



MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

- I. Unidad administrativa que clasifica:** Delegación Federal en el estado de Quintana Roo.
- II. Identificación del documento:** Se elabora la versión pública de la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad Particular, con número de bitácora **23/MP-0030/11/21**.
- III. Las partes o secciones clasificadas:** La parte concerniente a el RFC, CURP y domicilio particular de persona física en páginas 23 y 24.
- IV. Fundamento legal y razones:** La clasificación de la información confidencial se realiza con fundamento en el artículo 116 primer párrafo de la Ley General de Transparencia de Acceso a la Información Pública y 113, fracción I de la Ley Federal de Transparencia de Acceso a la Información Pública. Artículos séptimo fracción III y Trigésimo octavo de los Lineamientos Generales en Materia de clasificación y de clasificación de la Información, así como para la elaboración de versiones públicas. Por tratarse de datos personales concernientes a una persona física identificada e identificable.
- V. Fecha, número e hipervínculo al acta de la sesión de Comité donde se aprobó la versión pública.**

ACTA_05_2022_SIPOT_4T_2021_ART69, en la sesión celebrada el 14 de enero del 2022.

http://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/inai/XXXIX/2021/SIPO/ACTA_05_2022_SIPOT_4T_2021_ART69.pdf

VI. Firma de titular:


Lic. María Guadalupe Estrada Ramírez.

“Con fundamento en lo dispuesto por el artículo 39, en concordancia armónica e interpretativa Con los artículos 19 y 40, todos del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; y de conformidad con los artículos 5, fracción XIV y 84 de ese mismo ordenamiento reglamentario, en suplencia por ausencia definitiva del Titular de la Oficina de Representación de la SEMARNAT en el estado de Quintana Roo, previa designación, firma la C. María Guadalupe Estrada Ramírez, Jefa de la Unidad Jurídica”. *

*Oficio 00291 de fecha 12 de abril de 2021.

¹ En los términos del artículo 17 Bis en relación con los artículos Octavo y Décimo Tercero Transitorios del Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre de 2018.





ARRECIFE ARTIFICIAL EN ZONA
COSTERA DE PUERTO JUÁREZ,
Q.ROO

MANIFIESTO DE IMPACTO AMBIENTAL
MODALIDAD PARTICULAR

**CAPILLAS Y CEMENTERIOS DEL NORTE S.A.P.I.
DE C.V.**
PROMOVENTE



M. EN C. JOHNNY O. VALDEZ IUIT
RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
ATEC ASESORÍA TÉCNICA Y ESTUDIOS COSTEROS S.C.P.



ÍNDICE

ÍNDICE.....	a
RELACIÓN DE FIGURAS.....	g
RELACIÓN DE TABLAS.....	i
VALORACION DEL IMPACTO DEL PROYECTO VALORACION DEL IMPACTO DEL PROYECTO	j
RESUMEN EJECUTIVO.....	i
I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	1
I.1 Proyecto	1
I.1.1 Nombre del proyecto	1
I.1.2 Ubicación del proyecto.....	1
I.1.3 Tiempo de vida útil del proyecto.....	1
I.1.4 Presentación de la documentación legal	2
I.2 I.2 Promovente.....	2
I.2.1 Nombre o razón social	2
I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes del promovente.....	2
I.2.3 Nombre y cargo del representante legal	2
I.2.4 Responsable de trámites ante SEMARNAT	2
I.2.5 I.2.4 Dirección para recibir y oír notificaciones.....	2
I.3 Responsable de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental.....	2
I.3.1 Nombre o razón social	2
I.3.2 Registro Federal de contribuyentes	2
I.3.3 Nombre del responsable técnico del estudio	2
I.3.4 Dirección del responsable técnico del estudio.....	3
II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	4
II.1 Información general del proyecto.....	4

II.1.1	Naturaleza del proyecto	4
II.1.2	Selección del sitio	4
II.1.3	Ubicación física del proyecto y planos de localización.....	5
II.1.4	Inversión requerida	6
II.1.5	Duración del proyecto	6
II.1.6	Dimensiones del proyecto.....	7
II.1.6.1	Modelos de Reef Ball.....	7
II.1.6.2	Área o superficie del proyecto	7
II.1.6.3	Diseño del arrecife artificial	8
II.1.7	Uso actual del suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto.....	9
II.1.8	Urbanización del área y descripción de los servicios requeridos.....	9
II.2	Características particulares del proyecto.....	9
II.2.1	Reef Ball: misión y tecnología utilizada	9
II.2.1.1	Concepto Eternal Reef.....	11
II.2.1.2	Cementerio del Mar: Vida que impacta vidas	12
II.2.2	Programa general de trabajo	14
II.2.3	Preparación del sitio.....	15
II.2.4	Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto.....	15
II.2.5	Etapa de construcción	15
II.2.6	Etapa de operación y mantenimiento.....	17
II.2.7	Descripción de obras asociadas al proyecto	18
II.2.8	Etapa de abandono de sitio.....	18
II.2.9	Utilización de explosivos	18
II.2.10	Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera	18
II.2.11	Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos	18

III.	VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DEL USO DE SUELO.....	19
III.1	ANÁLISIS DE INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTO.....	19
III.1.1	PLANES Y PROGRAMAS FEDERALES	19
III.1.1.1	Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2019-2024.....	19
III.1.1.2	Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT) 2020-2024	20
III.1.1.3	Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT).....	21
III.1.1.4	Programa Sectorial de Turismo (PROSECTUR) 2020-2024	21
III.1.1.5	Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo De México y Mar Caribe 2012 (POEMyRGMMyMC)	21
III.1.2	PLANES Y PROGRAMAS ESTATALES Y MUNICIPALES	25
III.1.3	ÁREAS DE ATENCIÓN PRIORITARIA	25
III.1.3.1	ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS (ANP'S)	25
III.1.3.2	Regiones Marinas Prioritarias (RMP)	26
III.2	ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS JURÍDICOS Y NORMATIVOS.....	27
III.2.1	LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE (LGEEPA) (Publicada en el D.O.F. de fecha 28 de enero de 1988; última reforma publicada D.O.F. 04-06-2012)	27
III.2.2	REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL (Publicado en el D.O.F. 30-mayo-2000; última reforma publicada D.O.F. 31-10-2014).....	28
III.2.3	LEY ESTATAL DE EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE DEL ESTADO DE QUINTANA ROO (última reforma publicada en el D.O.E. el 16 de agosto de 2018).....	29
III.2.4	LEY FEDERAL DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL (publicado en el D.O.F. el 7 de junio de 2013; última reforma 20 de mayo de 2021)	29
III.2.5	LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE (publicada en el D.O.F. el 3 de julio de 2000; última reforma 19 de enero de 2018)	29

III.2.6	LEY DE LA VIDA SILVESTRE PARA EL ESTADO DE QUINTANA ROO (publicado en el D.O.E. el 25 de septiembre de 2012, Decreto 131).....	30
III.2.7	LEY FEDERAL DEL MAR (publicada en el D.O.F. el 8 de enero de 1986)	30
III.2.8	LEY DE AGUAS NACIONALES (Publicado en el D.O.F. EL 1 de diciembre de 1992; última reforma 06 de enero de 2020)	31
III.2.9	REGLAMENTO DE LA LEY DE AGUAS NACIONALES (publicado en el D.O.F. el 1 de diciembre de 1992; última reforma 25 de agosto de 2014)	31
III.2.10	LEY GENERAL DE SALUD (publicada en el D.O.F. el 7 de febrero de 1984; última reforma 6 de enero de 2021)	32
III.2.11	LEY DE VERTIMIENTOS EN LAS ZONAS MARINAS MEXICANAS (Publicado en el D.O.F. de fecha 17 de enero de 2014)	32
III.3	NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOM's).....	33
III.3.1	NOM-041-SEMARNAT-2015 (publicado en el D.O.F el 10 de junio de 2015)	33
III.3.2	NOM-059-SEMARNAT-2010 (publicado en el D.O.F. el 30 de diciembre de 2010) ..	33
III.3.3	NOM-080-SEMARNAT 1994 (publicada en el D.O.F. el 13 de enero de 1995)	33
IV.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	34
IV.1	Delimitación del área de estudio	34
IV.2	Caracterización y análisis del sistema ambiental.....	35
IV.2.1	Aspectos abióticos.....	35
IV.2.1.1	Clima.....	35
IV.2.1.2	Temperatura.....	35
IV.2.1.3	Precipitación.....	36
IV.2.1.4	Fenómenos meteorológicos.....	36
IV.2.1.5	Vientos.....	37
IV.2.2	Geología y geomorfología	37
IV.2.2.1	Suelos	38

IV.2.3	Hidrología.....	38
IV.2.3.1	Hidrología superficial.....	39
IV.2.3.2	Hidrología subterránea	40
IV.2.4	Batimetría.....	40
IV.2.5	Aspectos bióticos.....	41
IV.2.6	Vegetación acuática sumergida	42
IV.2.6.1	Fauna	43
IV.2.7	Paisaje	44
IV.2.7.1	Visibilidad	45
IV.2.7.2	Calidad paisajística	46
IV.2.7.3	Fragilidad	47
IV.2.8	Medio socioeconómico	48
IV.2.8.1	Demografía.....	48
IV.2.8.2	Economía y empleo	49
IV.2.8.3	Educación	49
IV.2.9	Diagnóstico ambiental.....	49
V.	IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.....	51
V.1	Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales.....	51
V.1.1	Indicadores de impacto.....	51
V.1.2	Lista indicativa de los indicadores de impacto.....	51
V.1.3	Criterios y metodología de evaluación.....	54
V.1.3.1	Criterios	55
V.1.3.2	Metodologías de evaluación y justificación de la metodología seleccionada	56
VI.	medidas preventivas y de mitigación de los impactos ambientales.....	60
VI.1	Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental.....	60

VI.2	Seguimiento y control (monitoreo).....	61
VI.3	Información necesaria para la fijación de montos de fianza	62
VII.	Pronósticos ambientales y en su caso, evaluación de alternativas.	63
VII.1	Pronóstico del escenario	63
VII.1.1	Descripción y análisis del escenario sin proyecto	63
VII.1.2	Descripción y análisis del escenario con el proyecto.....	63
VII.2	Pronóstico ambiental	64
VII.3	Programa de vigilancia ambiental	64
VII.4	Conclusiones.....	65
VIII.	Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan la información señalada en las fracciones anteriores.....	67
VIII.1	Formatos de presentación	67
VIII.1.1	Planos definitivos	67
VIII.1.2	Fotografías.....	69
VIII.1.3	Videos.....	72
VIII.1.4	Listas de flora y fauna.....	72
VIII.2	Otros anexos	72

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del sitio donde se realizará el proyecto de arrecifes artificiales.	1
Figura 2. Ubicación del sitio del proyecto localizado en la zona que comprende entre Isla Mujeres y el territorio continental. Verde: límites del polígono; Rojo: arrecife artificial.....	5
Figura 3. Esquema de la distribución de un fragmento del arrecife artificial compuesto por 10 estructuras mini bay.....	9
Figura 4. Diferentes modelos de las estructuras de concreto tipo Reef Ball.	10
Figura 5. Reef Ball y sus diversas aplicaciones: A) Restauración de manglares, B) Campo ostrícola, C) Protección de zona costera, D) Rompeolas sumergido y E) Agregación de fauna marina.	11
Figura 6. Imágenes representativas de un Eternal Reef. Construcción, personalización, inmersión y colonización de flora y fauna. Tomado de www.vanorsdel.com	12
Figura 7. Perla conmemorativa terminada.	12
Figura 8. Izquierda: Planos del molde y de la perla conmemorativa y Derecha: Molde impreso en 3D.	13
Figura 9. Proceso de elaboración de la perla dentro de un arrecife de resguardo. De izquierda a derecha: Molde, perla recién desmoldada, peso de la perla y perla finalizada.	14
Figura 10. Proceso de carga, transporte y descarga de estructuras de concreto Reef Ball.....	16
Figura 11. Modos de transporte marítimo. a) embarcación acondicionada con una tabla de cimbraplay y b) lanchón equipado con brazo mecánico remolcado con lancha con motor fuera de borda.	16
Figura 12. Estructuras con boyas de polyform para un descenso controlado con apoyo de buzos. 17	
Figura 13. Izquierda. Ejemplo de embarcaciones que serán utilizadas para el traslado de personas. Derecha. Colocación de la perla en el interior de la estructura modelo Mini Bay	17
Figura 14. ubicación del proyecto (verde) con relación a la UGA 174 del POEMyRGMMyMC.	22
Figura 15. Ubicación del sitio donde se realizará el proyecto con relación a la presencia de polígonos de ANP's.	26
Figura 16. Área de estudio y red de estaciones utilizadas para caracterizar el sitio donde se realizará el proyecto.	34
Figura 17. Valores de temperatura para la zona de Isla Mujeres durante el 2020. Tomado de www.meteoblue.com	35
Figura 18. Gráfica de precipitación del 2020 para la zona donde se realizará el proyecto	36

Figura 19. Mapa resumen con la trayectoria de los fenómenos meteorológicos formados en el Océano Atlántico para el 2020.....	36
Figura 20. Velocidad y dirección del viento predominante en la zona del proyecto. Tomado de www.es.weatherspark.com y www.meteoblue.com	37
Figura 21. Mapa de hidrografía del Estado de Quintana Roo (tomado del INEGI) y ubicación general (rojo) del sitio del proyecto.....	39
Figura 22. Captura realizada durante el levantamiento batimétrico de la zona de estudio. En la mitad izquierda de la pantalla se aprecia el recorrido que se realizó dentro del polígono de estudio.	40
Figura 23. Ubicación del proyecto (línea roja) con relación a la profundidad del sitio. La línea punteada indica la derrota de los barcos hacia Isla Mujeres.....	41
Figura 24. Imágenes representativas de la fauna identificada dentro del área de estudio.	44
Figura 25. Imágenes representativas del paisaje en la superficie marina. Se puede apreciar la línea de playa de Puerto Juárez, Zona Hotelera e Isla Mujeres.....	45
Figura 26. Imágenes representativas del paisaje superficial (inferior izquierdo) y paisaje submarino. Destaca la presencia esculturas de concreto en la zona marina adyacente al sitio del proyecto de arrecifes artificiales.	46
Figura 27. Imágenes representativas del paisaje marino en el sitio del proyecto.....	63
Figura 28. Imagen de estructuras Reef Ball colonizadas por diferentes especies de corales escleractinios. Tomado de www.reefball.org	64

RELACIÓN DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas UTM en proyección WGS84 de los vértices que conforman el polígono y puntos de inicio y término del arrecife artificial (A y B).....	6
Tabla 2. Modelos de Reef Ball que se utilizarán para construir el arrecife artificial y sus principales características.....	7
Tabla 3. Número total de estructuras que se utilizarán para construir el arrecife artificial y superficie total de asentamiento.....	8
Tabla 4. Cronograma de actividades. Se estiman aproximadamente 24 meses para la conclusión del proyecto.	15
Tabla 5. Características de la UGA 174 del POEMyRGMMyMC.	22
Tabla 6. Listado de especies de algas identificadas en el sitio de estudio.....	42
Tabla 7. Listado de especies de flora y fauna identificados en la zona de estudio.....	44
Tabla 8. Análisis de los componentes del paisaje marino utilizando el modelo de Rojas y Kong modificado.	46
Tabla 9. Modelo de Rojas y Kong (1998) modificado para evaluar la fragilidad visual del paisaje submarino en la zona del proyecto.....	48
Tabla 10. Relación de la asignación de colores dependiendo del impacto sobre la variable.	51
Tabla 11. Variables susceptibles de recibir un impacto por parte de las actividades del proyecto y asignación cromática.....	52
Tabla 12. Descripción de los impactos que recibirán las variables consideradas.....	53
Tabla 13. Descripción de las actividades que se realizarán en el proyecto.	55
Tabla 14. Criterios definidos para evaluar el impacto del proyecto sobre el ambiente.	55
Tabla 15. Matriz híbrida para identificar los impactos en el medio marino a causa de la elaboración del proyecto.	56
Tabla 16. Valoración numérica de los impactos al ambiente para cada una de las actividades del proyecto.	57
Tabla 17. Relación del posible impacto que se dará en el medio marino y las medidas de prevención que se aplicarán	60
Tabla 18. Programa de vigilancia ambiental para el proyecto de arrecife artificial.	65

VALORACION DEL IMPACTO DEL PROYECTO VALORACION DEL IMPACTO DEL PROYECTO

Para determinar el nivel de impacto del presente proyecto y la cantidad del monto a pagar por concepto de recepción, evaluación y resolución del Manifiesto de Impacto Ambiental, se aplicó la Tabla A del Artículo 194-H, fracciones II y III de la Ley Federal de Derechos publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de noviembre de 2015.

TABLA A

No.	CRITERIOS AMBIENTALES	RESPUESTA	VALOR
1	¿Se trata de obras o actividades en áreas naturales protegidas de competencia de la Federación?	NO	1
2	¿Para el desarrollo del proyecto se requiere la autorización de impacto ambiental por el cambio de uso del suelo de áreas forestales, en selvas o zonas áridas?	NO	1
3	¿El proyecto implica el uso o manejo de al menos una sustancia considerada dentro de las actividades consideradas altamente riesgosas?	NO	1
TOTAL			3

Con base a los resultados de la tabla A, el proyecto cae dentro de la categoría MÍNIMO de la Tabla B.

TABLA B

GRADO	CUOTA POR PAGAR SEGÚN EL INCISO CORRESPONDIENTE A LAS FRACCIONES II Y III DEL ARTICULO 194-H	RANGO
		CLASIFICACIÓN
Mínimo	a)	3
Medio	b)	De 5 a 7
Alto	c)	9

Considerando los resultados, y con base a lo establecido en la actualización del Anexo 19 de la Resolución Miscelánea Fiscal para 2021, publicado el martes 29 de diciembre de 2020 en el Diario Oficial de la Federación, el pago a realizar es de \$ 36,900.35 (son treinta y seis mil novecientos pesos 35/100 m.n.).

RESUMEN EJECUTIVO

Datos generales del proyecto

Nombre del proyecto. Arrecifes Artificiales en la zona costera de Puerto Juárez, Quintana Roo.

Propósito. Construir un arrecife artificial con estructuras de concreto tipo Reef Ball^{MR} modelo Mini Bay Ball y utilizarlo como sitio de reposo final para personas a quienes se les desee rendir un homenaje póstumo.

Originalidad. El proyecto toma el concepto de *Eternal Reef* de la Reef Ball Foundation y lo transforma para ofrecer un concepto innovador en servicios luctuosos en el Estado de Quintana Roo. Con la creación de un arrecife artificial se pretende crear un sitio que permita la conservación y preservación de ecosistemas marinos, como los arrecifes coralinos, que están bajo presión constante a causa de la práctica de actividades turísticas, contaminación y efectos del cambio climático.

Justificación. La zona costera de Puerto Juárez se caracteriza por ser sitio de embarque para pasajeros que se trasladan a Isla Mujeres, presencia de marinas de resguardo de embarcaciones con rampas para acceso al mar, hoteles, playas de recreo, actividades turísticas náutico-recreativas y como sitio de atraque de embarcaciones de pesca ribereña. Esto ha ocasionado que los ecosistemas marinos adyacentes a la costa, principalmente pastos marinos y algas, reciban presión constante que altere las condiciones normales de desarrollo.

El fondo marino de la zona se caracteriza por ser plano, sin formaciones rocosas, presencia de grandes praderas de vegetación acuática sumergida (VAS) compuesta de pastos y algas verdes en su mayoría y parches de arena. La escasa o nula presencia de formaciones rocosas no permite la agregación de fauna importante en el sitio. Se pueden encontrar diversas especies de peces que utilizan los pastos marinos como zona de refugio en etapas tempranas de su desarrollo.

