anterior, se prevé implementar diferentes acciones para mitigar y minimizar los impactos que se pueden dar a los componentes de suelo y aire, tales son, como el realizar las actividades de desmonte y despalme de manera ordenada y paulatina, evitando mantener el suelo desnudo o expuesto. Los vehículos que transporten materiales deberán de estar cubiertos y preferentemente el material a transportar deberá estar húmedo, asimismo, los frentes de trabajo contarán con un sistema de riego.

Por otro lado, cuando la maquinaria que operan no esté en funcionamiento deberán de apagar el equipo, en caso que así lo requiera, se le instalarán filtros de ruido y el

escape de los vehículos se mantendrá cerrado. El tránsito de vehículo en la medida de lo posible se pretende que sea en horas de poco tránsito y se contara con límites de velocidad y señalización.

Con la implementación de los programas, se prevé mitigar y en la medida de lo posible evitar la compactación, erosión y contaminación del suelo con base en las acciones referidas y debidamente detalladas en el capítulo anterior. Asimismo, dichos programas y actividades están previstas principalmente para el área del proyecto, sin embargo su correcta ejecución traerá consigo beneficios que se verán reflejados a nivel del SAR, como son la conservación de suelo en el área a través de diversas medidas de conservación, un uso de suelo eficiente y responsable que promueve la conservación y el respeto al medio ambiente.

Respecto a la vegetación presente en el área del proyecto corresponde a vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia y algunas áreas sin vegetación, por lo que al momento de implementar el proyecto esta se verá afectada, así como los componentes que dependen de ella (fauna). La vegetación presente se encuentra sujeta a las presiones del crecimiento demográfico y actividades turísticas, por lo que su estado de conservación está estrechamente relacionado con las actividades de la zona y los requerimientos de las actividades turísticas. En este sentido, la ejecución del proyecto incrementa las presiones sobre este componente, al generar una inminente afectación, mediante el desmonte y despalme para poder cimentar la infraestructura necesaria para la operación del proyecto y el desarrollo del mismo, lo que trae consigo la pérdida de biodiversidad de flora. Sin embargo, se prevén programas con el fin de evitar un mayor impacto, como es el Programa de Manejo de Flora y los Subprogramas de Rescate y Reubicación, así como el de Reforestación, mismos que permitirán el

mantenimiento de los servicios ambientales (captación de carbono, infiltración de agua).

Una de las principales causas del daño a especies de flora es el desconocimiento del papel tan importante que desempeñan en los ecosistemas, por lo que es necesario brindar información básica acerca de las acciones que se deberán llevar a cabo para identificar y proteger las especies de flora, prohibiendo su afectación y extracción o colecta (concientización y capacitación).

Respecto al programa de Manejo de Flora, pretende entre otros identificar y ubicar a todas aquellas especies de fácil manejo y/o que se encuentren bajo alguna categoría de protección por la NOM-059-SEMARNAT-2010, esto se prevé llevar a cabo de manera previa al inicio de cualquier actividad, asimismo y mediante técnicas específicas para los organismos se planea llevar a cabo su rescate (extracción), para posteriormente ser reubicados en zonas de reforestación o áreas conservadas previamente identificadas y adyacentes al sitio del proyecto, mismas que deberán contar con condiciones propicias para el establecimiento y sobrevivencia de los individuos rescatados. Asimismo se contará con un mantenimiento y monitoreo de dichas áreas.

Por otro lado, con el fin de evitar la afectación de una superficie mayor de cobertura vegetal, se delimitará e identificará el área de desmonte (bajo el principio de mínimo necesario), llevándose de forma gradual y utilizando señalamientos. Asimismo y con el fin de evitar una mayor afectación, no se emplearán fuegos ni agroquímicos.

Por lo anterior, la implementación de dichos programas y acciones prevén reforzar, mitigar y compensar de manera integral el impacto de pérdida de cobertura vegetal previsto por la ejecución del proyecto, evitando la pérdida de biodiversidad,

reforzado las zonas cercanas y conservando en la medida de lo posible el componente ambiental, lo cual permitirá recuperar las interacciones y procesos ecológicos donde participa la vegetación.

Asimismo, y si bien el proyecto contribuye en las con las principales presiones a las que se encuentra sometido el componente flora, el diseño del proyecto, así como sus medidas y programas promueven el desarrollo sustentable y uso de suelo ordenado, mismo que de manera directa reduce el aprovechamiento indiscriminado y sin regulación del componente, traduciéndose esto último en una mayor conservación de los servicios ambientales que este brinda en la región.

Por otro lado, se tiene que la fauna se encuentra en estrecha relación con la presencia y tipos de vegetación, para el caso del proyecto que nos ocupa y como ya se mencionó la clase de aves es la más representativa, seguida de los reptiles y mamíferos. Dicha situación se atribuye a que las aves pueden desplazarse con mayor facilidad y colonizar diversos ecosistemas, así mismo, el tipo de vegetación, usos de suelo y grado de conservación contribuye a tener mayor presencia de esta clase de organismos.

Dado lo anterior, se puede considerar que la presencia de la fauna está en razón de la conservación del hábitat, la disponibilidad de alimento y refugio, los cuales están sujetos a las diversas presiones y actividades antropogénicas que se desarrollan en la zona del proyecto (principalmente el desarrollo de infraestructura turística).

Por lo anterior, la ejecución del proyecto en sus diferentes etapas, trae consigo el desplazamiento, afectación o la posible muerte de especies de fauna. Dicho impacto de desplazamiento de organismos de fauna, se considera por el desmonte de la vegetación, la modificación del hábitat y la operación de maquinaria.