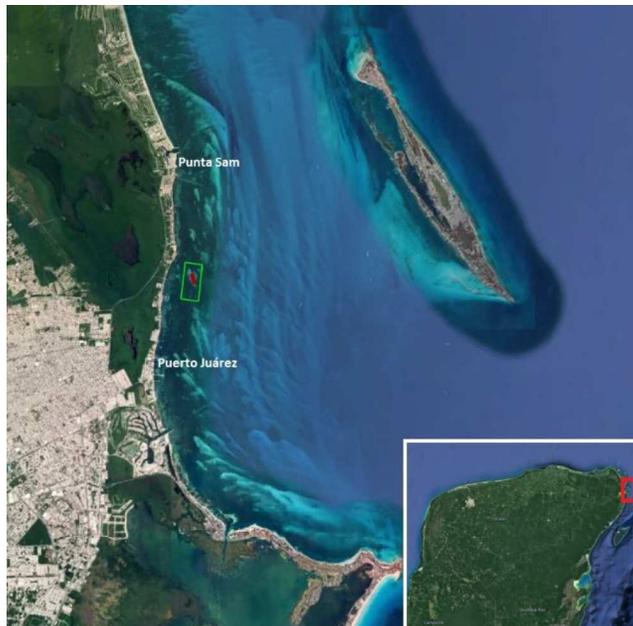
Con la construcción del arrecife artificial se pretende modificar la topografía del fondo marino incrementando la complejidad del paisaje con cuevas y oquedades que brinden sitios de resguardo para juveniles de peces y sustrato apto de ser colonizado por larvas de coral, macroalgas, meiofauna, entre otros.

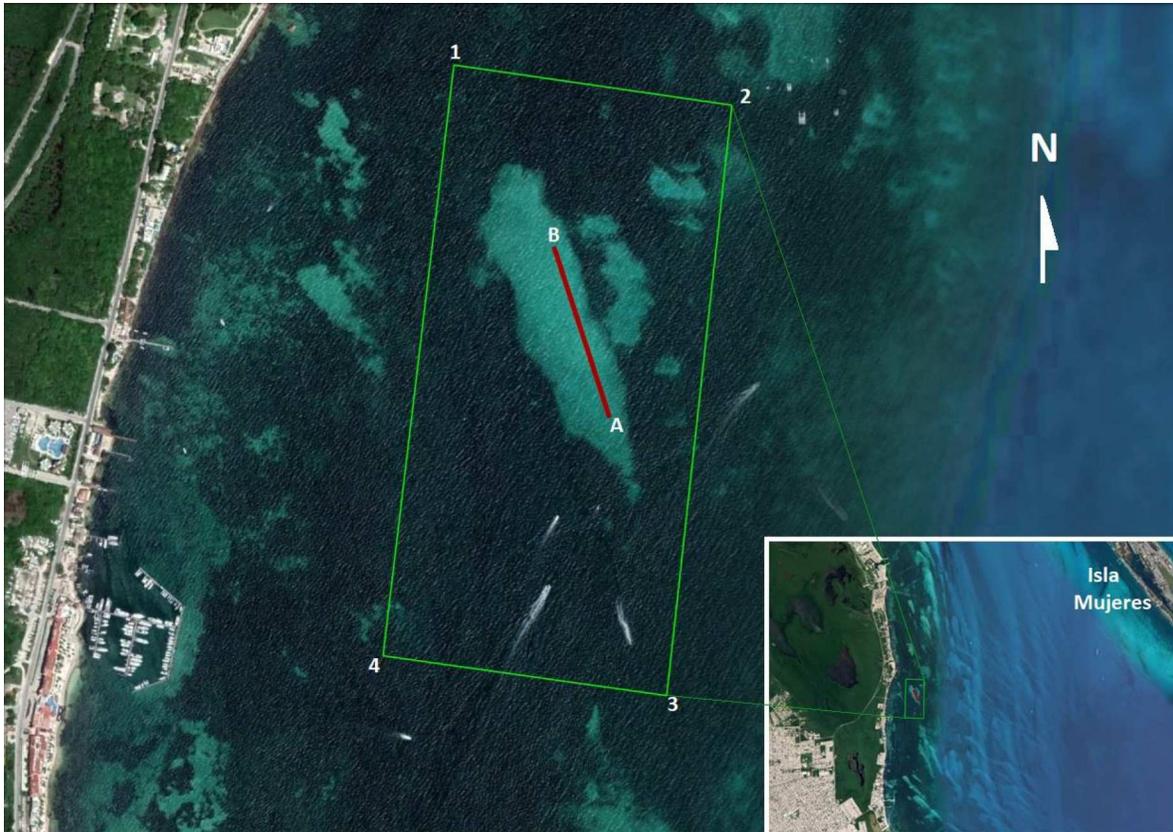
Características particulares del proyecto

Inversión. Se calcula una inversión aproximada de 1.7 millones de pesos mexicanos provenientes de la iniciativa privada. Los recursos serán utilizados en la realización de estudios necesarios para elaborar los documentos en materia de impacto ambiental y vertimientos, pagos de derecho de ambos trámites, compra de las estructuras y pagos de logística para el transporte e inmersión de las estructuras.

Duración del proyecto. El tiempo de adquisición de estructuras dependerá del stock del proveedor y del tiempo de proceso de fabricación de las mismas. Adicionalmente, al tratarse de un proyecto que se efectuará en la zona marina, se requiere de condiciones climáticas favorables para evitar cualquier riesgo de accidente en las maniobras. Debido a esto, no es posible estimar un tiempo exacto para las diferentes etapas y la conclusión del proyecto. Se estima un periodo de 18 a 24 meses. Sin embargo, con la finalidad de no incurrir en faltas administrativas, se solicita un periodo de 5 años de vigencia en el permiso de impacto ambiental. El promovente se compromete en notificar a las autoridades pertinentes cuando la construcción del proyecto haya concluido.

Ubicación del proyecto. El proyecto se desarrollará en la zona costera de Puerto Juárez en el municipio de Benito Juárez (Cancún), Estado de Quintana Roo. El sitio del arrecife se ubica entre Puerto Juárez y Punta Sam (Isla Mujeres) a una distancia de 800 metros de la línea de costa aproximadamente.

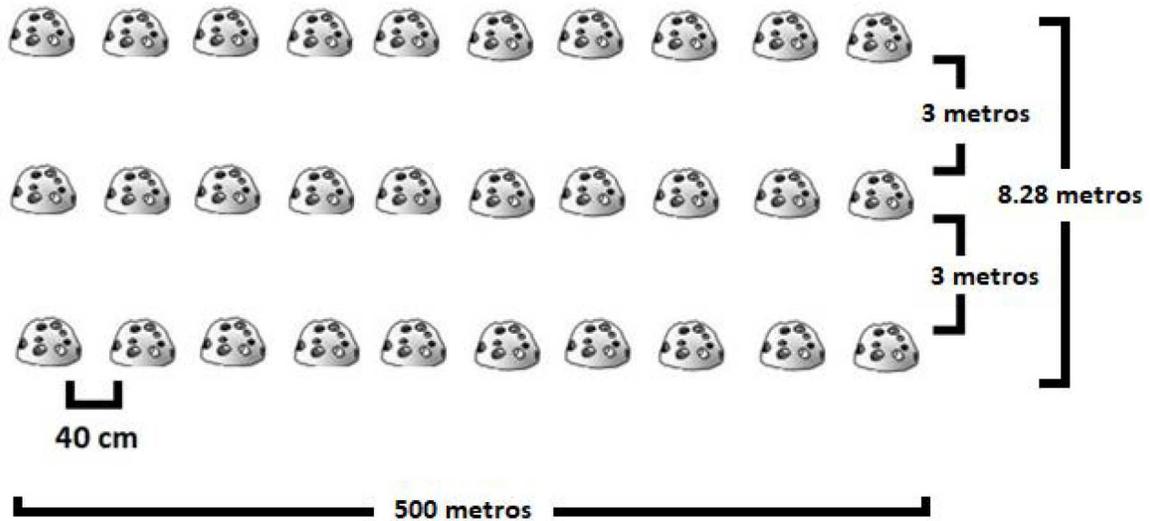




VÉRTICE	COORDENADAS UTM	
	X	Y
1	520910	2345589
2	521385	2345518
3	521276	2344516
4	520792	2344581
A	521083	2345278
B	521177	2344989

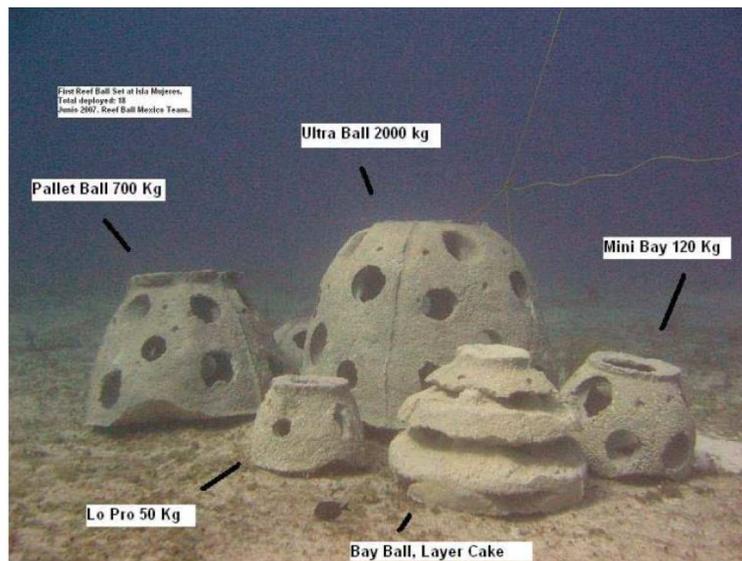
Diseño del arrecife. Se pretende crear o simular una cordillera arrecifal utilizando las estructuras de concreto. Para esto se colocarán 600 estructuras en forma lineal, con una separación aproximada de 40 cm entre cada una de las estructuras. La cordillera se conformará de 3 líneas de 600 estructuras con una separación de 3 metros entre líneas.

Superficie total del proyecto. Para calcular la superficie del proyecto se utilizó el ancho de base de la estructura (0.76 m) más el espacio entre líneas (3 metros), multiplicado por la longitud de la cordillera (500 m). Con base en estas medidas, la superficie total del proyecto es de 4,140 m² (8.28 m x 500 m).



Uso actual de suelo. El sitio donde se pretende desarrollar el proyecto es un predio marino que, de acuerdo con el Art. 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, es jurisdicción federal y no se cuenta con documento alguno que acredite la legal propiedad del predio. Debido a que el proyecto será de libre acceso y aprovechamiento, el promovente no contempla realizar solicitud que le otorgue derechos sobre el área.

Tecnología Reef Ball. Las estructuras Reef Ball son esferas huecas construidas de concreto, producidas en la fábrica de CEMEX en la ciudad de Mérida, Yucatán, para posteriormente ser transportadas y colocadas en el fondo marino con el propósito de crear un sitio con potencial de ser colonizado por especies de flora y fauna presentes en el área de interés.



Concepto Eternal Reef y Arrecifes de resguardo. Eternal Reef es un concepto creado por por Reef Ball Foundation con el cual innovó en la restauración de ecosistemas por medio arrecifes artificiales conmemorativos. Tomando como base este concepto, Capillas Señoriales pretende crear un arrecife artificial con un doble propósito, contribuir a la protección y regeneración de los ecosistemas marinos y ofrecer un servicio luctuoso innovador en el Estado de Quintana Roo. Para esto, propone introducir una “perla” fabricada con una mezcla de concreto, hasta 2 kg de cenizas, polvo fino y agua. La perla será introducida en el interior de las estructuras que conforman el arrecife.



Construcción, operación, monitoreo y abandono de proyecto. La construcción *per se* de la estructura es responsabilidad del concesionario de la marca Reef Ball en México, quien cuenta con todos los permisos pertinentes para realizar dicha actividad.

Para el proyecto consideraremos como construcción al proceso de sumergir y colocar las estructuras en el fondo marino. Para esto se requerirá de la renta de embarcaciones de 27-33 pies de eslora, las cuales serán acondicionadas con un tablón de cimbraplay de 18 mm para formar una superficie plana en donde puedan ser transportadas las estructuras. Para la inmersión se utilizarán boyas de polyform que proporcionen flotabilidad a las estructuras y permitan un mejor manejo y descenso controlado con apoyo de personal equipado para buceo. Posterior a la colocación de las estructuras, se tomará la posición con ayuda de un GPS manual.

La operación del proyecto consiste en la colocación de la perla en el interior de las estructuras. Para esto se requerirá de dos o más embarcaciones, dependiendo del número de pasajeros, para el

traslado al sitio del arrecife. Se realizará la colocación de la perla en el interior de una de las estructuras con el apoyo de personal con equipo SCUBA. No se permitirá verter ningún tipo de material al mar durante la realización del servicio.

Se propone realizar un monitoreo bimestral, a partir de la colocación de la última estructura Mini Bay Ball, con la finalidad de generar información sobre el proceso de colonización de las estructuras y los efectos del arrecife en el ecosistema marino.

Debido a que las estructuras están diseñadas con un tiempo de vida de más de 500 años (www.reefball.org), se realizará el abandono de obra a partir de la colocación de perlas en el interior de todas las estructuras.

Vinculación del proyecto con instrumentos jurídicos y normativos vigentes.

Se analizaron las leyes, reglamentos y normas vigentes en materia de impacto ambiental para verificar que las actividades del proyecto cumplen con lo establecido con todas y cada una de ellas.

A continuación, se enlistan los instrumentos, y los artículos, que se considera tienen relación con el proyecto.

- PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2019-2024
- PROGRAMA SECTORIAL DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES 2020-2024
- PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO
- PROGRAMA SECTORIAL DE TURISMO 2020-2024
- PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE
- PROGRAMA DE MANEJO DE RESERVA DE LA BIOSFERA DEL CARIBE MEXICANO
- PROGRAMA DE MANEJO DEL PARQUE NACIONAL COSTA OCCIDENTAL DE ISLA MUJERES, PUNTA CANCÚN Y PUNTA NIZUC.
- REGIONES PRIORITARIAS MARINAS DE LA CONABIO
- LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE. (Publicada en el D.O.F. de fecha 28 de enero de 1988; última reforma publicada D.O.F. 04-06-2012)
- REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL (Publicado en el D.O.F. 30-mayo-2000; última reforma publicada D.O.F. 31-10-2014)

- Capítulo I. Disposiciones Generales. Capítulo II: De las Obras o Actividades que Requieren Autorización en Materia de Impacto Ambiental y de las Excepciones. Artículo 5. Inciso Q y R
- LEY ESTATAL DE EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE DEL ESTADO DE QUINTANA ROO (última reforma publicada en el D.O.E. el 16 de agosto de 2018)
- LEY FEDERAL DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL (publicado en el D.O.F. el 7 de junio de 2013; última reforma 20 de mayo de 2021)
- LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE (publicada en el D.O.F. el 3 de julio de 2000; última reforma 19 de enero de 2018)
- LEY DE LA VIDA SILVESTRE PARA EL ESTADO DE QUINTANA ROO (publicado en el D.O.E. el 25 de septiembre de 2012, Decreto 131)
- LEY FEDERAL DEL MAR (Publicada en el D.O.F. el 8-marzo- de 1986; Fe de erratas D.O.F 09-01-1986)
- LEY DE AGUAS NACIONALES (Publicado en D.O.F. de fecha 1 de diciembre de 1992; última reforma publicada D.O.F. 06-01-2020)
- REGLAMENTO DE LA LEY DE AGUAS NACIONALES (Publicado en D.O.F. 1 de fecha de diciembre de 1992; última reforma publicada D.O.F. 25-08-2014).
- LEY GENERAL DE SALUD (publicada en el D.O.F. el 7 de febrero de 1984; última reforma 6 de enero de 2021)
- LEY DE VERTIMIENTOS EN LAS ZONAS MARINAS MEXICANAS (Publicado en el D.O.F. de fecha 17 de enero de 2014)
- NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOM's)
 - NOM-041-SEMARNAT-2015 (publicado en el D.O.F el 10 de junio de 2015)
 - NOM-059-SEMARNAT-2010 (publicado en el D.O.F. el 30 de diciembre de 2010)
 - NOM-080-SEMARNAT 1994 (publicada en el D.O.F. el 13 de enero de 1995)

Después de analizar los instrumentos antes mencionados, se concluye que el proyecto no se contrapone con lo establecido en ninguno de ellos. El sitio del proyecto se encuentra fuera de cualquier ANP, no pretende realizar el aprovechamiento, captura o manipulación de ningún organismo de flora o fauna y no realizará actividad alguna sin la autorización de la autoridad competente. Por lo tanto, se considera que el proyecto es viable para realizarse en el sitio descrito con anterioridad.

Caracterización ambiental del sitio del proyecto y área de influencia

La zona del proyecto presenta un clima cálido subhúmedo (Awo(x')), con una temperatura media anual mayor de 22 °C y temperatura del mes más frío mayor de 18 °C, y con una precipitación del mes más seco menor de 60 mm; lluvias de verano con índice y porcentaje de lluvia invernal que va del 5% al 10.2 % del total anual. El área es proclive a la incidencia de fenómenos meteorológicos de media y alta escala como son los “nortes”, ciclones y huracanes durante los meses de junio a noviembre.

El fondo marino comprendido entre el continente e Isla Mujeres está conformado de arena fina, muy bien clasificada, formada principalmente por corales y microforaminíferos bentónicos; en menor proporción, moluscos, ostrácodos, espículas de alcionarios y equinodermos, microforaminíferos planctónicos y escasas espículas de esponjas.

El paisaje marino se compone de grandes extensiones de VAS, principalmente pastos marinos de las especies *Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme*, y parches de arena. La presencia de formaciones rocosas y coralinas es escasa o nula. El área se encuentra cubierto en 87% de VAS compuesta principalmente por pastos marinos y algas verdes y el porcentaje restante por parches de arena. La composición de la VAS varía de acuerdo con la profundidad, mientras que en las zonas someras (<1.5 metros) la dominancia fue de algas verdes, en zonas con profundidades de 2 a 4 metros predominan los pastos marinos. Se registro un total de 20 especies de macroalgas, de las cuales 14 pertenecen a las clorofitas o algas verdes, cuatro a las feofitas o algas pardas y dos a las rodofitas o algas rojas. Adicionalmente, se identificaron dos especies de pasto marino.

Se puede apreciar la presencia de diversas especies de peces, colonias de coral, crustáceos, equinodermos, entre otros que se distribuyen entre el pasto marino. Se identificaron 3 especies de equinodermos, 1 de moluscos, 1 de crustáceos, 6 de corales escleractinios, y 6 especies de peces

La profundidad presenta valores que van desde los 0.6 metros en la zona adyacente a la costa hasta los 5 m a una distancia de 1.6 km de la línea de playa.

El sitio donde se realizará el proyecto está conformado por un arenal con una extensión aproximada de 730 m x 125 m, con pequeños brotes dispersos de pastos marinos. La profundidad oscila entre los 2.8 m y los 3.2 m.

El paisaje superficial este compuesto por grandes extensiones de mar en diferentes tonos a causa de la profundidad y el tipo de fondo, y la presencia de la línea de costa del continente (se aprecia desde Punta Sam hasta la zona hotelera de Cancún) e Isla Mujeres.

Impactos ambientales

Descripción y evaluación. Se realizó una evaluación por medio de una matriz de interacción híbrida (cromática-Leopold). Se seleccionaron 39 variables tomando en cuenta criterios de relevancia, objetividad, mensurabilidad, entre otros. A cada variable se le asignó un color, con relación a un semáforo, considerando el nivel de impacto que pueda tener.