En este sentido y una vez terminadas las etapas de preparación del sitio y construcción, se prevé que la etapa de operación y mantenimiento del proyecto mantendrá determinada influencia en el hábitat, lo que influye en la re incorporación de la fauna desplazada. Sin embargo, se considera que la fauna desplazada se integrara en áreas que cuenten con características similares y aledañas al proyecto, por lo que algunas de las especies seguirán manteniéndose en la zona.

A pesar de lo anterior, y con la finalidad de minimizar las afectaciones y proteger a la fauna presente en el área del proyecto, se plantea la implementación del Programa de Manejo de Fauna Terrestre, a través del Subprograma de Rescate y Reubicación de fauna terrestre mediante el cual se considera el rescate y la reubicación de todas aquellas especies susceptibles de hacerlo, y principalmente de aquellas que se encuentran catalogadas bajo algún estatus de protección por la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como también las de lento desplazamiento (reptiles principalmente). Asimismo, se prevé la identificación y reubicación de refugios, madrigueras y nidos.

Entre las acciones que se plantean para llevar acabo dicho programa y que serán realizadas previas al desarrollo de cualquier actividad e inicio de obra, son el ahuyentamiento, la implementación de técnicas de captura especializadas y el uso de instrumentos y herramientas acordes a cada clase y especie, asimismo toda la información será registrada en bitácoras de campo.

Asimismo, y mediante la capacitación se establecerán medidas estrictas en donde se prohíba la caza y hostigamiento mediante cualquier medio de las especies de fauna, incluyendo letreros mediante los cuales se promoverá su cuidado.

De esta forma, mediante estos programas y acciones se pretende evitar la pérdida de fauna y por otro lado, conservar las interacciones y procesos ecológicos en donde las especies están relacionadas.

VII.3.2. Zona marina

Como ya se mencionó, el proyecto consiste en el desarrollo de obras y actividades principalmente dentro del área marina (ver Capítulo II), así mismo la mayor parte de la superficie del área del proyecto corresponde a esta zona.

Siendo así, se prevé una afectación inminente a los componentes ambientales de fondo marino, relieve, hidrología subterránea, paisaje, columna de agua y fauna marina, dicha afectación se considera principalmente durante las etapas de preparación del sitio y construcción y operación.

Como se describió en el Capítulo IV de la presente MIA-R, dentro del SAR, predominan las costas rocosas, y escasamente sectores con playa arenosa, en donde estas últimas están sujetas a procesos de erosión-acresión en función de los eventos meteorológicos, aunado a esto se tienen el funcionamiento geohidrológico, mediante el cual se determinan los procesos de infiltración hacia el acuífero regional el cual es la única fuente de aprovechamiento antrópico. Asimismo, mediante estudios se determinó la influencia de los fracturamientos locales en el proceso geohidrológico, encontrando que estos forman una red mediante la cual el agua subterránea se desplaza y descarga a la zona marina.

Respecto a las condiciones físico-químicas correspondieron a las de un ambiente oligo-mesotrófico de influencia marina y baja productividad, en donde una alta salinidad, subsaturación de oxígeno disuelto y bajas condiciones de nutrientes y clorofila a fueron las características dominantes.

Por otro lado, el aporte de nutrientes en la región, propicia una mala calidad de agua en algunas zonas, lo anterior de acuerdo con la escala de clasificación de los niveles tróficos del índice TRIX y Carlson basado en clorofila *a*. Durante la época de lluvias las condiciones de la calidad del agua varían de oligotróficas a mesotróficas (índice IT-Clor basado en la clorofila *a*) consecuencia de la contaminación orgánica, que es el resultado de las actividades humanas (descargas residuales) de la zona, por lo que la presencia del fósforo (FRS) en la columna de agua es bajo, repercutiendo directamente en su productividad.

Respecto a los sedimentos, se identificaron arenas medias moderadamente bien clasificadas, simétricas hacia gruesos y simétricas y mesocúrticas, asociadas a la presencia de fragmentos de concha.

En este sentido, la realización del proyecto considera diversos impactos al medio marino, tal es son el desplazamiento de individuos de bentos e ictiofauna, la posible afectación a la línea de costa (relieve), la alteración en los procesos geohidrológicos por la excavación para la apertura del puerto abrigo, así como la modificación del fondo marino por actividades de dragado, mismas que repercuten directamente en la calidad de la columna de agua por la suspensión de sedimentos. A pesar de lo anterior, los impactos no son considerados como relevantes desde el punto de vista ambiental, dado el diseño y las características fisiográficas del área.

Cabe mencionar que la morfología rectilínea de la costa, y las tendencias de erosión de la playa son aspectos negativos que afectan de manera directa a la costa del SAR, sin embargo, considerando la geología del área del proyecto (playa rocosa), así como la incidencia de las corrientes y el oleaje (del Este principalmente), es posible que con la presencia del proyecto se puedan generar zonas de deposición

de arenas (playa) en ambos lados de las escolleras del proyecto, contribuyendo a generar e incorporar fuentes de arena adicional a la dinámica litoral.

Si bien, se consideran programas y medidas específicas para mitigar en la medida de lo posible aquellos impactos provocados por la implementación del proyecto, tales como la colocación de mallas antiturbidez (con el fin de que la suspensión de sedimentos por el dragado no se dispersen más allá de las zonas de obra y que se tenga un control sobre los mismos), así como la implementación de técnicas constructivas que sean ambientalmente viables, habrá impactos que no podrán ser mitigados o compensados, tal es el caso de la hidrodinámica costera-marina y el fondo marino. Sin embargo, estos últimos no representan un riesgo en los procesos locales que puedan comprometer el funcionamiento dentro del SAR.

Por otro lado, mediante el trabajo de campo se validó que en el área en donde se pretende desarrollar el proyecto no hay presencia de pastos marinos, arrecifes de coral o individuos del Filo Cnidaria.

Respecto a los grupos fitoplanctónicos, estos fueron muy heterogéneos y poco abundantes; lo anterior se debe a que la zona donde se ubica el proyecto presenta concentraciones muy bajas de nutrientes, por lo que se considera un ambiente de poca producción.

Para el bentos se obtuvieron siete grupos taxonómicos (Polychaeta, Oligochata, Crustacea, Mollusca, Cephalochordata, Nematoda y Equinodermata), en donde el más representativo fue el de los poliquetos. La riqueza total fue de 71 especies, y donde el grupo taxonómico dominante fue el de los poliquetos con (47 especies), seguido de los crustáceos (13 especies), moluscos (9 especies) y equinodermos

con (2 especies). Ninguna de las especies se considera bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Se obtuvo una diversidad de especies baja, esto se debe posiblemente por la disponibilidad de recursos y las características del área (sustrato duro y blando), así mismo la dominancia de especies como *Levinsenia gracilis* y *Prionospio cristata* resaltan las condiciones de una zona con cierto aporte de materia orgánica.

Por otro lado, se tiene que es un área abierta y libre de estructuras de arrecifes o pastos marinos, por lo que la presencia de megafauna es mínima, aunado a esto se tiene la fuerte energía del oleaje y una gruesa capa de arena. Respecto a especies de peces pelágicos o necton se ubicaron algunos ejemplares que se encuentran en toda la región del caribe, ninguno de importancia comercial o de categoría especial.

A pesar de lo anterior, la ejecución del proyecto prevé la implementación de programas y medidas que mitiguen la afectación a dichos componentes, tales son el Programa de Monitoreo Ambiental, con sus subprogramas de Monitoreo de la Línea de Costa y el Subprograma de monitoreo de la calidad del agua. Así, como los Subprogramas de Protección de fauna marina y tortuga marina, mediante los cuales se dará atención a los impactos que conlleva el proyecto, asegurando que estos no pondrán en riesgo el funcionamiento del SAR.

Cabe mencionar que si bien, no se registraron la presencia de tortugas marinas o mamíferos marinos en todo momento se mantendrá atención de algún avistamiento, con el fin de evitar cualquier afectación a estos grupos de organismos, en especial durante la temporada de anidación y durante el desarrollo de las obras.

Por otro lado, y como se ha venido mencionando, la zona en donde se pretende la ejecución del proyecto se encuentra previamente impactada por actividades antropogénicas (principalmente turísticas), por lo que el factor perceptual se encuentra ya modificado o influido por las mismas. Aunado a lo anterior, se prevé que la ejecución del proyecto contribuya a la modificación del paisaje natural, por un lado, en la zona marina influyendo en las características escénicas de la zona, y por otro en la zona terrestre por la construcción del puerto abrigo.

Previendo las afectaciones que se generaran en el paisaje por la ejecución del proyecto y con el fin de mitigarlas o minimizarlas se prevé la implementación de actividades de reforestación en zonas en donde sea posible y con especies propias de la zona y de rápido crecimiento, mismas que en la medida de lo posible serán establecidas contiguas al área del proyecto. Con dichas acciones se pretende minimizar el impacto visual que trae consigo la construcción del proyecto y sus obras asociadas y en este sentido poder integrar el proyecto a las características de la zona asegurando que la afectación perceptual del sitio no sea mayor a lo que marca la descripción del proyecto.

Finalmente, el área del proyecto se encuentra sujeta a diversas presiones (actividades turísticas principalmente) por lo que, muestra tendencias al deterioro y a la pérdida de biodiversidad al tener un crecimiento desordenado. En este sentido, si bien, el proyecto considera una serie de impactos negativos, se prevé que estos sean sólo a una escala local, asimismo se prevé que con la ejecución de los programas, medidas y acciones de prevención, mitigación y compensación, los impactos ambientales que trae consigo el proyecto y previamente descritos en el Capítulo V, serán minimizados y a su vez, se pretende contribuir a mejorar la calidad ambiental de la zona, repercutiendo con ello en el mantenimiento y mejoramiento de los servicios ambientales y por tanto a la continuidad de los procesos

ecosistémicos que se desarrollan en la misma, sin dejar a una lado los beneficios al componente social.

CAPÍTULO VIII

IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Manifestación de Impacto Ambiental,
Modalidad Regional
Proyecto “Sol de Selva”

CONTENIDO

VIII.	IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	3
VIII.1.	METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA REGIONAL	3
VIII.1.1.	Metodología para la identificación de impactos ambientales	8
VIII.1.2.	Metodología para la Evaluación de impactos ambientales	10
VIII.1.3.	Criterios para la determinación de la magnitud	16
VIII.2.	ANEXOS ELECTRÓNICOS	16
VIII.3.	REFERENCIAS	17

FIGURAS

FIGURA VIII-1.	DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO METODOLÓGICO DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.	7
----------------	---	---

TABLAS

TABLA VIII-1.	DESCRIPCIÓN DE LA ESCALA DE VALORIZACIÓN DE LOS ATRIBUTOS.	12
---------------	--	----

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

El presente capítulo muestra la metodología para impactos, el listado de anexos y las referencias utilizadas en el desarrollo de la presente MIA-R.

VIII.1. METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA REGIONAL

Con base en el análisis realizado en el Capítulos IV (la caracterización de los componentes ambientales que conforman el SAR y área del proyecto, y su diagnóstico ambiental), se identificaron, describieron y evaluaron solo los impactos ambientales negativos que generará el desarrollo de las obras y/o actividades que conforman el proyecto sobre los componentes ambientales del SAR, como lo marca el Artículo 13 Fracción V del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Por lo que para poder llevar a cabo la evaluación de impactos, primeramente se realiza la identificación de las interacciones proyecto-entorno, para la cual existen numerosas técnicas; sin embargo, cualquier evaluación de impacto ambiental debe considerar lo siguiente:

- a) Describir la acción generadora del impacto.