De acuerdo con el análisis, la mayoría de los impactos, negativos y positivos, son puntuales, a corto plazo y reversibles. Esto quiere decir que no habrá afectaciones fuera del área del arrecife, que el impacto se dará por un corto periodo de tiempo y que puede revertir. La variable que recibe mayor impacto es el AIRE debido a la emisión de gases a la atmósfera a causa del uso de vehículos con motor de combustión interna. Sin embargo, este impacto puede minimizarse con las medidas apropiadas de mitigación. La suspensión de sedimentos e incremento de turbidez es temporal, los sedimentos volverán al fondo marino al terminar la actividad de asentamiento de estructuras.

Dentro de los impactos positivos destaca el incremento de diversidad de flora y fauna que aumentará la belleza escénica del paisaje en el sitio del proyecto, así como la creación de empleos temporales para la construcción y operación.

Medidas preventivas y de mitigación

Para disminuir el impacto en las variables detectadas, emisión de gases a la atmósfera por el uso de motores fuera de borda en el traslado marítimo de las estructuras, se utilizarán motores de cuatro tiempos o ecológicos. Estos equipos no requieren de adicionar aceite al combustible por lo que el proceso de combustión es más limpio y genera menos gases que los motores de dos tiempos.

Para evitar el exceso de suspensión de sedimentos en el fondo marino e incremento de turbidez a causa de la presencia de buzos y el asentamiento de las estructuras, se tomará la medida de contratar personal altamente calificado y el descenso se realizará de manera gradual por medio de boyas de flotación o de levante y cuerdas.

Conclusiones

Con base a la experiencia de proyectos anteriores, la influencia del arrecife artificial se da de modo puntual, es decir, que no hay afectaciones, positivas o negativas, fuera de los límites del mismo. Las actividades para la construcción del arrecife y su posterior modificación por la adición de las perlas conmemorativas no generarán un impacto significativo al ambiente. Caso contrario, los beneficios por el incremento de la biodiversidad de flora y fauna marina coadyuvaran a la preservación y conservación de las especies.

El sitio donde se realizará el proyecto es un área marina cercana a la trayectoria de embarcaciones que prestan servicios de paseos turísticos hacia Isla Mujeres, Isla Contoy o el tiburón ballena, por lo que ya existe un impacto causado por diversas actividades que no generan ningún beneficio al ambiente marino y donde la presencia del arrecife artificial ayudará a conservar y preservar el ecosistema marino.

El arrecife artificial será construido en una zona de arena con escasa o nula presencia de vegetación y fauna por lo que no causará efecto negativo sobre ninguna comunidad. Por el contrario, la presencia de las estructuras de concreto modificará la topografía y el paisaje marino proveyendo de sitios para el resguardo de peces, crustáceos y otros organismos móviles y de superficie de asentamiento para organismos vágiles.

En cuestión de cumplimiento de la legislación ambiental local, regional y nacional, así como otros instrumentos de desarrollo, el proyecto no se contrapone con lo establecido en planes de manejo, ordenamientos, y otros instrumentos.

Por lo anterior, se concluye que el proyecto aquí expuesto es viable desde la perspectiva ambiental, permitiendo el desarrollo de la zona y minimizando los posibles impactos ambientales generados, con la adecuada ejecución de las medidas de prevención, mitigación y compensación que se plantean en el presente estudio.

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

I.1 Proyecto

I.1.1 Nombre del proyecto

Arrecifes artificiales en la zona costera de Puerto Juárez, Quintana Roo.

I.1.2 Ubicación del proyecto

El proyecto se realizará en la zona costera comprendida entre Isla Mujeres y el continente, dentro de un polígono a menos de 1 km de la línea de costa continental. El sitio se encuentra dentro de los límites municipales de Benito Juárez en el estado de Quintana Roo (figura 1).

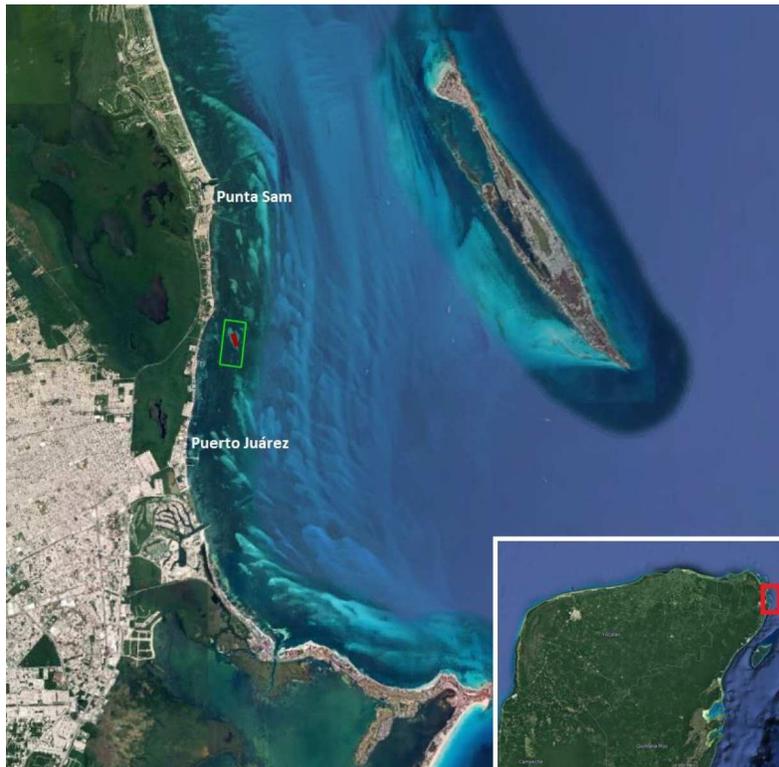


Figura 1. Ubicación del sitio donde se realizará el proyecto de arrecifes artificiales.

I.1.3 Tiempo de vida útil del proyecto

De acuerdo con la empresa *Reef Ball Foundation*, sus estructuras de concreto poseen una vida útil de 500 años. Por lo tanto, el proyecto tiene un tiempo de vida indefinido.

I.1.4 Presentación de la documentación legal

Se anexa, en el capítulo VIII, copias simples de la documentación oficial del promovente y su representante legal.

I.2 I.2 Promovente

I.2.1 Nombre o razón social

Capillas y Cementerios del Norte S.A.P.I de C.V.

I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes del promovente

CCN1705038N2

I.2.3 Nombre y cargo del representante legal

Roberto Omar Pu Lacan

Pasaporte No. [REDACTED]

I.2.4 Responsable de trámites ante SEMARNAT

Wilbert del Jesús Oreza Pacheco

Gerente de Mercadotecnia en México.

RFC: [REDACTED]

CURP: [REDACTED]

I.2.5 I.2.4 Dirección para recibir y oír notificaciones

[REDACTED]

I.3 Responsable de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental

I.3.1 Nombre o razón social

ATEC Asesoría Técnica y Estudios Costeros S.C.P.

I.3.2 Registro Federal de contribuyentes

AAT070529974

I.3.3 Nombre del responsable técnico del estudio

M. en C. Marinas Johnny Omar Valdez Iuit

RFC: [REDACTED]

CURP: [REDACTED]

Cédula profesional: 4576721

Correo electrónico: jvaldezi@hotmail.com

I.3.4 Dirección del responsable técnico del estudio

II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

II.1 Información general del proyecto

II.1.1 Naturaleza del proyecto

La empresa Capillas Señoriales con sede en Cancún pretende introducir a la Península de Yucatán el concepto denominado ***Eternal Reef***. Dicho concepto consiste en rendir un homenaje por medio de la colocación de una estructura de concreto en el fondo marino para crear un sitio apto de ser colonizado por diferentes especies de flora y fauna marina. Con el tiempo, las estructuras simularan ser un arrecife con todas las funciones ecológicas y servicios ecosistémicos que lo caracterizan.

El proyecto consiste en la construcción de un arrecife artificial utilizando 1800 estructuras de concreto tipo *Reef Ball*^{MR} en las inmediaciones de la zona costera ubicada entre Puerto Juárez y Punta Sam en los límites del municipio de Benito Juárez (Cancún), Quintana Roo.

Las estructuras modificarán la topografía del área incrementando la complejidad del paisaje marino, lo que permitirá que varias especies, de peces principalmente, se aglomeren dentro y alrededor del sitio¹. Con el tiempo, las estructuras serán colonizadas por algas filamentosas, esponjas incrustantes, y pequeñas colonias de coral, incrementando la biodiversidad en el área.

Para la construcción del arrecife se utilizarán 1800 estructuras Reef Ball, las cuales serán adquiridas ya construidas con la empresa COMSOLIDA S.A. de C.V quien es el representante de la marca en México. Serán distribuidas en el fondo marino en tres hileras de 600 estructuras, de 500 metros lineales cada una, simulando una pequeña cadena arrecifal.

El proyecto es una obra nueva que se pretende realizar en un polígono de 0.5 km² ubicado a 800 metros de la línea de costa en la zona ya mencionada.

II.1.2 Selección del sitio

La selección del sitio obedece a 4 razones principales:

1. Acceso cercano de rampa y muelles para embarque de las estructuras.
2. Presencia de grandes arenas para la colocación de las estructuras sin comprometer la (vegetación acuática sumergida) VAS.

¹ Warzecha, C. 1997. A new technology for artificial reef construction in coastal ecosystems. Restoration and Reclamation Review. Studen on-line journal. Vol.2, No.3.

3. Profundidad promedio de 3 metros.
4. Poca distancia a la costa.

Adicionalmente se consideraron otros factores como son visibilidad y transparencia >3 metros, zona protegida contra fenómenos climáticos de baja y mediana intensidad, escasa o nula presencia de formaciones rocosas, entre otras.

II.1.3 Ubicación física del proyecto y planos de localización

El arrecife se construirá dentro de un polígono ubicado en la zona marina del municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, específicamente en el área que comprende entre Puerto Juárez y Punta Sam. La superficie total del polígono es de 0.5 km² (1000 x 500 metros) a una distancia aproximada de 1200 metros de la línea de costa (figura 2). La longitud del arrecife será de 500 metros (línea roja).

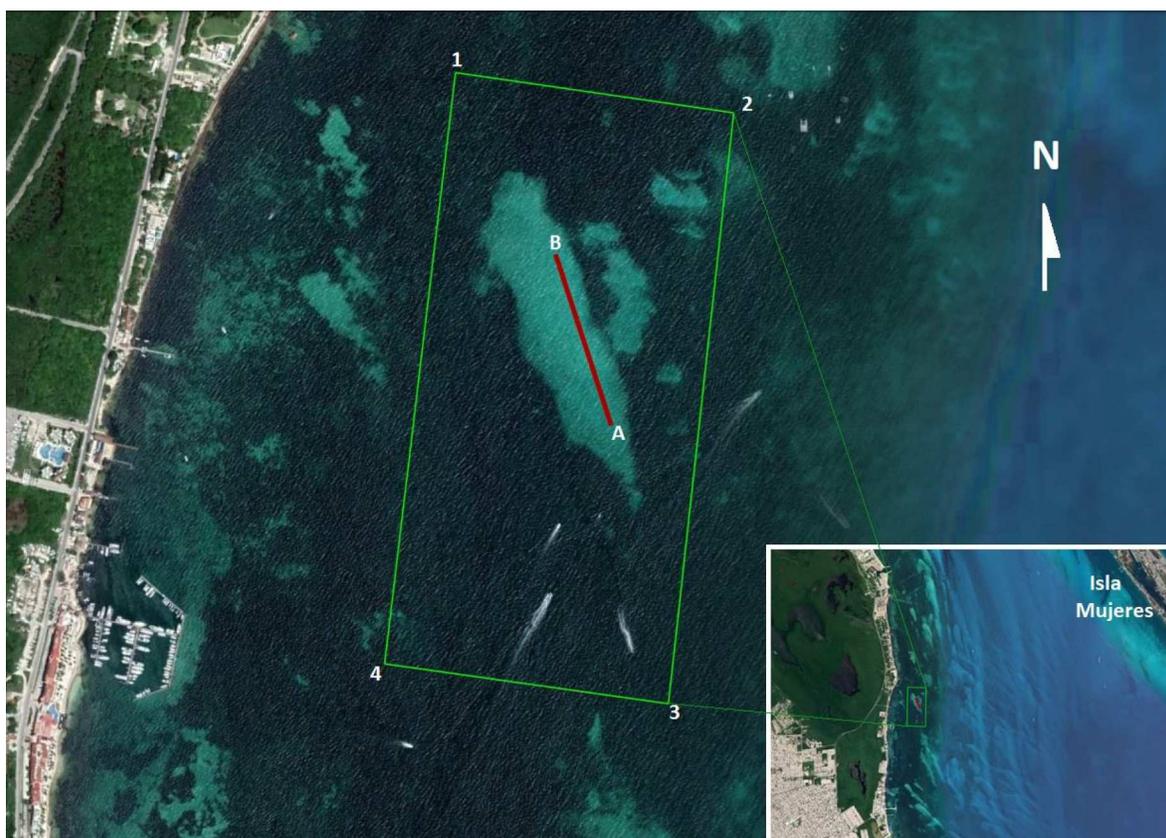


Figura 2. Ubicación del sitio del proyecto localizado en la zona que comprende entre Isla Mujeres y el territorio continental. Verde: límites del polígono; Rojo: arrecife artificial.

Los vértices del polígono y del punto inicial y final del arrecife se resumen en la tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas UTM en proyección WGS84 de los vértices que conforman el polígono y puntos de inicio y término del arrecife artificial (A y B)

VÉRTICE	COORDENADAS UTM	
	X	Y
1	520910	2345589
2	521385	2345518
3	521276	2344516
4	520792	2344581
A	521083	2345278
B	521177	2344989

II.1.4 Inversión requerida

El costo aproximado para la realización del proyecto, considerando pago de estudios ambientales, pago de derechos ante SEMARNAT y SEMAR, así como la compra, adecuación y proceso de inmersión de las estructuras es de 1.7 millones de pesos m.n. Todos los recursos provendrán de la iniciativa privada.

II.1.5 Duración del proyecto

La cantidad de estructuras adquiridas al tiempo dependerá de la disponibilidad con el proveedor. Debido a esto no es posible estimar el tiempo exacto para la conclusión del proyecto. Sin embargo, se considera un periodo de 18 a 24 meses.

Una vez terminada la colocación de las 1800 unidades en el fondo marino, éstas permanecerán ahí indefinidamente debido a que el objetivo final es conformar un arrecife artificial que permita la agregación de flora y fauna marina. De acuerdo con la empresa Reef Ball, el concreto marino está adicionado con aditivos para darle mayor resistencia y durabilidad al concreto confiriendo un tiempo de vida útil de hasta 500 años (www.reefball.org).

De igual modo, al tratarse de un proyecto en zona marina, es necesario considerar las condiciones climáticas idóneas para evitar cualquier contratiempo en el traslado y colocación hacia el sitio de vertimiento.

Con base en lo anterior, se solicita un periodo de 5 años de vigencia en el permiso de impacto ambiental para concluir con el vertimiento de las estructuras. El promovente se compromete con informar a las autoridades pertinentes cuando el proyecto haya concluido.

II.1.6 Dimensiones del proyecto

II.1.6.1 Modelos de Reef Ball

Para la construcción del arrecife se utilizarán el modelo *MINI BAY BALL*, el cual cuenta con características particulares que lo hacen ideal para el sitio seleccionado (tabla 2). Todas las estructuras están diseñadas con una base ondulada para disminuir el impacto en caso de asentarse sobre VAS y poseen una superficie porosa para facilitar el asentamiento de larvas de coral y otros organismos².

Tabla 2. Modelos de Reef Ball que se utilizarán para construir el arrecife artificial y sus principales características.

MINI BAY BALL	
	53 cm de altura
	76 cm de ancho de base
	45 cm ² de superficie de asentamiento
	14 agujeros interconectados
	136 kg
	Superficie porosa que facilita el asentamiento larvario de corales, algas y esponjas

II.1.6.2 Área o superficie del proyecto

Las dimensiones del proyecto se calcularon considerando las características la estructura, el número de estructuras por línea y el espacio entre ellas. El área de superficie de asentamiento para la estructura se calculó utilizando la fórmula del círculo:

$$A = \pi r^2$$

Donde,

A = área de base del reef ball

$\pi = 3.1416$

r = 38 cm (tomado de reefball.org)

² R. L. Sherman, D. S. Gilliam, R. E. Spieler, Artificial reef design: void space, complexity, and attractants, *ICES Journal of Marine Science*, Volume 59, Issue suppl, 2002, Pages S196–S200,

Considerando únicamente el área de asentamiento del total de las estructuras cada línea ocupará un área aproximada de 272 m² (tabla 3).

Tabla 3. Número total de estructuras que se utilizarán para construir el arrecife artificial y superficie total de asentamiento.

No. DE LÍNEA	ÁREA POR UNIDAD (m ²)	UNIDADES POR LÍNEA	ÁREA POR LÍNEA (m ²)
1	0.45	600	272
2	0.45	600	272
3	0.45	600	272
Total	---	1800	816

Sin embargo, es necesario dejar un espacio aproximado de 40 cm entre estructuras y de 3 metros entre líneas para permitir el paso libre de los organismos. Con base en lo anterior, se estima que cada línea tendrá una ocupación de 500 metros lineales por el ancho de base de la estructura (0.76 metros), haciendo una superficie total de 380 m² por línea y 4,140 m² de todo el proyecto, considerando los espacios.

II.1.6.3 Diseño del arrecife artificial

Para el diseño del arrecife artificial se consideraron estudios de caso exitosos³. En el presente proyecto se consideró simular una cordillera arrecifal conformada con las estructuras Reef Ball. Para esto se establecieron tres líneas de 600 estructuras. Cada estructura tendrá una separación aproximada de 40 centímetros ocupando una distancia lineal de 500 metros. La distancia entre líneas será de 3 metros, haciendo una superficie total de 4,140 m² (8.28 x 500 m) (figura 3).

³ Carlos Werner Hackradt, Fabiana César Félix-Hackradt, José Antonio García-Charton, Influence of habitat structure on fish assemblage of an artificial reef in southern Brazil, Marine Environmental Research, Volume 72, Issue 5, 2011, Pages 235-247.

Cummings, Katherine & Zuke, Anna & De Stasio, Bart & Krumholz, Jason. (2015). Coral Growth Assessment of an Established Artificial Reef in Antigua. Ecological Restoration. 33. 90-95. 10.3368/er.33.1.90.

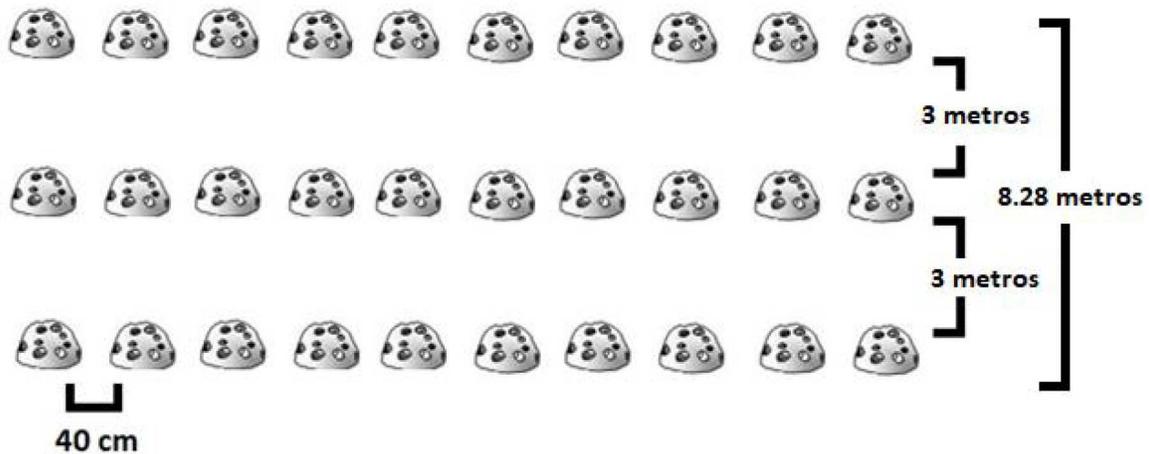


Figura 3. Esquema de la distribución de un fragmento del arrecife artificial compuesto por 10 estructuras mini bay.