- b) Predecir la naturaleza y magnitud de los efectos ambientales en función a la caracterización ambiental del SAR y el área del proyecto.
- c) Interpretar los resultados para prevenir los posibles efectos negativos en el SAR y área del proyecto.

Se desarrolló una metodología que estima los efectos adversos provocados por la construcción, operación y mantenimiento del proyecto, y que permitiera reducir en gran medida la subjetividad. Derivado de ello, el análisis permitió determinar las afectaciones que se presentarán sobre los componentes ambientales del SAR, así como su relevancia en términos de la definición de impacto ambiental relevante conforme a la fracción IX del Artículo 3 del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

Bajo este contexto, se presenta a continuación, de manera esquemática, un diagrama de flujo del proceso metodológico diseñado para la evaluación de los impactos ambientales en el proyecto (ver figura siguiente) considerando dentro de este proceso metodológico tres funciones analíticas principales:

- a) Identificación
- b) Caracterización y evaluación y
- c) Análisis y descripción

En este orden de ideas, primeramente se consideró la información derivada del análisis del proyecto, identificando sus etapas y en particular las acciones que

pueden desencadenar impactos ambientales en los componentes del entorno natural del SAR (información descrita en el Capítulo II respecto a las obras y actividades que conforman al proyecto), así como la descripción de los componentes ambientales del SAR (información descrita en el Capítulo IV).

Posteriormente, se identificaron las relaciones causa-efecto, que en sí mismas son los impactos potenciales cuya significancia se estimó más adelante. Las relaciones causa-efecto se identificaron con la ayuda de grafos realizados para el proyecto.

Una vez identificadas las relaciones causa-efecto, se elaboró un cribado para posteriormente determinar su denominación; es decir, se establecen los impactos ambientales como fases que asocian la alteración del entorno derivada de una acción humana, elaborando así un listado de las interacciones proyecto-ecosistema (impactos ambientales), para determinar el índice de importancia que se refiere a la severidad y forma del impacto, definida por una serie de atributos de tipo cualitativo que caracterizan dicha alteración, utilizándose los atributos y una fórmula propuesta por V. Conesa Fdez. - Vítora (2003) pero modificada para adecuarse al proyecto.

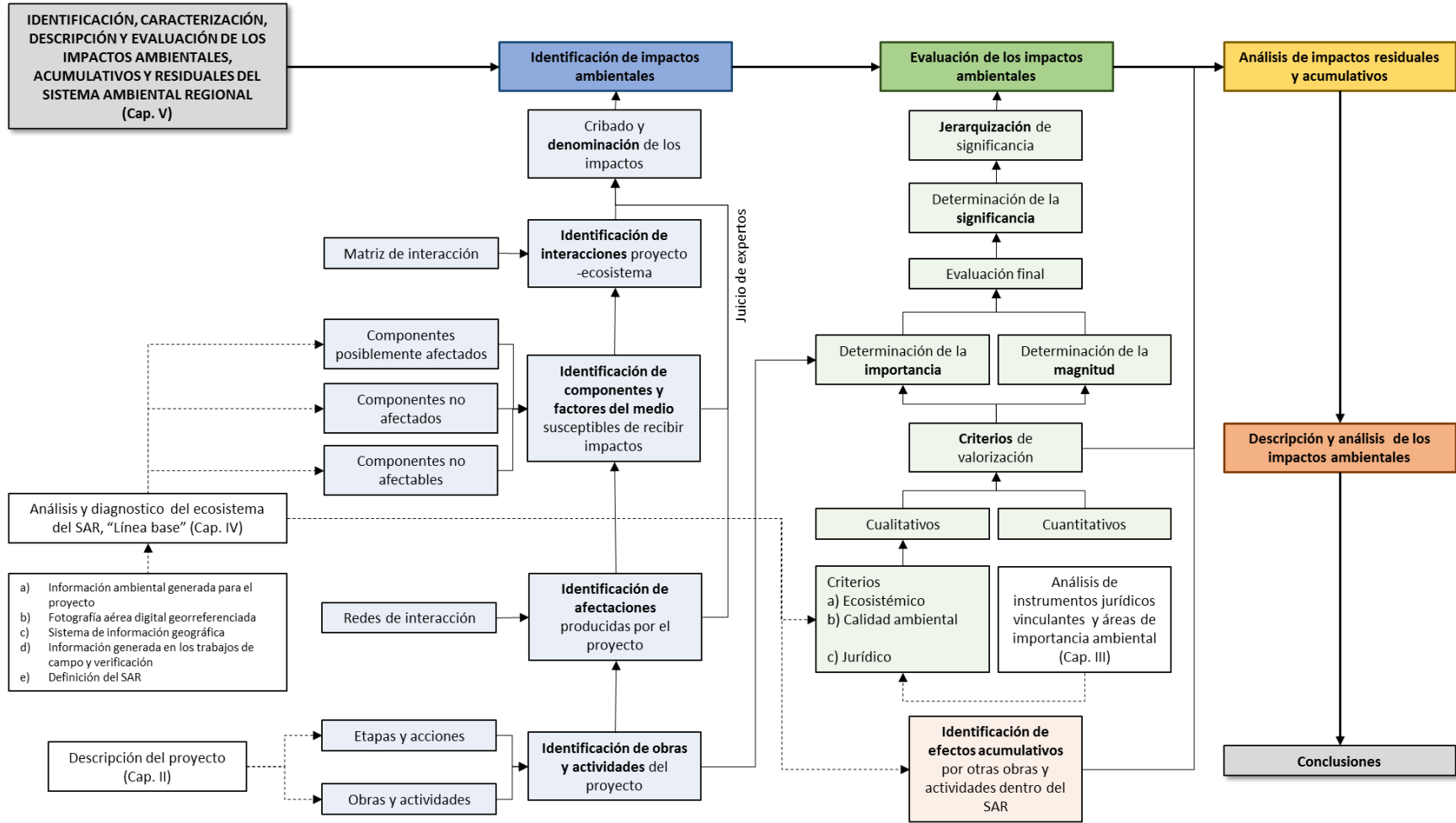
A partir del índice de importancia y la magnitud de cada impacto ambiental, se realiza un análisis de la significancia de los impactos ambientales, misma que se evalúa a través de una serie de criterios:

- a) Criterio ecosistémico: cuando una alteración es capaz de afectar el funcionamiento de uno o más procesos del ecosistema que pueda generar un desequilibrio ecológico.
- b) Criterios de la calidad ambiental de los componentes: cuando el componente se encuentra en “mal estado”, basado en estudios técnicos y científicos.
- c) Criterio jurídico: cuando el componente ambiental alterado se encuentra reconocido por leyes, planes y programas y/o en las NOM's.

Posteriormente se describen los impactos ambientales que producirá el proyecto sobre el SAR, finalizando el Capítulo con las conclusiones del mismo.

Figura VIII-1. Diagrama de flujo del proceso metodológico de la Evaluación de Impacto Ambiental.

(Fuente: Elaboración propia)



VIII.1.1. Metodología para la identificación de impactos ambientales

Para el desarrollo de la presente sección, se consideraron técnicas conocidas para la identificación de impactos ambientales en las diferentes etapas del proyecto, las principales herramientas utilizadas fueron:

- Sistema de información geográfica
- Grafos o redes de interacción causa – efecto.
- Matrices de interacción
- Juicios de expertos

Las técnicas de identificación de los impactos significativos conforman, por lo tanto, la parte medular de la metodología de evaluación y se registran numerosas propuestas en la literatura especializada, algunas muy simples y otras sumamente estructuradas, siendo la identificación de impactos el paso más importante en la EIA ya que “un impacto que no es identificado, no es caracterizado, ni evaluado, ni descrito”.

VIII.1.1.1. Sistema de información geográfica

Consiste en el análisis de la sobre posición de diferentes capas (temas), utilizando un Sistema de Información Geográfica (SIG), para conocer cómo se conforma el territorio donde se encuentra el proyecto, así como su comportamiento de acuerdo al medio biótico y abiótico.

Los SIG's utilizados son: ArcMap 10.1, Global Mapper v.17, GoogleEarth.

VIII.1.1.2. Grafo o redes de interacción causa – efecto

Consisten en representar las cadenas de relaciones sucesivas que van del proyecto al medio. Aun cuando ésta técnica es menos utilizada que las matrices de interacción, refleja de una mejor manera la cadena de acontecimientos y sus interconexiones, es decir, las redes de relaciones entre la actividad y su entorno. Se sugiere que la técnica del grafo y la de las matrices sean consideradas de forma complementaria. (Gómez-Orea, 2002).

La técnica del grafo se realiza para todas las etapas de las obras del proyecto, los impactos vienen identificados por las flechas, las cuales definen relaciones causa-efecto: la causa está en el origen, y el efecto en el final de la flecha. Se hizo una modificación a la técnica y se adicionó dos tipos de línea, una línea continua representan una afectación primaria, una línea discontinua representa las afectaciones secundarias y una línea punteada representan afectaciones terciarias

VIII.1.1.3. Matrices de interacción

Son cuadros de doble entrada; en una de las cuales se disponen las acciones del proyecto que causan algún impacto y en la otra los componentes y factores ambientales receptores de los efectos, ambas entradas identificadas en pasos anteriores. En la matriz se señalan las casillas donde se producir una interacción primaria, secundaria o terciaria.

Cabe mencionar la importancia y valor del análisis descrito ya que no sólo se identifican los impactos, sino que como resultado de ello se definirán posteriormente las medidas de prevención, mitigación y compensación que son integradas en programas que conforman el Programa de Supervisión y Gestión Ambiental propuesto para el proyecto y que se describe en el Capítulo VII.

VIII.1.1.4. Juicios de expertos

Las consultas a paneles de expertos se facilita mediante la utilización de métodos diseñados para ello en donde cada participante señala los factores que pueden verse alterados por el proyecto y valora dicha alteración según una escala preestablecida y por aproximaciones sucesivas, en donde se comparan y revisan los resultados individuales, se llega a un acuerdo final que se especifica y justifica en un informe. (Gómez-Orea, 2002).

El juicio de expertos se consideró en todo momento para la identificación, caracterización y evaluación de los impactos del proyecto.

El grupo de juicio de expertos se conforma por profesionistas con experiencia en el campo de biología, geografía, geomorfología, arquitectura, ingeniería ambiental y en energía, química y derecho.

VIII.1.2. Metodología para la Evaluación de impactos ambientales

La importancia de un impacto se refiere a la severidad y forma de la alteración, la cual viene definida por una serie de atributos de tipo cualitativo que caracterizan dicha alteración, por lo que tomando como base el juicio de expertos, la Matriz de Identificación de interacciones, el grafo que le dio origen y la tabla de Impactos ambientales por factor y componente ambiental (Todos ellos presentados en el Capítulo V), se generó la Matriz de evaluación de la Importancias y Magnitud de impactos ambientales (Capítulo V) donde a cada uno de los impactos ambientales se les atribuye un valor del 1 al 5, mediante la aplicación del modelo conocido que

se describe a continuación, el cual fue propuesto por V. Conesa Fdez. – Vítora (2003) de manera que la autoridad pueda replicar los impactos ambientales identificados para el proyecto.