II.1.7 Uso actual del suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto

El sitio donde se desarrollará el proyecto es un predio marino de jurisdicción federal, por lo tanto, no se cuenta con título de propiedad, concesión, usufructo u otro documento que acredite la legal propiedad de éste a los particulares. Debido a que el proyecto será de libre acceso no se contempla solicitar la concesión del predio.

II.1.8 Urbanización del área y descripción de los servicios requeridos

La zona costera que abarca de Puerto Juárez a Punta Sam se encuentra urbanizada por lo que cuenta con todos los servicios básicos. Adicionalmente, se puede encontrar muelles de acceso para embarcaciones y rampas para el descenso de embarcaciones al mar, lo que facilitará las operaciones para la carga, transporte e inmersión de las estructuras. De igual modo se cuenta con la presencia de prestadores de servicios náuticos que pueden proveer de embarcaciones al promovente para transportar las estructuras, personal o clientes, según sea el caso.

II.2 Características particulares del proyecto

II.2.1 Reef Ball: misión y tecnología utilizada

Reef Ball es una fundación internacional sin fines de lucro cuya misión es rehabilitar el ecosistema de arrecifes marinos en el mundo (www.reefball.org). Cada estructura Reef Ball está construida de concreto marino tipo II y tiene como objetivo simular un arrecife artificial y conformar un hábitat natural. Reef Ball Foundation cuenta con más de 3500 proyectos exitosos en más de 59 países, incluyendo México.

Las estructuras Reef Ball son esferas huecas (figura 4) construidas de concreto, producidas en una fábrica de CEMEX en Mérida, Yucatán, para posteriormente ser transportadas y colocadas en el fondo marino con el propósito de crear un sitio con potencial de ser colonizado por especies de flora y fauna presentes en el área de interés.

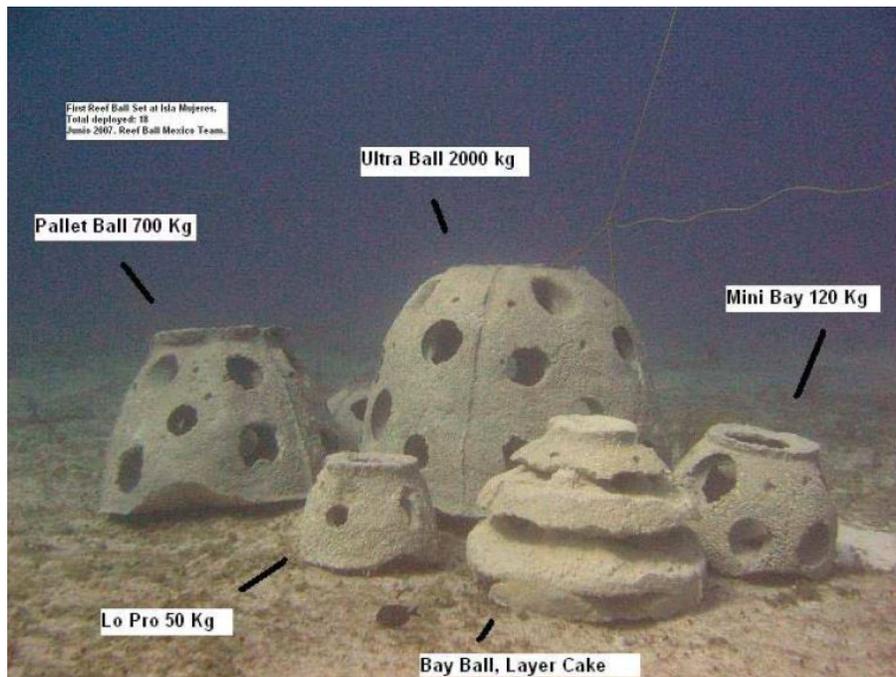


Figura 4. Diferentes modelos de las estructuras de concreto tipo Reef Ball.

Son fabricadas con Cemento Portland Compuesto (CPC 30 R RS) de la marca CEMEX que cumple con las especificaciones de la NOM NMX-C-414-ONNCCE⁴.

De acuerdo con Reef Ball Foundation, el diseño de las estructuras imita un arrecife natural y facilita la colonización por diversas especies marinas. Las estructuras Reef Ball han demostrado ser estables en tormentas tropicales y huracanes⁵, por lo cual **no se requiere de estructuras de anclaje** para su colocación en el fondo marino.

Reef Ball Org. mantiene un estricto control de la calidad del concreto para la fabricación de sus elementos, cuyas características químicas y mecánicas se mejoran mediante la adición de aditivos

⁴ <https://www.cemex.com/documents/27057941/45887874/ficha-digital-CPC-30R-RS.pdf/85067743-f419-b55d-68b6-990f57ef4119>

⁵ Harris, L. Stability análisis for the submerged reef ball breakwater en Quintana Roo, México. Florida Institute of Technology. <http://www.artificialreefs.org/ScientificReports/CancunHotelRBstability.htm>
Harris, L. FIT wave tank and stability análisis of reef ball. División of Marine and Environmental Systems Florida Institute of Technology. www.artificialreefs.org/ScientificReports/stab.htm

probados y compatibles con el ambiente marino. Primero, se agrega Microsílica al concreto para que al ser colocado en el mar tenga el mismo pH del agua de mar. Luego se le agregan otros dos aditivos para incrementar la fuerza del concreto y para que se le formen burbujas en la superficie de los elementos que le proporciona una textura rugosa con el fin de facilitar el reclutamiento de vida marina en la superficie de los elementos⁶.

Los diferentes tamaños y diseños permite que los Reef Ball puedan ser utilizados para una gran variedad de aplicaciones tales como rompeolas sumergidos para disminuir la erosión costera, ostricultura, restauración de áreas de manglar, como sustrato para la fijación de pólipos de coral y zonas de agregación de fauna (figura 5).

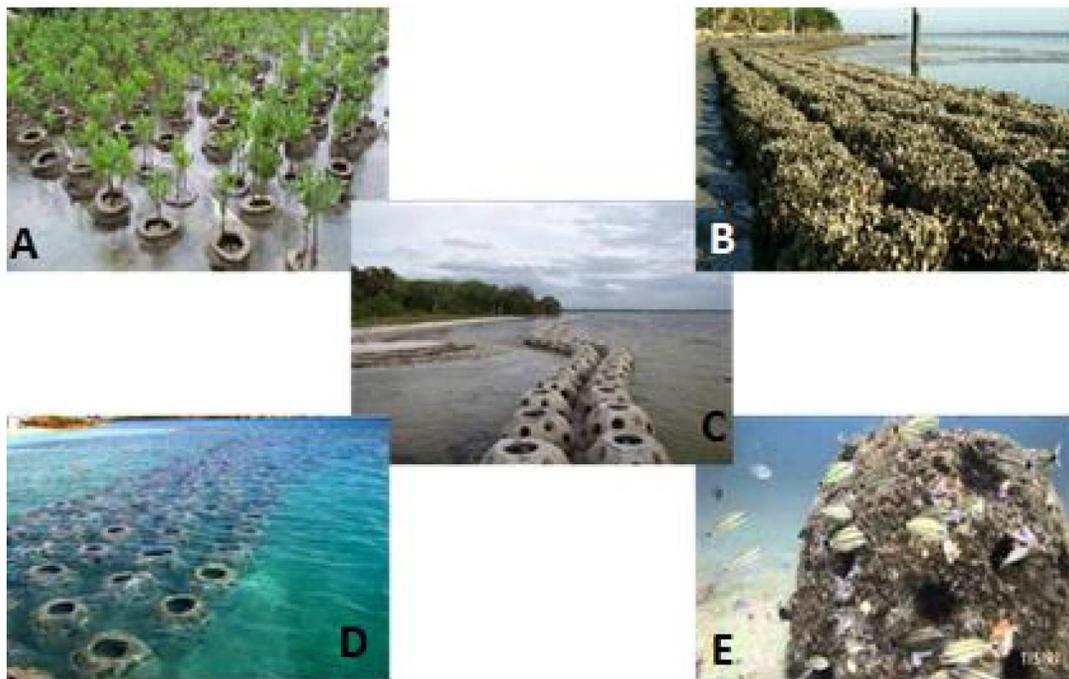


Figura 5. Reef Ball y sus diversas aplicaciones: A) Restauración de manglares, B) Campo ostrícola, C) Protección de zona costera, D) Rompeolas sumergido y E) Agregación de fauna marina.

II.2.1.1 Concepto Eternal Reef

Después de casi 20 años de la creación de Reef Ball surge el concepto Eternal Reef, el cual pretende brindar una opción original de rendir tributo a un familiar o ser querido al mismo tiempo que se contribuye con la restauración del ecosistema marino. El proyecto contempla la inmersión de

⁶ <https://reefballfoundation.org/concrete-specs/>

estructuras Reef Ball, principalmente, en sitios donde existe una gran presión sobre ecosistemas arrecifales naturales, ya sea por sobrepesca o por actividades turísticas.

Las estructuras son personalizadas, días antes de la inmersión, con huellas o mensajes escritos en el concreto húmedo y una placa de acero inoxidable y posteriormente, depositados en el fondo marino en donde permanecerán por tiempo indefinido. De acuerdo con cifras de Reef Ball Org., en la actualidad se han sumergido más de 2000 Eternal Reef, conformando pequeños arrecifes en 25 sitios de la costa de Estados Unidos (figura 6).



Figura 6. Imágenes representativas de un Eternal Reef. Construcción, personalización, inmersión y colonización de flora y fauna. Tomado de www.vanorsdel.com.

II.2.1.2 Cementerio del Mar: Vida que impacta vidas



Capillas Señoriales, toma el concepto de *Eternal reef*, lo *modifica* y lo impulsa como una propuesta innovadora en el Estado de Quintana Roo: *Arrecifes de Resguardo*.

El concepto consiste en agregar una “perla” de 18 cm de circunferencia elaborada con una mezcla de concreto marino y cenizas. En la parte exterior, se le agrega una placa de acero inoxidable de 8 cm de diámetro con los datos de la persona a quien se rinde homenaje (figura 7).

Figura 7. Perla conmemorativa terminada.

La perla será elaborada, por personal calificado, en las instalaciones de Capillas Señoriales. El proceso de fabricación involucra un molde de impresión 3D (figura 8) con las características necesarias para obtener una esfera de concreto con las dimensiones mencionadas anteriormente.

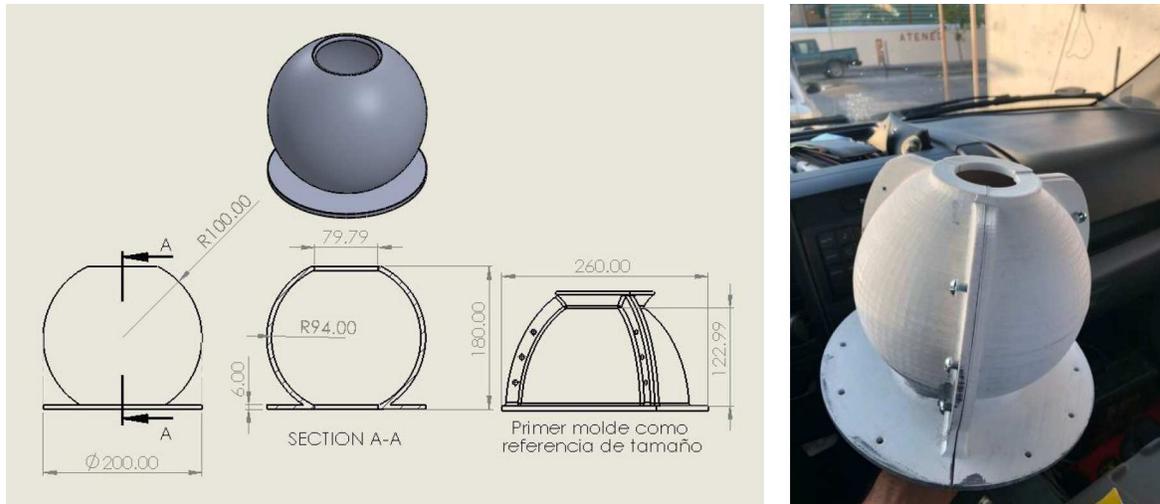


Figura 8. Izquierda: Planos del molde y de la perla conmemorativa y Derecha: Molde impreso en 3D.

La mezcla de concreto se realiza con el mismo cemento utilizado para la construcción de las estructuras Reef Ball (CPC 30 R RS), polvo fino, agua y hasta 2 kg de cenizas. Una vez que la mezcla este homogénea, es vertida en el interior del molde y se espera el proceso de fraguado. Posteriormente, se desmolda la perla y se le agrega, con pegamento epóxico libre de solventes⁷, la placa de acero inoxidable en donde se plasmarán los datos generales de la persona a quien se conmemora. El peso final de la perla es de 7 kg aproximadamente (figura 9).

Con relación al uso de cenizas de cualquier tipo en la mezcla, éstas permanecerán dentro de la mezcla y no podrán descomponerse o diluirse en el agua marina. Por lo tanto no existe riesgo de contaminación de ningún tipo.⁸

⁷ <https://www.pinturasmonopol.com/wp-content/uploads/2019/07/pegamento-epoxico-ficha.pdf>

⁸ Valdez-Tamez, P.L., Durán-Herrera, A, Fajardo-San Miguel, G, & Juárez-Alvarado, C.A.. (2009). Influencia de la carbonatación en morteros de cemento Pórtland y ceniza volante. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 10(1), 39-49.

Huaquisto Cáceres, Samuel, & Belizario Quispe, Germán. (2018). Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(2), 225-234.



Figura 9. Proceso de elaboración de la perla dentro de un arrecife de resguardo. De izquierda a derecha: Molde, perla recién desmoldada, peso de la perla y perla finalizada.

II.2.2 Programa general de trabajo

El proyecto estará dividido en cinco actividades principales (tabla 4):

1. Obtención de permisos en materia de impacto ambiental y vertimientos

Se realizarán los trámites necesarios para obtener el permiso en materia de impacto ambiental ante SEMARNAT y, posteriormente, el permiso de vertimientos ante la SEMAR.

2. Adquisición de estructuras Reef Ball.

Se realizará la compra de varias estructuras y serán almacenadas en la propiedad de Capillas Señoriales sede Cancún.

3. Inmersión de las estructuras Reef Ball

Las estructuras serán trasladadas al sitio de su inmersión y colocadas en el fondo marino. Una vez colocadas se tomará la ubicación con ayuda de un GPS manual.

4. Construcción y colocación de la perla

Las perlas serán elaboradas en las instalaciones de Capillas Señoriales y serán resguardadas hasta el momento de realizar el servicio marino. Posteriormente, se trasladará la perla, junto con los familiares hasta el sitio donde se encuentra el arrecife artificial para la colocación de la perla en el interior de una de las estructuras.

5. Monitoreo

A partir de la colocación de las primeras cien estructuras se realizará un monitoreo bimestral para evaluar el desarrollo del arrecife artificial, así como las especies de flora y fauna que lo colonizan.

Tabla 4. Cronograma de actividades. Se estiman aproximadamente 24 meses para la conclusión del proyecto.

ACTIVIDAD	MESES												...	24	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Obtención de permisos	█														
Compra de las estructuras							█								
Inmersión de las estructuras							█								
Colocación de la perla										█					
Monitoreo	<i>Cada dos meses partir de la inmersión del total de las estructuras por periodo de un año</i>														

II.2.3 Preparación del sitio

Debido a las características del área y del proyecto, no se requiere de preparación para verter las estructuras. Sin embargo, es necesario considerar factores físicos y biológicos para disminuir o incluso evitar cualquier afectación a las comunidades de flora y fauna en el área.

Físicos. Se considero que la profundidad del sitio sea ≥ 3 metros, para evitar cualquier incidente con embarcaciones que naveguen en la zona, y < 12 metros para facilitar el trabajo de los buzos en el manejo y descenso.

Biológicos. Se requiere de un sitio con escasa o nula presencia de VAS, de preferencia arenales de consistencia media a gruesa para evitar el hundimiento de las estructuras.

Durante cualquier actividad que se realizase en la zona marina, colocarán boyas de señalización para evitar cualquier accidente con las embarcaciones que transitan en el área. Las boyas serán retiradas diariamente al concluir las actividades.

II.2.4 Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto

No se realizarán obras ni actividades provisionales dentro del proyecto.

II.2.5 Etapa de construcción

Dentro del presente proyecto no se contempla la etapa de elaboración de las estructuras *per se*, sino que éstas serán adquiridas ya fabricadas con el proveedor autorizado de Reef Ball en México. Las estructuras serán fabricadas considerando un espacio vacío para la colocación una pequeña “perla” que contendrá las cenizas del homenajeado.

Dentro del proyecto se considerará como etapa de construcción a la colocación de las estructuras en el fondo marino. Esta etapa estará compuesta de 3 subetapas:

1. Transporte terrestre de la estructura.

Se contratará un servicio, que cuente con los permisos adecuados para esta maniobra, para cargar y transportar las estructuras de concreto desde el sitio de almacenaje hasta una playa cercana al sitio del proyecto en donde serán embarcadas para su traslado marino (figura 10).



Figura 10. Proceso de carga, transporte y descarga de estructuras de concreto Reef Ball.

2. Transporte marino de la estructura

Para el transporte marino se requerirá de embarcaciones preparadas para tales propósitos. Debido a las dimensiones y pesos de las estructuras, éstas podrán ser transportadas utilizando embarcaciones pesqueras de 27-33 pies de eslora, acondicionadas con tablonces de cimbraplay de 18 mm que sirva como pase de asentamiento (figura 11a). En caso de requerir trasladar un número superior a 10 estructuras al mismo tiempo, se puede utilizar un lanchón el cual será remolcado por una embarcación con motor fuera de borda (figura 11b).



Figura 11. Modos de transporte marítimo. a) embarcación acondicionada con una tabla de cimbraplay y b) lanchón equipado con brazo mecánico remolcado con lancha con motor fuera de borda.

3. Descenso y fondeo de la estructura.

Las unidades estarán acondicionadas con boyas de polyform para conferirles flotabilidad al momento de entrar en contacto con el agua. Las boyas serán desinfladas gradualmente para sumergir las estructuras gradualmente y dirigirlas, con ayuda de buzos, hacia fondos arenosos (figura 12).



Figura 12. Estructuras con boyas de polyform para un descenso controlado con apoyo de buzos.

II.2.6 Etapa de operación y mantenimiento

Durante esta etapa se considera únicamente el servicio y la colocación de la perla en el interior de la estructura. Para realizarlo se requerirá de una o varias embarcaciones (dependiendo del número de personas) para el traslado del personal se encargará de colocar la perla y otra para los familiares que realizarán el homenaje (figura 13).



Figura 13. Izquierda. Ejemplo de embarcaciones que serán utilizadas para el traslado de personas. Derecha. Colocación de la perla en el interior de la estructura modelo Mini Bay

Debido a la naturaleza del proyecto, el cual pretende conformar un área que asemeje a un arrecife, no se consideran obras de mantenimiento ya que esto interferiría con el proceso de colonización de las estructuras.

II.2.7 Descripción de obras asociadas al proyecto

No se requiere de obras asociadas al proyecto debido a que las actividades para transporte y carga utilizarán la infraestructura presente en la zona.