1) Se tipificaron las formas en que se puede describir cada atributo, es decir el carácter del atributo, mismo que se cita en la siguiente tabla.

2) Se atribuyó un código numérico a cada carácter del atributo, acotado entre un valor máximo para la más desfavorable y uno mínimo para la más favorable, cabe hacer mención que para mayor claridad sobre la aplicación de cada valor, así como para su reproducción por parte de la DGIRA, se definió cada rango.

A continuación se presenta los criterios para valorar cada uno de los atributos cualitativos que caracterizaran la importancia del impacto para cada etapa y actividades, obtenidos de la propuesta de V. Conesa Fdez. – Vítora (2003) y modificados a partir de la naturaleza del proyecto.

Tabla VIII-1. Descripción de la escala de valorización de los atributos.

Atributo	Escala				
	1	2	3	4	5
<p>Intensidad (In) El grado de afectación de la acción sobre el factor.</p>	<p>Baja Su efecto tiene una modificación mínima del factor considerado</p>	<p>Mediana Su efecto provoca alteraciones en algunos de los factores del medio del SAR</p>	<p>Alta Su efecto provoca alteraciones en todos los factores del medio del SAR</p>	<p>Muy alta Su efecto provoca una modificación en los factores del medio y/o procesos fundamentales de funcionamiento</p>	<p>Total Destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto</p>
<p>Extensión (EX) El área de influencia del impacto en relación con el entorno del proyecto.</p>	<p>Puntual Cuando la acción impactante produce un efecto en áreas específicas dentro del polígono del proyecto</p>	<p>Parcial Cuando la acción produce un efecto en todo el polígono del proyecto</p>	<p>Extenso Cuando la acción produce un efecto más allá del polígono del proyecto pero dentro en el SAR</p>	<p>Total Cuando la acción produce un efecto más allá del SAR</p>	<p>Crítica Cuando la acción produce un efecto puntual pero se produce en un lugar crítico</p>
<p>Efecto (EF) La relación causa – efecto de las acciones del proyecto.</p>	<p>Indirecto El efecto no tiene incidencia inmediata en algún factor, pero si una relación próxima (impacto terciario)</p>	<p>No aplica</p>	<p>Parcial El efecto no tiene incidencia inmediata en algún factor, pero si una relación próxima (impacto secundario)</p>	<p>No aplica</p>	<p>Directo El efecto tiene incidencia inmediata en algún factor (impacto primario)</p>
<p>Momento (MO) El tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor.</p>	<p>Largo plazo Cuando el tiempo transcurrido es mayor a 5 años</p>	<p>No aplica</p>	<p>Mediana plazo Cuando el tiempo transcurrido es de 1 a 5 años</p>	<p>No aplica</p>	<p>Inmediato Cuando el tiempo transcurrido es inmediato</p>
<p>Persistencia (PE) El tiempo en que permanecerá el efecto a partir de su aparición.</p>	<p>Inmediato Cuando el tiempo de permanencia termina al finalizar la acción</p>	<p>Fugaz Cuando el tiempo de permanencia es menor a 1 año</p>	<p>Temporal Cuando el tiempo de permanencia es de 1 a 3 años</p>	<p>Pertinaz Cuando el tiempo de permanencia es de 4 a 10 años</p>	<p>Permanente Cuando el tiempo de permanencia es mayor a 10 años</p>

Atributo	Escala				
	1	2	3	4	5
Periodicidad (PR) La regularidad de la manifestación	Único Cuando el efecto se manifiesta una sola vez	Discontinuo Cuyo efecto se manifiesta varias veces de forma irregular	No aplica	Periódico Cuyo efecto se manifiesta varias veces de forma regular	Continuo Cuyo efecto se manifiesta a través de alteraciones regulares en su permanencia
Sinergia (SI) 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	Baja Cuando se tiene un alto nivel de influencia sinérgica y un bajo nivel de sensibilidad sinérgica.		Media Cuando hay un balance entre el nivel de influencia y nivel de sensibilidad sinérgica		Alta cuando se tiene un alto nivel de influencia sinérgica y un alto nivel de sensibilidad sinérgica
Acumulación (AC) El incremento progresivo de un efecto	No acumulativo Cuando no existen otras acciones similares producidas por obras y actividades diferentes al proyecto y que afecten el mismo factor dentro del SAR.	No aplica	No aplica	No aplica	Acumulativo Cuando existen otras acciones similares producidas por obras y actividades diferentes al proyecto y que afecten el mismo factor dentro del SAR.
Reversibilidad (RV) La posibilidad de retornar, por medios naturales, a las condiciones iniciales previas a la acción. Sin el proyecto.	Reversible inmediatamente Cuyo efecto puede retornar de forma natural al término de la acción	Reversible a Corto plazo Cuyo efecto puede retornar de forma natural en menos de 1 año	Reversible a Medio plazo Cuyo efecto puede retornar de forma natural de 1 a 10 años	Reversible a Largo plazo Cuyo efecto puede retornar de forma natural después de 10 años	Irreversible Alteración imposible de reparar por la acción natural
Recuperabilidad (MC) La posibilidad de retornar, por medios humanos, a las condiciones iniciales previas a la acción.	Recuperable inmediatamente Cuyo efecto puede retornar por medios humanos, al término de la acción	Recuperable a corto plazo Cuyo efecto puede eliminarse con medidas en menos de 1 año	Recuperable a medio plazo Cuyo efecto puede eliminarse con medias en más de 1 año	Mitigable Cuyo efecto puede minorarse con medidas correctoras	Irrecuperable Cuyo efecto no puede eliminarse aun con medidas correctoras (residual)