II.2.8 Etapa de abandono de sitio

Una vez concluida la inmersión de las 1800 estructuras y la colocación de las perlas, el sitio será declarado en abandono por parte del promovente.

II.2.9 Utilización de explosivos

No se utilizará material explosivo en ninguna de las etapas del proyecto

II.2.10 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera

El uso de embarcaciones para el traslado e inmersión de las estructuras, así como para el transporte de personal y clientes, generará emisiones a la atmósfera y generación de ruido debido al uso de motores fuera de borda. Del mismo modo, se prevé que se generen residuos sólidos durante un servicio.

Para disminuir el impacto por estos factores se verificará el uso de embarcaciones con motores de 4 tiempos o ecológicos, los cuales no usan aceite mezclado con el combustible y genera menos emisiones a la atmósfera.

II.2.11 Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos

Los residuos sólidos generados durante un servicio serán colocados en contenedores de plástico ubicados en las embarcaciones y posteriormente trasladados a contenedores en las instalaciones de Capillas Señoriales quienes tienen convenio con el servicio de limpia municipal. No se verterá ningún material, sólido o líquido, al medio marino.

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

En el presente capítulo se analizarán los instrumentos jurídicos en materia ambiental que se vinculen con el proyecto con la finalidad de enfatizar la viabilidad de este.

III.1 ANÁLISIS DE INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTO

III.1.1 PLANES Y PROGRAMAS FEDERALES

En este apartado se señalará el grado de concordancia que tiene el presente proyecto con las políticas federales de desarrollo social, económico y ecológico.

III.1.1.1 Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2019-2024

El presente Plan Nacional de Desarrollo es un instrumento de planificación estratégica, de alcance nacional, relativo al período 2019-2024, que tiene como finalidad establecer los objetivos nacionales, las estrategias y las prioridades que durante la Administración deberán regir la acción del gobierno, con la visión de hacer de México un país más próspero, justo e incluyente para todas y todos. Está compuesto de 3 ejes principales:

1. Política y Gobierno
2. Política Social
3. Economía

*Vinculación. El presente proyecto considera al menos un inciso dentro de cada uno de los ejes principales. Para la construcción y operación del proyecto se crearán nuevos empleos en la zona de Isla Mujeres y Cancún, Quintana Roo lo que concuerda con la política de **Garantizar el empleo** en el eje de 1. Adicionalmente, la colocación de estructuras de concreto permitirá el desarrollo de un arrecife artificial que puede albergar una gran cantidad de especies de flora y fauna contribuyendo al mejoramiento del ambiente marino. Esto concuerda con lo establecido en el apartado **Desarrollo sostenible** dentro del eje 2. Por último, con el paso de los años el arrecife artificial podrá ser utilizados para realizar actividades náutico-recreativas que generen ingresos a la población costera y de educación e investigación que genere conocimientos sobre las comunidades de organismos que colonicen las estructuras, cumpliendo con lo establecido en los rubros **Detonar el crecimiento y Ciencia y tecnología** del eje 3.*

III.1.1.2 Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT) 2020-2024

Este instrumento está fundamentado en el Art. 40 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que señala expresamente “*Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar...*”. Adicionalmente, dentro del eje 2: Política Social del PND se menciona el compromiso de México para impulsar un desarrollo sostenible.

El PROMARNAT se compone de cinco objetivos prioritarios:

Objetivos prioritarios del Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020-2024

1. Promover la conservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y su biodiversidad con enfoque territorial y de derechos humanos, considerando las regiones bioculturales, a fin de mantener ecosistemas funcionales que son la base del bienestar de la población.
2. Fortalecer la acción climática a fin de transitar hacia una economía baja en carbono y una población, ecosistemas, sistemas productivos e infraestructura estratégica resilientes, con el apoyo de los conocimientos científicos, tradicionales y tecnológicos disponibles.
3. Promover al agua como pilar de bienestar, manejada por instituciones transparentes, confiables, eficientes y eficaces que velen por un medio ambiente sano y donde una sociedad participativa se involucre en su gestión.
4. Promover un entorno libre de contaminación del agua, el aire y el suelo que contribuya al ejercicio pleno del derecho a un medio ambiente sano.
5. Fortalecer la gobernanza ambiental a través de la participación ciudadana libre, efectiva, significativa y corresponsable en las decisiones de política pública, asegurando el acceso a la justicia ambiental con enfoque territorial y de derechos humanos y promoviendo la educación y cultura ambiental.

Vinculación. Con la construcción de un arrecife artificial con estructuras de concreto tipo Reef Ball se pretende crear un sitio que se colonice de organismos de flora y fauna, creando un área de belleza escénica que pueda ser aprovechado por medio de actividades de bajo impacto ambiental como son los safaris fotográficos. Con el paso del tiempo se tendrá un ecosistema estable y resiliente que coadyuvará a la conservación de los arrecifes coralinos, organismos de gran importancia para la

captura de carbono. Con base en lo anterior, el proyecto se vincula con los objetivos 1 y 2 del PROMARNAT.

III.1.1.3 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)

Este instrumento tiene como objeto regular e inducir el uso de suelo y las actividades productivas con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales con base en el análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento.

Vinculación. Debido a que el proyecto se realizará exclusivamente en la zona marina y no utiliza la porción continental más que como plataforma para transporte, el proyecto no se vincula de modo alguna con los criterios aquí establecidos. Sin embargo, se tomará en consideración y se aplicaran las medidas necesarias para no dañar o comprometer los recursos naturales de la zona territorial adyacente al área de proyecto.

III.1.1.4 Programa Sectorial de Turismo (PROSECTUR) 2020-2024

En este documento se determinan las acciones a instrumentar a partir de sus cuatro objetivos prioritarios: garantizar un enfoque social y de respeto de los derechos humanos en la actividad turística del país; impulsar el desarrollo equilibrado de los destinos turísticos de México; fortalecer la diversificación de mercados turísticos en los ámbitos nacional e internacional; y, fomentar el turismo sostenible en el territorio nacional.

Vinculación. A pesar de que el objetivo principal del proyecto no es con fines de aprovechamiento turístico, la creación de un arrecife artificial abre las puertas para aprovecharlo de este modo con un enfoque sustentable. Debido a su ubicación, en la Bahía formada entre Isla Mujeres y el territorio continental, el arrecife podrá ser utilizado por prestadores de servicios náuticos-recreativos de la zona de Puerto Juárez a Punta Sam e incluso de la Zona Hotelera de Cancún e Isla Mujeres. Con esto se abre la oportunidad de empleos, se diversifica la oferta turística y se permite el “descanso” de ecosistemas naturales al tener una opción más para ser aprovechada.

III.1.1.5 Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo De México y Mar Caribe 2012 (POEMyRGMMyMC)

Este instrumento permite regular e inducir los usos 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 del deterioro y las

potencialidades de aprovechamiento de estos. En él se identifican, orientan y enlazan 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.

Vinculación. El proyecto se ubica dentro de la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) 174, la cual involucra un área marina exclusivamente con criterio de islas. A esta UGA se le aplican las Acciones Generales y el Criterio para Islas (figura 14; tabla 5).

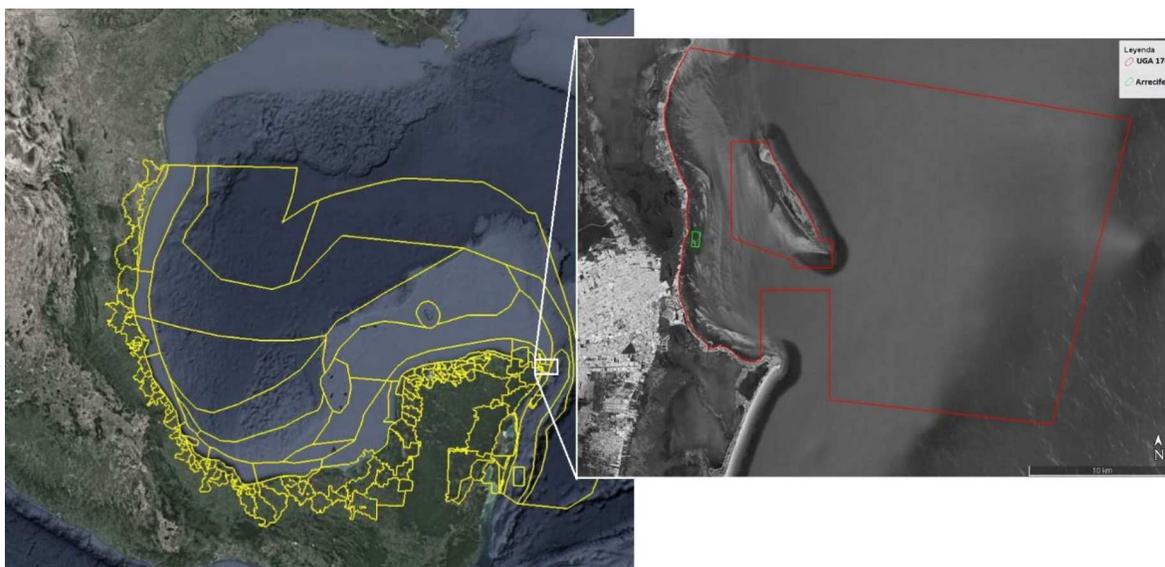


Figura 14. ubicación del proyecto (verde) con relación a la UGA 174 del POEMyRGMMyMC.

Tabla 5. Características de la UGA 174 del POEMyRGMMyMC.

Tipo de UGA	Marina
Nombre	Zona Marina de Competencia Federal
Población	19 habitantes
Superficie	51,122.767 ha
Subregión	Aplicar criterios de zona costera inmediata al Mar Caribe
Islas	Presente: Aplicar criterios para islas

Las **Acciones Generales** que se vinculan con las acciones del proyecto son las enlistadas a continuación:

CLAVE	ACCIONES GENERALES
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).
<i>Vinculación</i>	<i>La presencia del personal para la construcción y posterior operación del arrecife artificial coadyuvará a disminuir la extracción de especies marinas en la zona.</i>
G011	Instrumentar medidas de control para minimizar las afectaciones producidas a los ecosistemas costeros por efecto de las actividades humanas
<i>Vinculación</i>	<i>Las estructuras de concreto proveerán de sustrato para el establecimiento de diversas especies de flora y fauna, creando un sitio con alta diversidad y regenerando el fondo marino-costero.</i>
G060	Ubicar la construcción de infraestructura costera en sitios donde se minimice el impacto sobre la vegetación acuática sumergida.
<i>Vinculación</i>	<i>Las estructuras serán colocadas en un arenal y serán sumergidas utilizando un descenso controlado con apoyo de buzos para evitar colocarlos en sitios con presencia de organismos de flora o fauna.</i>
G061	La construcción de infraestructura costera se deberá realizar con procesos y materiales que minimicen la contaminación del ambiente marino
<i>Vinculación</i>	<i>Reef Ball es una empresa de clase mundial comprometida con el ambiente. En la fabricación de sus estructuras utiliza materiales que no generan residuos al ambiente y que incluso igualan el pH marino para facilitar la agregación de organismos.</i>

Con relación a las **Acciones Específicas** para la UGA #174, las marcadas con las claves A013, A016, A018, A022, A025, A033, A034, A040-A048 y A073.

que se vinculan con el proyecto son las siguientes:

CLAVE	ACCIONES ESPECÍFICAS
A007	Promover la constitución de áreas destinadas voluntariamente a la conservación o ANP en áreas aptas para la conservación o restauración de ecosistemas naturales.
<i>Vinculación</i>	<i>El arrecife artificial se convertirá, con el tiempo, en parte del ecosistema submarino que proveerá de sitios de refugio, alimentación y reproducción para diferentes especies de flora y fauna.</i>
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.
<i>Vinculación</i>	<i>La presencia de las estructuras en el lecho marino no modificará la dirección e intensidad de las corrientes, ni tendrá efectos sobre acumulación o pérdida de la línea de costa.</i>
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.
<i>Vinculación</i>	<i>La presencia de las estructuras Reef Ball provocaran un incremento en la biodiversidad del sitio, el cual podrá ser susceptible de ser aprovechado por medio de actividades turísticas de bajo impacto.</i>

De acuerdo con el **Criterio de Regulación Ecológica para Islas** se consideran las siguientes acciones:

CLAVE	CRITERIO DE REGULACIÓN ECOLÓGICA
IS-06	En los arrecifes tanto naturales como artificiales no se deberá arrojar o verter ningún tipo de desecho sólido o líquido y, en su caso, el aprovechamiento extractivo de organismos vivos, muertos o materiales naturales o culturales sólo se realizará bajo los supuestos que señala la Ley General de Vida Silvestre y demás disposiciones jurídicas aplicables.

CLAVE	CRITERIO DE REGULACIÓN ECOLÓGICA
<i>Vinculación</i>	<i>No se permitirá, en ninguna de las etapas del proyecto, el vertimiento de residuos líquido o sólidos, así como la extracción de especies de flora y fauna.</i>
IS-07	Los prestadores de servicios acuáticos deben respetar los reglamentos que la autoridad establezca para fomentar el cuidado y preservación de la flora y fauna marinas
<i>Vinculación</i>	<i>El promovente realizará todos los trámites para obtener los permisos pertinentes para la realización del proyecto. No se efectuará acción alguna sin contar con la acreditación de las autoridades correspondientes.</i>
IS-09	El anclaje de embarcaciones sólo se permitirá en zonas arenosas libres de corales y/u otras comunidades vegetales o animales, mediante anclas para arena.
<i>Vinculación</i>	<i>Los responsables de las embarcaciones verificarán previo al anclado sobre la presencia de colonias de coral.</i>
IS-11	Las construcción u operación de obras o desarrollo de actividades que requieran llevar a cabo el vertimiento de desechos u otros materiales en aguas marinas mexicanas, deberán contar con los permisos que para el efecto otorga la Secretaría de Marina y en su caso, las demás autoridades competentes
<i>Vinculación</i>	<i>Una vez obtenido el permiso en materia de impacto ambiental, se realizará el trámite ante la SEMAR para la obtención del permiso de vertimientos.</i>

III.1.2 PLANES Y PROGRAMAS ESTATALES Y MUNICIPALES

Vinculación. Debido a que el proyecto se realizará en una zona completamente marina, los planes y programas de desarrollo urbano (PDU), de ordenamiento territorial (POET), ordenamiento ecológico local (POEL), entre otros instrumentos estatales y municipales no aplican para este proyecto. De acuerdo con el párrafo cinco del Art. 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, las aguas de los mares territoriales son propiedad de la nación y compete a la Federación su protección, cuidado y custodia.

III.1.3 ÁREAS DE ATENCIÓN PRIORITARIA

III.1.3.1 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS (ANP'S)

Vinculación. El polígono donde se desarrollará el proyecto no se ubica dentro de algún área con categoría de protección especial. Sin embargo, por su cercanía con dos de los polígonos que

conforman el ANP costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc, y de la Reserva de la Biosfera del Caribe Mexicano (figura 15), se tomaran medidas para evitar cualquier eventualidad.

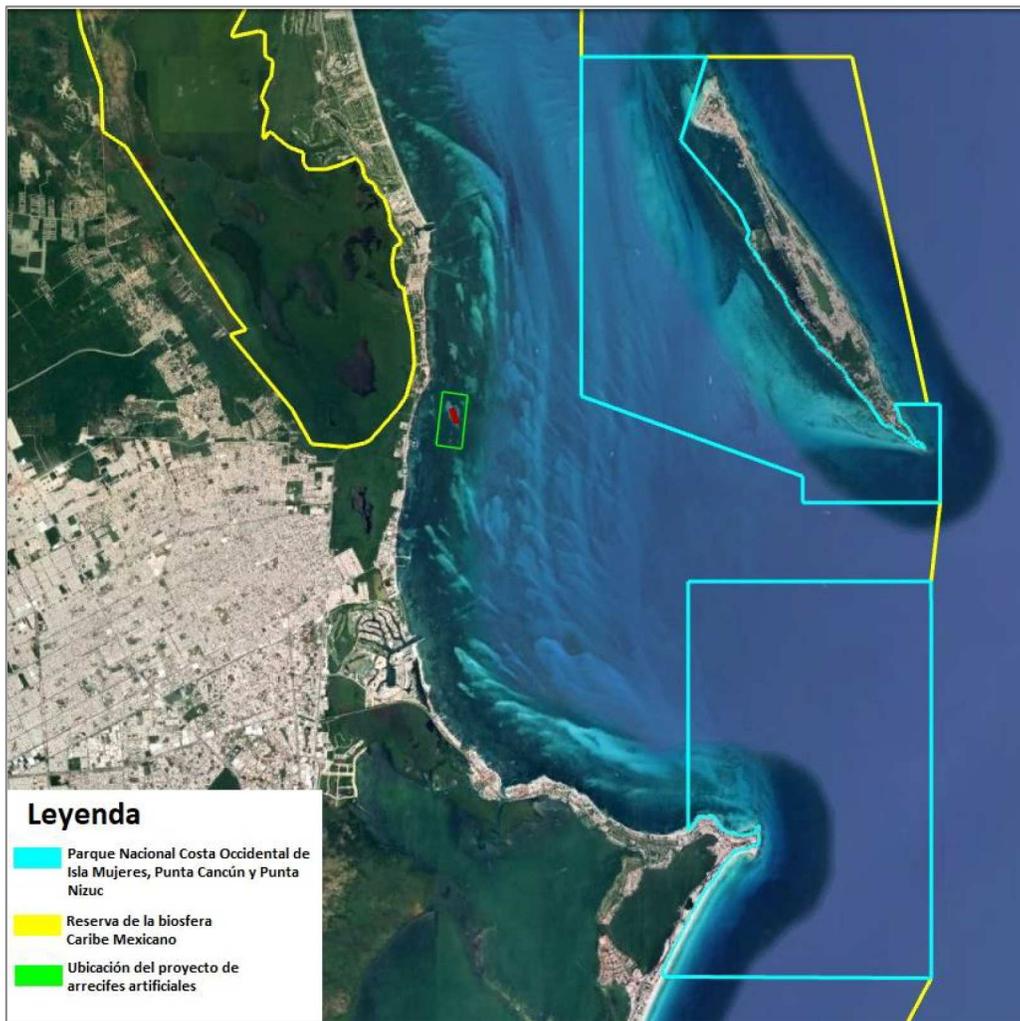


Figura 15. Ubicación del sitio donde se realizará el proyecto con relación a la presencia de polígonos de ANP's.

III.1.3.2 Regiones Marinas Prioritarias (RMP)

Con el fin de optimizar los recursos financieros, institucionales y humanos en materia de conocimiento de la biodiversidad en México, la Comisión Nacional para el Conocimiento y el Uso de la Biodiversidad (CONABIO) ha impulsado un programa de identificación de regiones prioritarias para la biodiversidad, considerando los ámbitos terrestres (regiones terrestres prioritarias), marino (regiones marinas prioritarias) y acuático epicontinental (regiones hidrológicas prioritarias).

El sitio del proyecto se encuentra dentro del RMP 62, denominada Dzilam-Contoy, que tiene una extensión de 31,143 km² y es catalogada como una zona de transición entre la biota del Golfo de México y el Mar Caribe.

Vinculación. El proyecto pretende conformar un sitio en donde las diferentes especies de flora y fauna puedan encontrar sitios para establecerse y reproducirse, conformando un arrecife que con el tiempo cumpla con las funciones ecosistémicas características coadyuvando a la recuperación del ambiente marino.

III.2 ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS JURÍDICOS Y NORMATIVOS

III.2.1 LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE (LGEEPA) (Publicada en el D.O.F. de fecha 28 de enero de 1988; última reforma publicada D.O.F. 04-06-2012)

Sección V: Evaluación de Impacto Ambiental. Art. 28 Fracción X: Obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales.

Vinculación. El proyecto se localiza en la zona costera del municipio de Benito Juárez por lo que es necesario realizar un estudio de impacto ambiental antes de realizar cualquier actividad relacionada con el mismo.

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.

Vinculación. En el presente documento, compuesto de ocho capítulos, se presenta información relevante sobre las características del proyecto, el sitio donde pretende realizarse, la vinculación para el cumplimiento con la legislación ambiental vigentes y las medidas para prevenir, mitigar, o en caso necesario, compensar cualquier afectación en el ambiente.

CAPÍTULO II Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera. Art. 110, Fracción II: Las emisiones de contaminantes de la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o

móviles, deben ser reducidas y controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

Vinculación. La única fuente de emisiones a la atmósfera provendrá de los vehículos utilizados para el transporte terrestre y marino. Se verificará que los motores de vehículos terrestres estén en óptimas condiciones y que los motores fuera de borda sean de cuatro tiempos, también llamados ecológicos.

CAPÍTULO III Prevención y Control de la Contaminación del Agua y de los Ecosistemas Acuáticos.

Art. 117, Fracción I: La prevención y control de la contaminación del agua, es fundamental para evitar que se reduzca su disponibilidad y para proteger los ecosistemas del país.

Vinculación. Reef Development Group ha realizado estudios sobre los compuestos con los que se construyen las estructuras Reef Ball garantizando la no contaminación del ambiente.

III.2.2 REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL (Publicado en el D.O.F. 30-mayo-2000; última reforma publicada D.O.F. 31-10-2014)

Capítulo II: De las Obras o Actividades que Requieren Autorización en Materia de Impacto Ambiental y de las Excepciones. Artículo 5. Inciso Q y R:

Vinculación. El proyecto contempla la colocación de estructuras de concreto para conformar un arrecife artificial. Por lo tanto, requiere de la autorización en materia ambiental.

CAPÍTULO III. Del procedimiento para la evaluación del impacto ambiental. Artículos 9, 10 y 11.

Vinculación. Se realizaron los estudios pertinentes para elaborar el presente documento, el cual es sometido a evaluación para obtener el permiso de impacto ambiental. Debido a las características del proyecto se consideró la modalidad particular.

Artículos 12, 17 y 19.

Vinculación. Se presenta el documento completo (ocho capítulos), con resumen ejecutivo, anexos y en cuatro tantos impresos, así como una versión electrónica para consulta.

CAPÍTULO V. De los prestadores de servicios de evaluación del impacto ambiental. Art- 36

Vinculación. Se adjunta carta con firma autógrafa del responsable del estudio de impacto ambiental bajo protesta de decir la verdad.

III.2.3 LEY ESTATAL DE EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE DEL ESTADO DE QUINTANA ROO (última reforma publicada en el D.O.E. el 16 de agosto de 2018)

TITULO PRIMERO. Disposiciones Generales. CAPITULO ÚNICO. La presente Ley es de orden público e interés social y tiene por objeto propiciar el desarrollo sustentable, y regular las acciones tendentes a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como las de protección del ambiente del Estado de Quintana Roo. Fracción XVII. La protección de la diversidad biológica en el Estado

Vinculación. El arrecife artificial permitirá albergar un sin número de especies de flora y fauna que encontrarán en él un espacio para protección y reproducción.

III.2.4 LEY FEDERAL DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL (publicado en el D.O.F. el 7 de junio de 2013; última reforma 20 de mayo de 2021)

Artículo 5. Obra dolosamente quien, conociendo la naturaleza dañosa de su acto u omisión, o previendo como posible un resultado dañoso de su conducta, quiere o acepta realizar dicho acto u omisión.

Vinculación. El promovente pondrá especial cuidado para no incurrir en ningún acto u omisión que pueda tener efectos negativos en el ecosistema. Se implementarán medidas de prevención y mitigación considerando los resultados del análisis de impacto.

Art. 10. Toda persona física o moral que con su acción u omisión ocasione directa o indirectamente un daño al ambiente, será responsable y estará obligada a la reparación de los daños, o bien, cuando la reparación no sea posible a la compensación ambiental que proceda, en los términos de la presente Ley.

Vinculación. El proyecto pretende coadyuvar al mejoramiento del ambiente marino por medio de la creación de un arrecife artificial. Sin embargo, en caso de que ocurra algún evento negativo a causa de la presencia de las estructuras de concreto, el promovente se compromete a retirar todas y cada una de ellas.

III.2.5 LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE (publicada en el D.O.F. el 3 de julio de 2000; última reforma 19 de enero de 2018)

TÍTULO II. Política nacional en materia de vida silvestre y su hábitat Art. 5o.

Vinculación. El proyecto no se contrapone con lo establecido en este instrumento normativo, por el contrario. Con la presencia del arrecife artificial se creará un hábitat que permita un incremento de las poblaciones de flora y fauna en el área.

TÍTULO VI. Conservación de la vida silvestre CAPÍTULO I. Especies y poblaciones en riesgo y prioritarias para la conservación Art. 60.

Vinculación. De acuerdo con el estudio realizado en el área del proyecto, no se encontraron especies amenazadas, en peligro o dentro de una categoría de protección especial. Sin embargo, es compromiso del promovente el vigilar que no se dañe o extraiga ningún organismo durante cualquiera de las etapas del proyecto.

Art. 70

Vinculación. El proyecto no es de naturaleza destructiva, por el contrario, se pretende construir un sitio apto de ser colonizado por plantas y animales marinos que incrementen la diversidad del sitio y crear un lugar de belleza escénica y ecológica.

III.2.6 LEY DE LA VIDA SILVESTRE PARA EL ESTADO DE QUINTANA ROO (publicado en el D.O.E. el 25 de septiembre de 2012, Decreto 131)

TITULO II. Política estatal en materia de vida silvestre Art. 4

Vinculación. Con la construcción de un arrecife artificial una zona marina en donde no existen formaciones rocosas conspicuas, el proyecto coadyuvará al medio ambiente a incrementar la biodiversidad, facilitar sitios para la colonización, establecimiento, resguardo y reproducción de una gran cantidad de especies de flora y fauna. De este modo, el proyecto cumple con el objetivo de la política estatal en materia de vida silvestre.

III.2.7 LEY FEDERAL DEL MAR (publicada en el D.O.F. el 8 de enero de 1986)

Art. 6.

Vinculación. El proyecto se desarrollará en aguas marinas de jurisdicción nacional, de acuerdo con lo establecido en el Art. 27. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. El arrecife se constituirá en un bien público sin generar propiedad territorial y sus beneficios serán para un bien común ya que promueve la conservación de los recursos y su uso sustentable.

TÍTULO PRIMERO: Disposiciones Generales. Capítulo IV. De la Protección y Preservación del Medio Marino y de la Investigación Científica Marina. Artículo 22. Fracción IV

Vinculación. Todas las actividades realizadas para elaborar el presente proyecto están basadas en métodos no extractivos como son el uso de video, fotografía y censos visuales in situ. Por lo tanto, no fue necesario extraer ningún organismo de flora o fauna.

III.2.8 LEY DE AGUAS NACIONALES (Publicado en el D.O.F. EL 1 de diciembre de 1992; última reforma 06 de enero de 2020)

Art. 82

Vinculación. El proyecto no pretende realizar actividad productiva alguna con el arrecife artificial, simplemente plantea un concepto original para ayudar con la conservación del ambiente al tiempo que presta un servicio. El arrecife será de uso común, por lo no se requiere de concesión alguna para la realización del proyecto.

TÍTULO SÉPTIMO. Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas y Responsabilidad por Daño Ambiental. Capítulo I: Prevención y Control de la Contaminación del Agua. Artículo 85. Inciso a y b

Vinculación. Reef Ball Foundation ha realizado pruebas a los materiales con los que se construyen las estructuras, demostrando que no provocan cambios en la composición química del agua marina ni desprenden sustancias que puedan resultar en algún tipo de riesgo para el ecosistema.

III.2.9 REGLAMENTO DE LA LEY DE AGUAS NACIONALES (publicado en el D.O.F. el 1 de diciembre de 1992; última reforma 25 de agosto de 2014)

TÍTULO SÉPTIMO. Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas. Capítulo Único: Artículo 134.

Vinculación. No se utilizarán materiales que impliquen un riesgo de contaminación para el medio marino.

III.2.10 LEY GENERAL DE SALUD (publicada en el D.O.F. el 7 de febrero de 1984; última reforma 6 de enero de 2021)

CAPITULO I Disposiciones Comunes. Art. 313. Compete a la Secretaría de Salud. II. La regulación sobre cadáveres, en los términos de esta ley.

Vinculación. El promovente cuenta con los permisos requeridos para realizar actividades relacionadas con el manejo u disposición de restos humanos o cadáveres. En caso de requerir algún permiso adicional, Capillas Señoriales se compromete a realizar los trámites para obtenerlo.

Artículo 348.- La inhumación, cremación o desintegración de cadáveres sólo podrá realizarse con la autorización del oficial del Registro Civil que corresponda, quien exigirá la presentación del certificado de defunción.

Vinculación. Capillas Señoriales cuenta con todos los permisos pertinentes para el manejo y disposición finales de cadáveres.

Artículo 350.- Las autoridades sanitarias competentes ejercerán el control sanitario de las personas que se dediquen a la prestación de servicios funerarios. Asimismo, verificarán que los locales en que se presten los servicios reúnan las condiciones sanitarias exigibles en los términos de los reglamentos correspondientes.

Vinculación. Capillas Señoriales permitirá el libre acceso a las autoridades sanitarias para verificar el correcto manejo de los cadáveres y su disposición final.

III.2.11 LEY DE VERTIMIENTOS EN LAS ZONAS MARINAS MEXICANAS (Publicado en el D.O.F. de fecha 17 de enero de 2014)

Capítulo I: Objeto y Ámbito de Aplicación. Artículo 3.

Vinculación. Se utilizará concreto CPC 30 R RS que cumple con amplio margen con lo establecido en la NOM NMX-C-414-ONNCCE.

Capítulo IV: De los Permisos. Artículos 18, 19 y 20.

Vinculación. Se cumplirá con lo establecido en el formato #4BPE de la SEMAR y se someterá a evaluación ante esta Secretaría.

Capítulo V: De las Obligaciones Adicionales en materia de Vertimientos. Artículo 27.

Vinculación. En caso de ser necesario, se presentará, en extenso, la información requerida en el presente instrumento.

III.3 NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOM's)

III.3.1 NOM-041-SEMARNAT-2015 (publicado en el D.O.F el 10 de junio de 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

Vinculación. El número de vehículos que se utilizarán para transportar las estructuras es limitado. Sin embargo, se verificará que los motores de las unidades, tanto terrestres como marinas, se encuentren en óptimas condiciones. En el caso de los motores fuera de borda, se utilizarán motores de cuatro tiempos que no requieren de aceite mezclado con el combustible y emiten menos gases a la atmósfera.

III.3.2 NOM-059-SEMARNAT-2010 (publicado en el D.O.F. el 30 de diciembre de 2010)

Tiene por objeto identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana, mediante la integración de las listas correspondientes, así como establecer los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo para las especies o poblaciones, mediante un método de evaluación de su riesgo de extinción y es de observancia obligatoria en todo el Territorio Nacional.

Vinculación. Durante el trabajo en campo realizado no se encontraron especies de flora o fauna que se encuentren dentro de alguna categoría de protección especial. Sin embargo, no se permitirá la manipulación o extracción de ningún organismo durante la construcción y operación del proyecto.

III.3.3 NOM-080-SEMARNAT 1994 (publicada en el D.O.F. el 13 de enero de 1995)

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.

Vinculación. Se supervisará que todos los vehículos que se muevan por medio de motores de combustión interna cumplan con los límites establecidos dentro de la Norma.

Después de realizar el análisis de la legislación ambiental vigente, se concluye que no existe restricción alguna para que el proyecto se lleve a cabo. Sin embargo, el proyecto queda abierto a escrutinio para recibir observaciones o recomendaciones.

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

IV.1 Delimitación del área de estudio

Se delimitó un polígono de 4 km² aproximadamente, el cual sería caracterizado para determinar el mejor sitio para establecer el proyecto tomando en cuenta las variables de profundidad, nula o escasa presencia de VAS, principalmente.

Dentro del polígono se realizó un estudio batimétrico con ayuda de un ecosonda marca Garmin modelo 52dv y se procesó la información con el programar Surfer V. 11.

Adicionalmente, se realizaron inmersiones con equipo SCUBA en 15 estaciones determinadas al azar (figura 16) tratando de cubrir los diferentes tipos de fondo dentro del polígono. Los buzos realizaron video y fotografía en un transecto de 50 m lineales para determinar porcentaje de cobertura del



Figura 16. Área de estudio y red de estaciones utilizadas para caracterizar el sitio donde se realizará el proyecto.

fondo, realizaron censos visuales de flora y fauna. No se colectó ningún organismo. Adicionalmente, en cada estación se midieron variables hidrológicas como salinidad, oxígeno, temperatura y pH con ayuda de una sonda multiparamétrica marca YSI modelo 556.

IV.2 Caracterización y análisis del sistema ambiental

IV.2.1 Aspectos abióticos

IV.2.1.1 Clima

El Sistema Ambiental, presenta un clima cálido subhúmedo ($Awo(x')$), con una temperatura media anual mayor de 22 °C y temperatura del mes más frío mayor de 18 °C, y con una precipitación del mes más seco menor de 60 mm; lluvias de verano con índice y porcentaje de lluvia invernal que va del 5% al 10.2 % del total anual.

El sitio del proyecto, también presenta un clima cálido subhúmedo de tipo $Awo(x')$, mismo que no se verá modificado por ninguna de las actividades para el desarrollo y operación del proyecto; por lo tanto, las condiciones climáticas serán las mismas manteniendo el tipo de clima existente.

IV.2.1.2 Temperatura

Los valores de temperatura oscilan entre 21°C y 32°C, dependiendo del mes del año. El periodo del año más caluroso involucra los meses de abril a septiembre, con valores de hasta 32°C (figura 17)

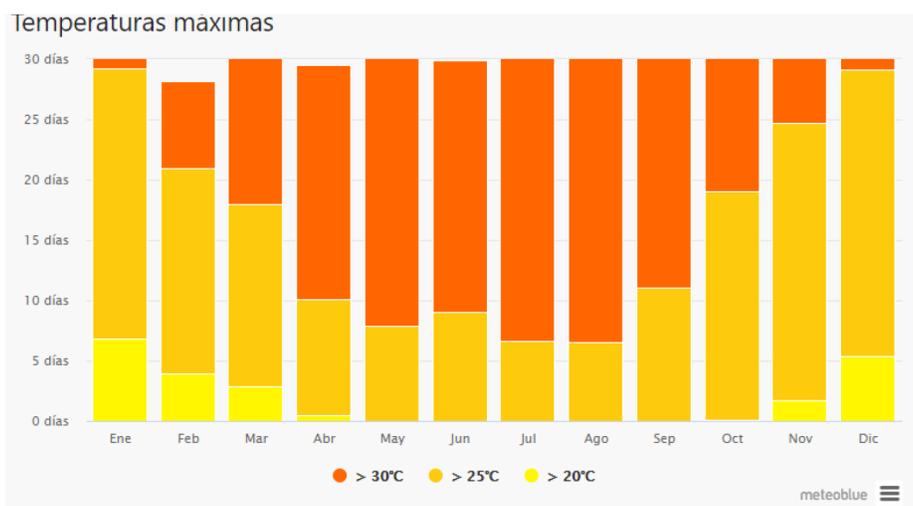


Figura 17. Valores de temperatura para la zona de Isla Mujeres durante el 2020. Tomado de www.meteoblue.com

IV.2.1.3 Precipitación

Los meses con mayor precipitación en el 2020 fueron junio y octubre y los de menor precipitación los de marzo y diciembre (figura 18).

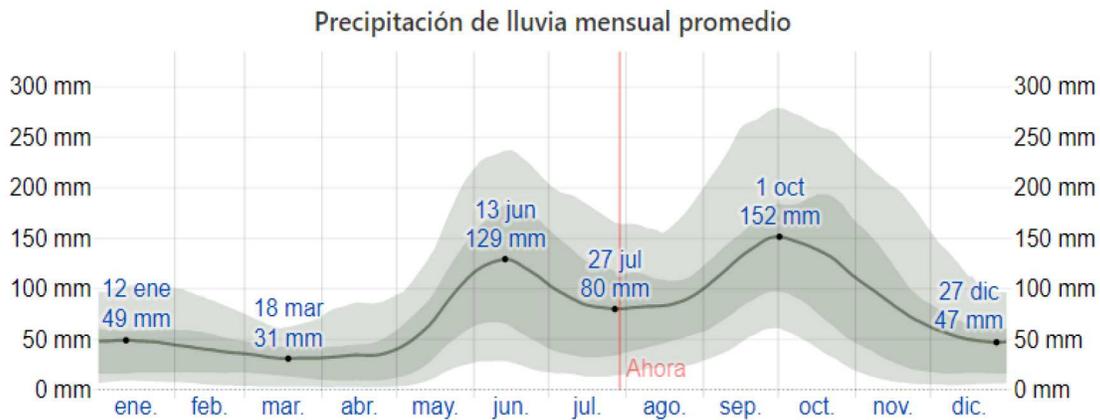


Figura 18. Gráfica de precipitación del 2020 para la zona donde se realizará el proyecto

IV.2.1.4 Fenómenos meteorológicos

La zona donde se realizará el proyecto, al igual que todo el estado de Quintana Roo, se encuentra dentro de una zona con un alto riesgo de fenómenos meteorológico severos como son los huracanes y otros de no severos como son los eventos de “norte”. Los huracanes se manifiestan anualmente entre los meses de junio a noviembre. Para el 2020, el Océano Atlántico presentó un récord con la formación de 31 ciclones tropicales o subtropicales, 30 tormentas con nombre, 14 huracanes y 7 huracanes mayores (figura 19).



Figura 19. Mapa resumen con la trayectoria de los fenómenos meteorológicos formados en el Océano Atlántico para el 2020.

IV.2.1.5 Vientos

El viento en la zona del proyecto proviene, predominantemente, del Este (noreste/sureste) con velocidad de hasta 17.1 km/h (figura 20).

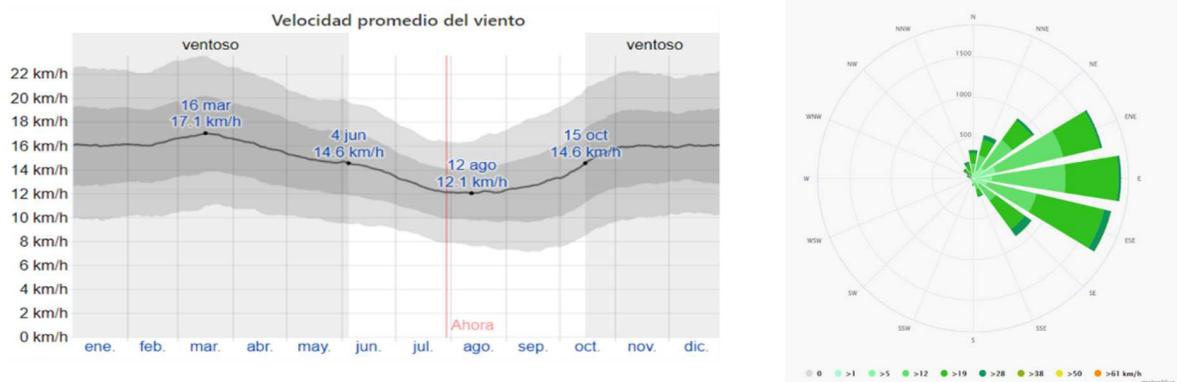


Figura 20. Velocidad y dirección del viento predominante en la zona del proyecto. Tomado de www.es.weatherspark.com y www.meteoblue.com.