3) La importancia de cada impacto, se evaluó a partir del siguiente algoritmo simple, que se muestra a continuación, por medio de la sumatoria de los valores asignados a los atributos de cada impacto:

$$\text{Importancia} = \text{IN} + \text{EX} + \text{EF} + \text{MO} + \text{PE} + \text{PR} + \text{SI} + \text{AC} + \text{RV} + \text{MC}$$

VIII.1.2.1. Criterios para la evaluación de la intensidad

La intensidad es el “grado” de afectación de una acción sobre un factor ambiental, el cual se basa en una calificación subjetiva que se determina por el cambio que tendrá el factor con y sin proyecto, y que está basado en una serie de criterios tanto ambientales como jurídicos. No todos los impactos tiene la misma intensidad, algunos pueden generar desequilibrios ecológicos o ecosistémico o que puedan sobrepasar límites establecidos en normas jurídicas específicas, por lo que antes de pasar a la valorización del atributo de Intensidad (IN), es necesario describir y analizar los criterios que se tomaron en consideración en este caso, los cuales fueron los siguientes:

a) Criterio ecosistémico

Cuando un impacto es capaz de modificar el funcionamiento de uno o más procesos del ecosistema, de forma tal que su efecto puede generar una alteración entre componentes ambientales y generar un desequilibrio ecológico.

b) Criterio de calidad ambiental

De acuerdo al conocimiento generalizado se determina la importancia o escasez del recurso, ambiente o ecosistema (componentes y/o facto) a ser impactado. Este criterio se basa en dictámenes técnicos o científicos, tales como los estudios realizados para el presente DTU.

c) Criterio jurídico

Cuando el componente y/factor ambiental que recibirá el impacto se encuentra reconocido por instrumentos jurídicos (como son las leyes, en los planes y programas, en las NOM's), y áreas de importancia ambiental (como son ANP's, sitios RAMSAR). Respecto a la posibilidad de generar desequilibrios ecológicos o rebasar límites establecidos en alguna disposición aplicable para la protección al ambiente. En este último caso, es por ejemplo conveniente citar como efecto el reconocimiento del estatus de protección que alcanzan las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 con las siguientes categorías de riesgo:

- Probablemente extinta en el medio silvestre,
- En peligro de extinción,
- Amenazadas y
- Sujeta a protección especial.

El impacto que pudiera incidir sobre alguna de estas especies radica en el estatus de protección que le asigne la Norma de acuerdo a su vulnerabilidad, así resulta obvio que el impacto sobre una especie con estatus de "en peligro de extinción"

puede alcanzar un mayor significado ambiental que si la especie estuviera catalogada en estatus de protección especial.

VIII.1.3. Criterios para la determinación de la magnitud

La **magnitud**, representa la cantidad y calidad del factor modificado, y que se expresará en términos de la extensión, intensidad y duración de la alteración al componente en relación al SAR.

Es por ello que para obtener la Magnitud se realiza un algoritmo simple creado a partir del modelo propuesto por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (Roma 1995) y modificado para el proyecto utilizando los atributos, previamente evaluados, de IN (intensidad), EX (extensión) y PE (persistencia).

El algoritmo utilizado es el siguiente:

$$\text{Magnitud} = (\text{IN} \times 4) + (\text{EX} \times 4) + (\text{PE} \times 2)$$

VIII.2. ANEXOS ELECTRÓNICOS

Se integran los siguientes anexos en formato electrónico:

- Carpeta “1_planos”: contiene archivos pdf con planos de las obras del proyecto.

- Archivo Excel “2_Coordenadas_obras”, con las coordenadas de todos los vértices de las obras del proyecto.
- Archivo Word “3_Memoria_proyecto”, contiene una descripción detallada de estructuras, incluyendo análisis oceanográfico y modelaciones para el cálculo de las obras propuestas.
- Archivo pdf “Estudio hidrogeológico”, el reporte del modelo del flujo de agua subterránea y simulación de transporte de sales realizado para el proyecto.

VIII.3. REFERENCIAS

Anónimo, 1990. Decline of the Sea Turtles: Causes and Prevention. Committee on Sea Turtle Conservation, National Research Council, Division on Earth and Life Studies, Commission on Life Sciences. National Academy Press. EEUU. 259p.

Anónimo, 1998. Programa de Manejo Parque Marino Nacional Arrecifes de Cozumel, Quintana Roo. México. Instituto Nacional de Ecología. México, D.F. 166p.

Anónimo, 2016. Sea turtle protection program. 2015 Report. Centro Ecológico Akumal. 11p. Disponible en http://media.wix.com/ugd/ba058b_7b7039005b69466baf7e464b08f5fb9f.pdf

Aguirre, G. (2011). Métodos de estimación, captura y contención de anfibios y reptiles. En: Gallina, S. López, C. 2011. Manual de Técnicas para el estudio de la Fauna. Instituto de Ecología A.C. México. 61-86 pp.

Aranda-Cirerol, N., Herrera-Silveira, J. A., y F. A. Comín. 2006. Nutrient water quality in a tropical coastal zone with groundwater discharge, northwest Yucatán, Mexico. *Estuarine Coastal Shelf Science*, 68: 445- 454

Bjorndal, K.A., A.B. Bolten y M. Chaloupka. 2005. Evaluating trends in abundance of immature green turtles, *Chelonia mydas*, in the greater Caribbean. *Ecological Applications* 15(1):304-314.

Blumenthal, J.M., J.L. Solomon, C.D. Bell, T.J. Austin, G. Ebanks-Petrie, M.S. Coyne, A.C. Broderick y B.J. Godley. 2006. Satellite tracking highlights the need for international cooperation in marine turtle management. *Endangered Species Research* 7:1-11.

Chicote, C.A., J.A. Vazquez, A. Cañadas y M- Gazo. 2013. Manual del observador de mamíferos marinos para operaciones Off-shore generadoras de ruido en aguas españolas. Fundación Biodiversidad y SUBMON. 135p. Disponible en: http://www.magrama.gob.es/es/costas/formacion/Manual_MMO_espa%C3%B1oles_tcm7-323455.pdf

CONANP, 2011. Programa de acción para la conservación de la especie: Tortuga caguama, *Caretta caretta*. Dirección General de Operación Regional. Dirección de Especies Prioritarias para la Conservación, Programa Nacional de Conservación de Tortugas Marinas, CONANP-SEMARNAT, México. 43p.

CONAFOR (2016). Manual para el establecimiento de Unidades Productoras de Germoplasma Forestal. SEMARNAT. México. 70 pp.

Comisión Nacional Forestal, (2010). Prácticas de reforestación: Manual básico. SEMARNAT. México. 64 pp.

Conesa Fernández, V. – Vitora (2003), Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. 2ª Edición. España: Ediciones Mundi-prensa.

Domingo Gómez Orea, Ma. Teresa Gómez Villarino (2013), Evaluación de impacto ambiental. 3 ra edición, ediciones Mundiprensa. España.

Firmenich-Bianchi E. (2009). Metodología para la construcción de escenarios. CONDUCES – Grupo consultor. Argentina.

Froese, R. y D. Pauly (Editores). 2014. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (04/2014).

Gómez Orea, D. (2002), Evaluación de Impacto Ambiental. 2a. Edición. España: Mundi-Prensa. 756p.

Gómez Orea, D. (2008), Ordenamiento Territorial. 2a. Edición. España: Mundi-Prensa. 766p.

Gómez Orea, D. (1999), Evaluación del Impacto Ambiental, Un Instrumento Preventivo para la Gestión Ambiental.- Ediciones Mundi-prensa.- Ed. Agrícola Española, S.A. de C.V.

Gómez Orea, D. (2009), Evaluación de Impacto Ambiental. Mundi Prensa. Pag. 324.

Hawthorne, W. D. (1987). Daños Provocados por Animales Silvestres y Técnicas de Control. En: Manual de Técnicas de gestión de vida silvestre. S. D. Schemnitz (Ed). The Wildlife Society, USA. 431-462.

IPCC (2013). Definition of terms used within the ddc pages. United Nations Environmental Program (UNEP). <http://www.ipcc-data.org/guidelines/pages/definitions.html>

Kot, C.Y., A. DiMatteo, E. Fujioka, B. Wallace, B. Hutchinson, J. Cleary, P. Halpin and R. Mast, 2014. The State of the World's Sea Turtles Online Database: Data provided by the SWOT Team and hosted on OBIS-SEAMAP. Oceanic Society,

Conservation International, IUCN Marine Turtle Specialist Group (MTSG), and Marine Geospatial Ecology Lab, Duke University. <http://seamap.env.duke.edu/swot>.

Lagueux, C.J. 2001. Status and Distribution of the Green Turtle, *Chelonia mydas*, in the Wider Caribbean Region. pp: 32-35. En. K.L. Eckert y F. A. Abreu-Grobois. Proceedings Marine Turtle Conservation in the Wider Caribbean Region —A Dialogue for Effective Regional Management. Santo Domingo, 16–18 November 1999. WIDECAS, IUCN-MTSG, WWF, and UNEP-CEP. 154p

Márquez-M., R, M.C. Jiménez-Q., y M.A. Carrasco-A. 2000. Estado de salud de las tortugas marinas de México. Instituto Nacional de la Pesca. Dirección General de Investigación en Procesos para el Desarrollo Sustentable. Informe de Trabajo, 33p.

Morales-Vela B., J.A. Padilla-Saldívar, D.M. Antochiw-Alonzo, 2011. Mamíferos marinos. En: Pozo C. (Ed.). Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación. Tomo 2. ECOSUR, CONABIO, Gobierno del Estado de Quintana Roo, PPD. México, D.F. pp. 233-240. Disponible en: http://www.ecosur.mx/index.php?option=com_academicpages&id=6#sthash.zJEBYf9X.dpuf

Ogayar A. (2001). Método de los Escenarios: apuntes teóricos. Universidad de Jaén. España.

Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (1995), Estudio monográfico de explotación forestal. Impacto ambiental de las prácticas de cosecha forestal y construcción de caminos en bosques nativos siempre verdes de la X región de Chile. Roma Italia.

PROFEPA, (2000). Disposiciones y procedimientos para la caracterización y restauración de suelos contaminados. SEMARNAT. México.

Romero, M., Sánchez, C., García, C., Owen, R. (2007). Mamíferos pequeños: Manual de técnicas de captura, preparación, preservación y estudio. Universidad Nacional Autónoma de México. 201 p.

Signoret, P. M., Bulit, C. y R. Pérez, 1998. Patrones de distribución de clorofila a y producción primaria en aguas del Golfo de México y del Mar Caribe. *Hidrobiológica*, 8(2): 81- 88.

UNEP-WCMC (Comps.) 2008. Checklist of CITES species (CD-ROM). CITES Secretariat, Geneva, Switzerland, and UNEP-WCMC, Cambridge, United Kingdom.

Vanegas, L. (2016). Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias. Informe final dentro del proyecto GEF 00089333 “Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras”. CONAFOR, CONABIO, GEF-PNUD. México. 158 pp.

Vergara C., Maza F. y Fontalvo T. (2010). Futurología: origen, evolución y métodos. Palobra. Colombia, 11, pp 218-229.