IV.2.2 Geología y geomorfología

En general, la península de Yucatán, corresponde a la unidad orogénica denominada Plataforma Yucateca, que está constituida por rocas calizas de origen sedimentario marino. Al igual, pertenece a la Zona Ecológica del Trópico Húmedo, según la Regionalización realizada en 1988 en el Manual de Ordenamiento Ecológico de la antigua SEDUE, la cual cubre, dentro de esta zona, la mayor parte de la provincia fisiográfica 62 del Karst Yucateco. Sin embargo, esta provincia se subdivide en dos tipos la subprovincia 62A de la Planicie Noroccidental del Karst Yucateco o Provincia I, y la subprovincia 62B de Planicie y Lomeríos del Karts Yucateco o Provincia II, que es donde se encuentra el sitio del proyecto.

En la Provincia II, afloran sedimentos calizos más antiguos del Terciario Neógeno (Ng) (Mioceno–Ng1 y Plioceno–Ng2) localmente ligeramente deformados (ligero basculamiento de capas y fallas tectónicas menores) con moderada a alta densidad de formas karsticas como salones de disolución y cenotes profundos.

El sitio se caracteriza por la relativa uniformidad que presenta el sustrato geológico, en particular el manto rocoso más superficial. En efecto, se muestra una reducida variabilidad geológica respecto a la composición química y mineral de las rocas, a su origen y modo de formación, así como a los procesos generales de evolución a los que están sujetos, no obstante, es posible reconocer marcadas diferencias en relación a sus características morfológicas. Estas diferencias observadas

corresponden a rasgos específicos, probablemente asociados con las distintas edades que se han determinado para diversos materiales y con las distintas posiciones que éstos guardan en el perfil estratigráfico, lo cual ha permitido identificar todo en la costa o cerca de ella un conjunto de rocas carbonatadas, entre las que destacan los depósitos arenosos no consolidados en la costa o cerca de ella, los variados tipos de roca caliza, las margas, coquinas, calizas coralígenas y algunos sedimentos arcillosos de menor importancia.

IV.2.2.1 Suelos

El área de Tulum-Cancún-Isla Mujeres, en el Estado de Quintana Roo, es una provincia constituida por sedimentos calcáreos debido a la ausencia de sistemas fluviales provenientes del interior del continente, que aportan sedimentos terrígenos, así como al clima tropical que impera en esta región del Caribe. El fondo marino comprendido entre el continente e Isla Mujeres está conformado de arena fina, muy bien clasificada, formada principalmente por corales y microforaminíferos bentónicos; en menor proporción, moluscos, ostrácodos, espículas de alcionarios y equinodermos, microforaminíferos planctónicos y escasas espículas de esponjas. Gran parte de los sedimentos probablemente provienen de la barrera arrecifal que se encuentra al sur de Isla Cancún y son transportados por la corriente del Caribe y depositados en el estrecho⁹.

IV.2.3 Hidrología

El estado de Quintana Roo carece de corrientes superficiales relevantes debido a la permeabilidad del suelo. La superficie del estado se encuentra sobre dos regiones hidrológicas: RH32 “Yucatán Norte” y RH33 “Yucatán Este”¹⁰.

El área del proyecto se encuentra incluido dentro de la región hidrológica RH32, la cual cubre una superficie del 69.63% del Estado de Quintana Roo incluyendo las islas de Cozumel, Mujeres y Contoy (figura 21). Por la poca filtración en el terreno y el escaso relieve, no existen corrientes superficiales en esta porción del estado, solo pequeñas lagunas y aguadas.

⁹ Aguayo, J., R. Bello, M. del Vecchio, J. Araujo y M. Basáñez. 1980. Estudio sedimentológico del área Tulum-cancún-Isla Mujeres, Estado de Quintana Roo, México. Bo. Soc.Geol. Mexicana. Tomo XLI Nos. 1 y 2.

¹⁰ Kauffer-Micahel, E. y C. Villanueva-Aguilar. 2011. Retos de la gestión de una cuenca construida: La Península de Yucatán en México. Aqua-LAC Vol.3 No. 2:81-91.

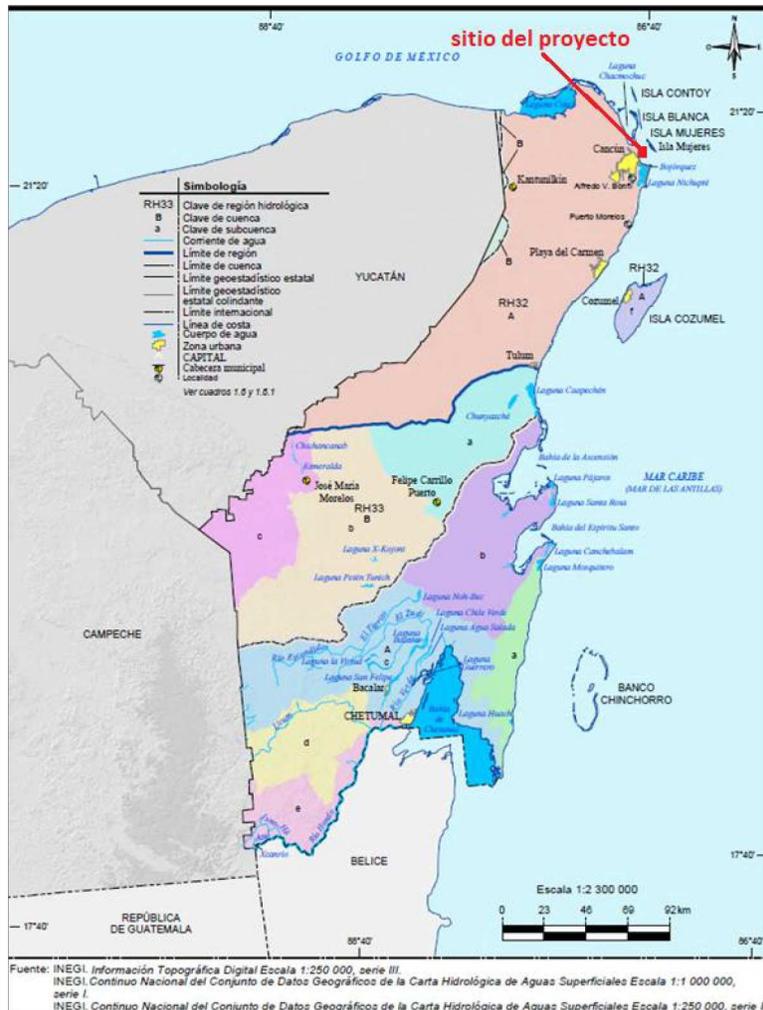


Figura 21. Mapa de hidrografía del Estado de Quintana Roo (tomado del INEGI) y ubicación general (rojo) del sitio del proyecto.

IV.2.3.1 Hidrología superficial

La cuenca de Quintana Roo no presenta escurrimientos superficiales debido a la alta permeabilidad que constituye el terreno y la elevada evaporación. La zona del proyecto se encuentra en dentro de las aguas del Caribe, el cual es un mar tropical pobre en nutrientes y sin aportes de escorrentías o aguas superficiales provenientes del continente.

La visibilidad en el sitio del proyecto se verá afectada debido a la suspensión de sedimentos a causa del asentamiento de las estructuras en el fondo marino durante la etapa de construcción del arrecife. Sin embargo, la afectación será temporal y los beneficios por la presencia del arrecife artificial será mayor.

IV.2.3.2 Hidrología subterránea

Esta parte del Caribe exhibe una plataforma continental angosta de 20 kilómetros de ancho alrededor de Cancún y de entre uno y tres kilómetros en la región de Sian Ka'an. También abarca Cozumel, Isla Mujeres y la Isla Contoy, así como Banco Chinchorro frente a las costas continentales. Sus aguas reciben la influencia de fuentes de agua dulce provenientes de una vasta red subterránea de cenotes, canales y cuevas alrededor de Sian Ka'an. La CONAGUA tiene delimitados dos acuíferos en la entidad, con disponibilidad de 363 millones de metros cúbicos: 2301 Cerros y Valles y 2305 Isla de Cozumel.

IV.2.4 Batimetría

Para conocer la profundidad dentro del polígono de estudio se realizó un batimétrico que consistió en recorrer el área de manera de transectos perpendiculares a la costa para obtener la variabilidad de profundidad. Se utilizó un equipo Garmin EchoMAP 52dv con gps integrado y un transductor de frecuencia dual (50/200 kHz/clearVü) (figura 22). Los datos se almacenan en una tarjeta microSD y son descargados y procesados por medio de un análisis de Kriging en el programa Surfer V. 11, para obtener la variabilidad de la profundidad en el sitio.



Figura 22. Captura realizada durante el levantamiento batimétrico de la zona de estudio. En la mitad izquierda de la pantalla se aprecia el recorrido que se realizó dentro del polígono de estudio.

La profundidad presentó valores de 60 cm en la zona más cercana a la playa hasta 5 metros a una distancia de 1.5 km de la línea de costa. En la zona del proyecto se presentaron valores de 2.8 a 3.2

metros, lo cual es suficiente considerando que las estructuras tienen una altura máxima de 53 cm, dejando libre una columna de agua de más de 2 metros. Es importante mencionar que el sitio del proyecto se encuentra a una distancia considerable del trayecto o derrota de los barcos que transportan pasajeros hacia Isla Mujeres (figura 23).

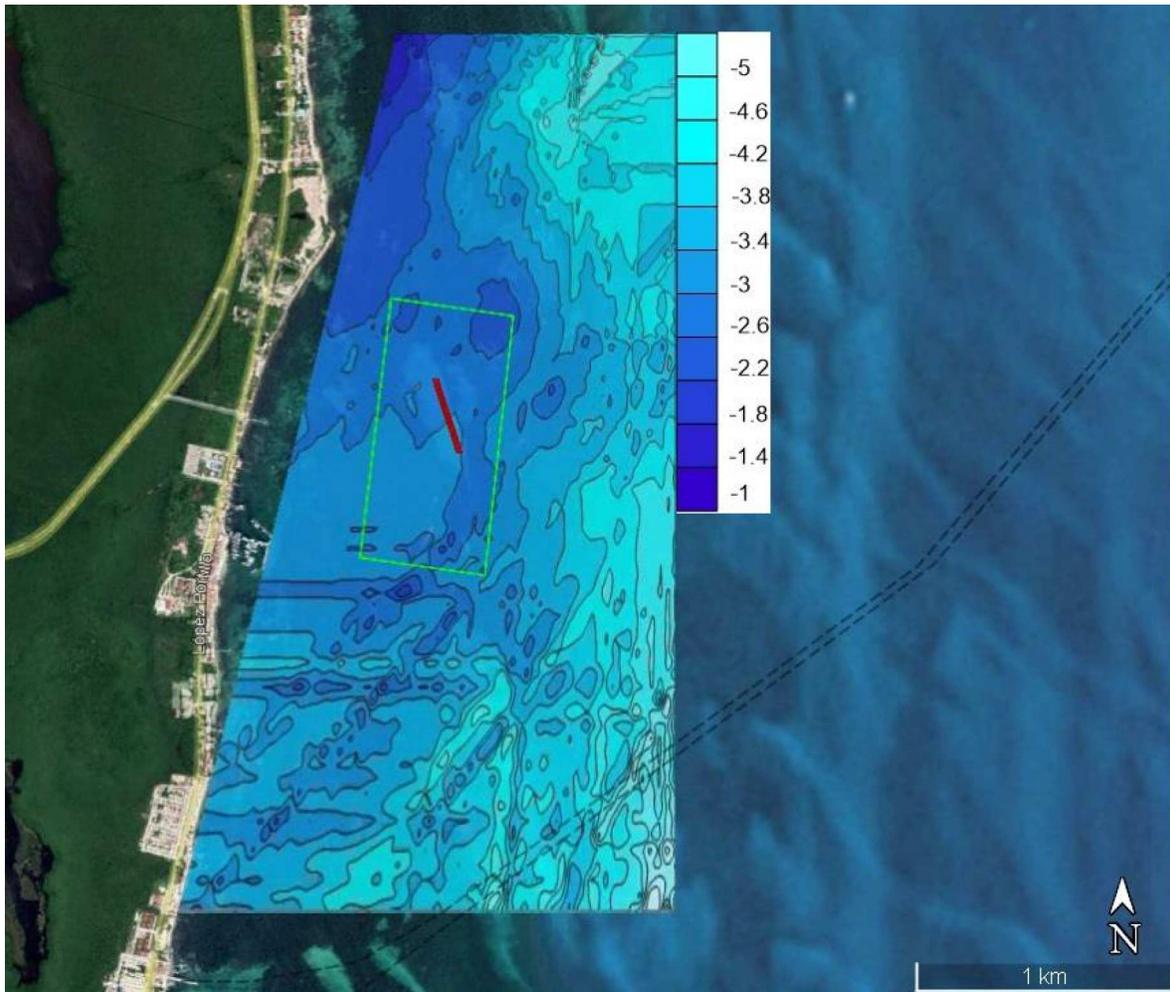


Figura 23. Ubicación del proyecto (línea roja) con relación a la profundidad del sitio. La línea punteada indica la derrota de los barcos hacia Isla Mujeres.

IV.2.5 Aspectos bióticos

Debido a que el proyecto no contempla actividades en la zona terrestre, el estudio de evaluación y caracterización de la flora y fauna, así como del paisaje, se enfocó únicamente en la porción marina.

Se contemplaron técnicas NO intrusivas y No extractivas como son los censos visuales para la identificación *in situ* tanto de flora como de fauna. Adicionalmente, se realizaron video transectos de 50 m de longitud en 15 estaciones dispersas al azar. En cada estación se sumergieron dos buzos:

uno para la filmación perpendicular al fondo para el análisis de cobertura de tipo de fondo y otro para la filmación de la columna de agua que nos permita identificar los peces y demás fauna circundante (técnica del buzo errante).

IV.2.6 Vegetación acuática sumergida

El área se encuentra cubierto en 87% de VAS compuesta principalmente por pastos marinos y algas verdes y el porcentaje restante por parches de arena y pequeñas colonias de corales duros de diferentes especies. La composición de la VAS varía de acuerdo con la profundidad, mientras que en las zonas someras (<1.5 metros) la dominancia fue de algas verdes, en zonas con profundidades de 2 a 4 metros predominan los pastos marinos. Esto permite una gran fijación del sedimento al fondo marino y una visibilidad de hasta 3 metros en zonas someras y hasta 10 metros en zonas con mayor profundidad.

Se registro un total de 20 especies de macroalgas, de las cuales 14 pertenecen a las clorofitas o algas verdes, cuatro a las feofitas o algas pardas y dos a las rodofitas o algas rojas. Adicionalmente, se identificaron dos especies de pasto marino (tabla 6).

Tabla 6. Listado de especies de algas identificadas en el sitio de estudio.

PHYLUM	ESPECIE
Chlorophyta (algas verdes)	1 <i>Avrainvillea asarifolia</i>
	2 <i>Caulerpa cupressoides</i>
	3 <i>C. prolifera</i>
	4 <i>C. sertularoides</i>
	5 <i>Dictyosphaeria cavernosa</i>
	6 <i>Halimeda incrassata</i>
	7 <i>H. monile</i>
	8 <i>Penicillus capitatus</i>
	9 <i>P. dumetosus</i>
	10 <i>P. lamourouxii</i>
	11 <i>Riphilia tomentosa</i>
	12 <i>Riphocephalus phoenix</i>
	13 <i>Udotea flabellum</i>
	14 <i>U. spinulosa</i>

PHYLUM		ESPECIE
Phaeophyta (algas cafés)	15	<i>Dictyota caribaea</i>
	16	<i>D. cervicornis</i>
	17	<i>D. pulchella</i>
	18	<i>Hypnea cervicornis</i>
Rhodophyta (algas rojas)	19	<i>Amphiroa fragilissima</i>
	20	<i>Laurencia intricata</i>
Magnoliophyta (pastos marinos)		<i>Thalassia testudinum</i>
		<i>Syringodium filiforme</i>

Se puede apreciar una pequeña zonación con base en la composición de la VAS. En la zona somera podemos encontrar una mayor presencia de macroalgas en comparación de los pastos marinos y en las zonas con mayor profundidad es al revés, una mayor presencia de pastos marinos, principalmente *S. filiforme*.

Todos los pastos marinos se encuentran dentro de una categoría de protección especial por parte de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Sin embargo, no se contempla modificar, retirar o instalar sobre VAS de ningún tipo. El arrecife será construido en un parche de arena ubicado entre las praderas de pasto.

IV.2.6.1 Fauna

Para la identificación de la fauna se utilizó la técnica de buzo errante, la cual consiste en recorrer, sin rumbo fijo, una distancia lineal de aproximadamente 100 por estación y videograbar todos los organismos que se encuentran en el camino para su posterior identificación. Adicionalmente, se realiza una revisión del fondo para determinar la presencia de organismos que no sean ocultos entre la VAS o estructuras rocosas, e incluso enterrados en la arena. Se identificaron varios organismos, sésiles y vágiles, dispersos entre la vegetación y ocupando la columna de agua (tabla). De las especies identificadas durante el trabajo en campo, ninguna se encuentra clasificada en alguna categoría de riesgo o protección especial dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010. La mayor cantidad de peces se encontró en los arrecifes artificiales y sus alrededores. Se identificaron 3 especies de equinodermos, 1 de moluscos, 1 de crustáceos, 6 de corales escleractinios, y 6 especies de peces (tabla 7; figura 24).

Tabla 7. Listado de especies de flora y fauna identificados en la zona de estudio.

GRUPO	ESPECIE
Equinodermos	<i>Oreaster reticulata</i>
	<i>Holothuria mexicana</i>
	<i>Diadema sp.</i>
Moluscos	<i>Lobatus gigas</i>
Crustáceos	<i>Panulirus argus</i>
Corales duros	<i>Manicina areolata</i>
	<i>Porites furcata</i>
	<i>P. divaricata</i>
	<i>Diploria strigosa</i>
	<i>Siderastrea radians</i>
Coral de fuego	<i>P. astreoides</i>
	<i>Millepora alcicornis</i>
Peces	<i>Ogcocephalus sp.</i>
	<i>Abudefduf saxatilis</i>
	<i>Caranx ruber</i>
	<i>Haemulon flavolineatum</i>
	<i>Halichoeres bivittatus</i>
	<i>Scarus iserti</i>



Figura 24. Imágenes representativas de la fauna identificada dentro del área de estudio.

IV.2.7 Paisaje

El paisaje desempeña un rol importante de interés general en diferentes ámbitos y es un elemento importante de la calidad de vida de las poblaciones; representa un recurso favorable para la

actividad económica y que su protección, gestión y ordenamiento pueden contribuir a la creación de empleos. Así mismo implican derechos y responsabilidades para todos, y está definido como cualquier parte del territorio tal como lo percibe la población, cuyo carácter es el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y humanos¹¹.

El paisaje superficial este compuesto por grandes extensiones de mar en diferentes tonos a causa de la profundidad y el tipo de fondo, y la presencia de la línea de costa del continente (se aprecia desde Punta Sam hasta la zona hotelera de Cancún) e Isla Mujeres (figura 25)



Figura 25. Imágenes representativas del paisaje en la superficie marina. Se puede apreciar la línea de playa de Puerto Juárez, Zona Hotelera e Isla Mujeres.

IV.2.7.1 Visibilidad

El paisaje marino se compone de dos componentes, el superficial y el submarino. El paisaje superficial está conformado por una gran extensión de mar y la presencia de embarcaciones que prestan servicios turísticos en la zona del proyecto o la utilizan como zona de paso hacia otros destinos. El paisaje submarino está conformado, principalmente, por grandes extensiones de VAS compuesta en su mayoría de pastos, pequeños parches de arena y la presencia de cuatro estructuras de concreto que son atractivo turístico en la zona. La presencia de las estructuras, con altura máxima de 52 centímetro, no representará ningún obstáculo o cambio drástico en la visibilidad del paisaje marino (figura 26).

¹¹ Consejo de Europa. Convenio Europeo del Paisaje. 20 de octubre de 2000. Florencia, España. Disponible en <http://www.cidce.org/pdf/Convenio%20Paisaje.pdf>.



Figura 26. Imágenes representativas del paisaje superficial (inferior izquierdo) y paisaje submarino. Destaca la presencia esculturas de concreto en la zona marina adyacente al sitio del proyecto de arrecifes artificiales.

IV.2.7.2 Calidad paisajística

La calidad visual se refiere exclusivamente a una característica intrínseca del territorio¹². Para la evaluación de la calidad visual de un paisaje existen diferentes métodos, pero se propone que acorde con las características visuales básicas, sea el modelo de Rojas y Kong (1998) el que se utilice para el estudio ya que analiza y valoriza componentes específicos del paisaje resultando en una calidad visual objetiva¹³.

Por tal motivo se utilizó del modelo de Rojas y Kong (1998), modificado para separar un analizar de forma independiente los factores que conforman el paisaje marino (biótico, abiótico, estético y humano) (tabla 8).

Tabla 8. Análisis de los componentes del paisaje marino utilizando el modelo de Rojas y Kong modificado.

FACTOR	CARACTERÍSTICA	VALORES	VALOR OTORGADO
Densidad de vegetación	Sin VAS	1	3
	VAS perturbada	2	
	VAS nativa	3	
Diversidad de vegetación	Alta	3	2
	Media	2	
	Baja	1	
Batimetría	Plano	1	1
	Medio	2	
	Abrupto	3	

¹² Consejería de infraestructura, territorio y medio ambiente (2012), Guía metodológica: estudio de paisaje. Generalitat Valenciana (294). 172.

¹³ SERNATUR. Turismo y Paisaje: Una aproximación al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Disponible en <http://munitur.cl/sitio/upload/490/TURISMO-Y-PAISAJE-UNAAPROXIMACION-AL-SEIA-2008.pdf>. Consultado el 25 de enero del 2013

FACTOR	CARACTERÍSTICA	VALORES	VALOR OTORGADO
Fauna	Alta	3	2
	Media	2	
	Baja	1	
Singularidad	Singular notable	3	2
	De importancia, pero habitual común	2	
		1	
Fondo escénico	Alto	3	2
	Medio	2	
	Bajo	1	
Formas de agua	Alta importancia	3	3
	Sin jerarquía visual	2	
	Ausente	1	
Acción antrópica	Baja	3	1
	Media	2	
	Alta	1	
Variabilidad cromática	Baja	1	2
	Media	2	
	Alta	3	
Resultado	Alta	>21.1	18
	Media	11.1-21	
	Baja	<11	

Como se puede apreciar en el análisis, el paisaje marino presenta cierto grado de perturbación a causa de diferentes actividades náutico-recreativas. Sin embargo, mantiene la calidad paisajística la cual se puede ver incrementada por la presencia de los arrecifes artificiales que permitirán la agregación de especies de flora y fauna, incrementando la diversidad de flora y fauna.

IV.2.7.3 Fragilidad

Se define la fragilidad visual como la susceptibilidad de un paisaje al cambio cuando se desarrolla un uso sobre él¹⁴. Expresa el grado de deterioro que el paisaje experimentaría ante la incidencia de determinadas actuaciones; es similar a vulnerabilidad visual (herir, perjudicar) y es opuesto a capacidad de absorción visual, que es la actitud que tiene un paisaje de absorber visualmente modificaciones o alteraciones sin deterioro (daño, perjuicio) de su calidad visual¹⁵.

Para analizar este parámetro se utilizó el método de Rojas y Kong (1998) adaptado al medio marino (tabla 9).

¹⁴ Irastorza, P. (2006), Integración de la ecología del paisaje en la planificación territorial. Aplicación a la comunidad de Madrid. Tesis Doctoral: Madrid

¹⁵ García-Vázquez, F. 2013. Viabilidad del método de cuenca visual en las evaluaciones de impacto ambiental. Facultad de Ciencias Química. Universidad Veracruzana.

Tabla 9. Modelo de Rojas y Kong (1998) modificado para evaluar la fragilidad visual del paisaje submarino en la zona del proyecto.

FACTOR	CARACTERÍSTICA	VALORES	VALOR OTORGADO
Densidad de vegetación	Sin VAS	1	3
	VAS perturbada	2	
	VAS nativa	3	
Batimetría	Plano	1	1
	Medio	2	
	Abrupto	3	
Singularidad	Singular notable	3	2
	De importancia, pero habitual común	2	
	común	1	
Complejidad	Simple	3	1
	Medio	2	
	Complejo	1	
Accesibilidad visual	Baja	1	1
	Media	2	
	Alta	3	
Resultado	Alta	>11.1	8
	Media	6.1-11	
	Baja	<6	

De acuerdo con el análisis el sitio presenta una fragilidad media con capacidad de absorción visual moderada, lo que nos indica que el paisaje o ciertos componentes tiene la capacidad de adaptarse a modificaciones. Sin embargo, con las acciones del proyecto es posible que la fragilidad del paisaje disminuya. Esto se debe a que la presencia de las estructuras Reef Ball modificará la topografía del fondo marino e incrementará la posibilidad de que diversas especies de flora y fauna se agreguen en el sitio ocasionando que la diversidad, y la belleza escénica del lugar, aumente.

IV.2.8 Medio socioeconómico

La información de este apartado fue tomada del INEGI, PMD Benito Juárez 2018-2021 y PDU Benito Juárez 2018-2030.

IV.2.8.1 Demografía

El municipio tiene una población de 911,503 habitantes según los resultados del Censo de Población y Vivienda de 2020 realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), de ese total, 334,945 son hombres y 326,231 son mujeres. La población es eminentemente urbana, pues el 96.4 % de ella vive en localidades que superan los 2,500 habitantes. El 11.9% de la población es hablante de alguna lengua indígena.

IV.2.8.2 Economía y empleo

La actividad principal en el municipio de Benito Juárez es el turismo. Sin embargo, en el último año hubo una disminución a causa de la pandemia del SARS COV-2 (COVID 19) que afecto a todos los destinos a nivel mundial. Para el estado de Quintana Roo se tuvo una tasa de desempleo de 8.21%.

La Tasa de Participación económica, por sexo en el Municipio de Benito Juárez arroja un total de 61.84% (población de 584 278), en el Estado de Quintana Roo se puede ver que la participación es de 59.0% (1 170 709 población), y en la nacional se obtiene un porcentaje 50.26% (93 506 107 población), demostrando el mayor porcentaje de participación económica en el sexo masculino con un porcentaje de 78.51% en el municipio de Benito Juárez, donde se puede observar que se encuentra por arriba de la nacional.

IV.2.8.3 Educación

En el municipio de Benito Juárez el 85.46% de la población entre 3 a 14 años (159 664 personas) asistía a la escuela, mientras que 22.36% de la población entre 15 y 17 años y apenas 81.52% de la de 18 a 29 años no asiste. Si bien estos datos indican un abandono creciente de los estudios conforme el nivel de escolaridad es más alto, no se detectan cambios significativos en cuanto a la población de los datos estatales correspondientes, los cuales se sitúan por arriba en 86.91%, 76.27% y 17.20% de asistentes a la escuela en los respectivos rangos de edad

IV.2.9 Diagnóstico ambiental

El sistema ambiental del sitio del proyecto y su posible área de influencia se encuentran dentro de una zona modificada desde hace ya varios años. La construcción de hoteles y marinas y el incremento de embarcaciones turísticas han impactado de alguna manera sobre el ecosistema costero y marino.

Sin embargo, debido a las condiciones dinámicas de la zona marina, el ecosistema sumergido aún posee una buena calidad ambiental con presencia de grandes praderas de VAS sana y pequeñas colonias de coral que brindan refugio y alimentación a una gran variedad de flora y fauna.

La presencia de un arrecife artificial en el fondo marino arenoso modificará la topografía del área incrementando la complejidad del sitio y creando un lugar en donde diversas especies de peces pueden aglomerarse para obtener refugio y alimentación. Con el tiempo, el arrecife artificial se verá colonizado por larvas de corales que podrán desarrollarse hasta conformar un arrecife similar a los

que se encuentran en las costas del estado. Adicional a esto, el sitio podrá convertirse en un sitio atractivo para realizar actividades de submarinismo tales como buceo de apnea o SCUBA.

En términos generales, se define el ecosistema marino como un sitio en buen estado de conservación y que con la presencia del proyecto podrá incrementar la diversidad del sitio y las funciones ecosistémicas.

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

La introducción de estructuras de concreto en el fondo marino traerá consigo cambios en los componentes bióticos y abióticos en el sitio del proyecto y zona de influencia. Esto puede tener repercusiones temporales o permanentes, por lo que es necesario realizar un análisis de las actividades y los posibles efectos, positivos o negativos, que puedan tener sobre el ambiente.

El sitio del proyecto y zona aledaña presenta afectaciones debido a las actividades náuticas que se realizan desde hace ya muchos años.

V.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales

Para identificar las variables en las que podría haber un impacto por la presencia de las estructuras de concreto en el fondo marino se realizó un matriz de interacción híbrida en las cuales se combinan el análisis numérico de una matriz de Leopold y la apreciación visual de una matriz cromática. La información se basa con lo observado en el trabajo en campo y las actividades que se realizaran durante la construcción (inmersión de las estructuras) y operación del proyecto.

V.1.1 Indicadores de impacto

Se realizó un listado de las variables que posiblemente podrían recibir un impacto, positivo o negativo, por la realización del proyecto. Las variables fueron agrupadas en cinco categorías: FÍSICAS, QUÍMICAS, BIOLÓGICAS, SOCIALES Y ECONÓMICAS. Cada una de las variables fue considerada con base a información bibliográfica y el análisis realizado *in situ* durante la campaña en campo.

V.1.2 Lista indicativa de los indicadores de impacto

Para seleccionar las variables a considerar dentro del análisis se tomó en cuenta que éstas sean: relevantes, objetivos, mensurables, ubicables y excluyentes. Posteriormente, a cada variable se le asignó un color dependiendo del posible impacto que recibirá; los colores hacen referencia a los de un semáforo (tabla 10)

Tabla 10. Relación de la asignación de colores dependiendo del impacto sobre la variable.

	Sin impacto sobre la variable
	Impacto bajo sobre la variable
	Impacto alto (+ o -) sobre la variable

Se identificaron 39 variables principales divididas dentro de las categorías antes mencionadas y se les asignó un color, lo cual nos permite ubicar cuales son las variables que requieren más atención (color rojo) debido a que son susceptibles de recibir impacto, positivo o negativo, durante las actividades del proyecto (tabla 11).

Tabla 11. Variables susceptibles de recibir un impacto por parte de las actividades del proyecto y asignación cromática.

FÍSICAS			BIOLÓGICAS		
1	Temperatura del agua	Green	22	Tipo de fondo	Red
2	pH	Green	23	Zooplancton abundancia	Green
3	Corrientes	Green	24	Zooplancton diversidad	Green
4	Oleaje	Green	25	Fitoplancton abundancia	Green
5	Viento	Green	26	Fitoplancton diversidad	Green
6	Marea	Green	27	Macrofauna abundancia	Red
7	Salinidad	Green	28	Macrofauna diversidad	Red
8	Granulometría	Yellow	29	Macrofitas abundancia	Red
9	Sólidos Disueltos	Green	30	Macrofitas diversidad	Red
10	Sólidos Sedimentables	Yellow	31	Ictiofauna abundancia	Red
11	Turbidez	Yellow	32	Ictiofauna diversidad	Red
12	Línea de costa	Green	33	Colonización larvaria	Red
13	Batimetría	Red	SOCIALES		
QUÍMICAS			34	Generación de empleos	Yellow
14	Oxígeno Disuelto	Green	35	Paisaje	Yellow
15	Materia Orgánica	Green	36	Modo de vida	Green
16	Nutrientes	Green	37	Densidad de población	Green
17	Conductividad	Green	38	Salud y seguridad	Green
18	Hidrocarburos en columna de agua	Yellow	ECONÓMICAS		
19	Hidrocarburos en sedimentos marinos	Yellow	39	Pesquerías	Red
20	Materia orgánica en sedimentos	Green	40	Actividades recreativas	Red
21	Emisiones a la atmósfera	Yellow			

Como se puede apreciar en la tabla anterior, las variables que mayor impacto recibirán son las biológicas. Sin embargo, es necesario determinar el tipo de impacto, positivo o negativo, que recibirán. Para esto se consideran las etapas del proyecto y su posible afectación general sobre las variables (tabla 12).

Como se menciona en el Capítulo II, el proyecto generará impacto durante la actividad de construcción del arrecife (transporte marino y vertimiento) y durante su operación (instalación de la perla).

Tabla 12. Descripción de los impactos que recibirán las variables consideradas.

FÍSICAS		
1.	Temperatura del agua	Los materiales utilizados para la fabricación de las estructuras Reef Ball no contienen compuestos que puedan alterar o modificar los valores de temperatura del agua marina.
2.	pH	
3.	Corrientes	El diseño de las estructuras, así como los agujeros interconectados permite el libre paso de las corrientes marinas sin modificar su dirección o intensidad.
4.	Oleaje	Debido a la profundidad en la que serán colocadas, el arrecife artificial no tendrá efecto sobre la generación o disminución del oleaje en la zona.
5.	Viento	No existe efecto alguno sobre la dirección o intensidad de los vientos.
6.	Marea	No habrá cambios en las mareas a causa del arrecife artificial.
7.	Salinidad	Los componentes de las estructuras no afectarán los valores de esta variable.
8.	Granulometría	Es posible que existan cambios en las características del sedimento que queden dentro de las estructuras.
9.	Sólidos Disueltos	Las estructuras no desprenden sedimentos a la columna de agua. No habrá cambios en esta variable.
10.	Sólidos Sedimentables	Debido al asentamiento de las estructuras es posible que haya una pequeña suspensión de sedimentos y un incremento en la turbidez del agua.
11.	Turbidez	
12.	Línea de costa	Debido a la profundidad a la que serán colocadas y la distancia de la orilla, no habrá efectos de pérdida o ganancia en la línea de costa
13.	Batimetría	La profundidad será reducida en máximo 1 m debido a la presencia del arrecife artificial.
QUÍMICAS		
14.	Oxígeno Disuelto	La presencia de las estructuras no generará cambios en esta variable.
15.	Materia Orgánica	No habrá cambios a causa del arrecife artificial.
16.	Nutrientes	No se utiliza material orgánico en la fabricación de las estructuras que pueda alterar el valor de los nutrientes en la zona
17.	Conductividad	No habrá cambios en la variable.
18.	Hidrocarburos en columna de agua	No se utilizan hidrocarburos dentro de los componentes de la estructura por lo que no se espera que haya acumulación en ninguno de los dos sitios.
19.	Hidrocarburos en sedimentos marinos	
20.	Materia orgánica en sedimentos	Las estructuras no contienen materia orgánica, por lo tanto, no existirá acumulación de materia orgánica en el sitio.

21.	Emisiones a la atmósfera	El uso de vehículos con motor fuera de borda para el traslado marino podría generar un impacto en esta variable.
BIOLÓGICAS		
22.	Tipo de fondo	El fondo cambiará de ser totalmente arenoso y plano a un fondo con formaciones rocosas y con modificaciones en la topografía
23.	Zooplancton abundancia	No habrá efectos en ninguna de las comunidades de plancton (fito o zoo).
24.	Zooplancton diversidad	
25.	Fitoplancton abundancia	
26.	Fitoplancton diversidad	
27.	Macrofauna abundancia	
28.	Macrofauna diversidad	Con la presencia del arrecife artificial se creará un sustrato apto de ser colonizado por diferentes especies de flora y fauna, así como por pequeñas larvas de corales. Esto ocasionará cambios en la diversidad y abundancia en el sitio del arrecife específicamente.
29.	Macrofitas abundancia	
30.	Macrofitas diversidad	
31.	Ictiofauna abundancia	
32.	Ictiofauna diversidad	
33.	Colonización larvaria	
SOCIALES		
34.	Generación de empleos	La colocación de las estructuras en el fondo marino requerirá de renta de embarcaciones y contratación de buzos.
35.	Paisaje	El paisaje marino se verá afectado por la presencia del arrecife artificial.
36.	Modo de vida	No habrá impacto sobre el modo de vida de la gente de la costa a causa del arrecife artificial.
37.	Densidad de población	No se considera un incremento en la población de las poblaciones cercanas provocado por la ejecución del proyecto
38.	Salud y seguridad	No habrá impactos sobre esta variable.
ECONÓMICAS		
39.	Pesquerías	Es posible un incremento en las comunidades de especies de importancia pesquera.
40.	Actividades recreativas	El arrecife artificial podría convertirse en un sitio de atractivo turístico en la zona.

V.1.3 Criterios y metodología de evaluación

Para analizar el tipo de impacto sobre las variables se elaboró una lista de las actividades, que se realizarán dentro del proyecto, y se describieron (tabla 13). Como se mencionó en el capítulo II, se considera como construcción al traslado y colocación de las estructuras en el fondo marino. La elaboración de las estructuras en sí mismas es responsabilidad del proveedor, quien es concesionario de la REEF BALL en México y cuenta con todos los permisos para realizar dicha actividad.

Tabla 13. Descripción de las actividades que se realizarán en el proyecto.

ETAPA	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
CONSTRUCCIÓN DEL ARRECIFE	Transporte terrestre	Una vez adquiridas las estructuras, estas serán almacenadas en las instalaciones de Capillas Señoriales Cancún. Desde ahí será necesario trasladarlas hasta el sitio de embarque para su traslado marino.
	Transporte marino	Para ser llevadas desde la playa hasta el sitio de vertimiento se requerirá de embarcaciones con motor fuera de borda.
	Vertimiento	Será necesario anclar la embarcación para realizar las actividades de descenso y asentamiento en el fondo marino.
OPERACIÓN	Transporte de personal	Se requerirá de embarcaciones con motor fuera de borda para el traslado de pasajeros y personal
	Colocación de la placa y/o perla	Inmersión de buzos con el material necesario para la fijación de las placas conmemorativas y la colocación de la perla. Las lanchas con pasajeros permanecerán ancladas en el sitio mientras se realizan las actividades

Cuando se termine la personalización de las 1800 estructuras, el sitio declarará en abandono de proyecto y no el promovente no realizará modificaciones o mantenimiento a las mismas.

V.1.3.1 Criterios

Los criterios de evaluación se establecieron considerando la cualidad y tipo del impacto, su duración, influencia y reversibilidad (tabla 14).

Tabla 14. Criterios definidos para evaluar el impacto del proyecto sobre el ambiente.

CUALIDAD DEL IMPACTO		
	Impacto nulo	
	Impacto medio	
	Impacto alto	
TIPO DE IMPACTO		
+	Positivo	
-	Negativo	
	Neutro	
DURACIÓN		VALOR
CP	corto plazo	0.25
MP	mediano plazo	0.50
LP	largo plazo	0.75
KD	Permanente	1.00
INFLUENCIA DEL IMPACTO		VALOR
P	Puntual	0.33
L	Local	0.66
R	Regional	1.00
REVERSIBILIDAD DEL IMPACTO		
IR	Irreversible	
RR	Reversible	

V.1.3.2 Metodologías de evaluación y justificación de la metodología seleccionada

Tomando como base las 19 variables que reciben afectación y las actividades del proyecto, se elaboró una matriz de interacción para determinar el nivel del impacto, positivo o negativo (tabla 15).

Tabla 15. Matriz híbrida para identificar los impactos en el medio marino a causa de la elaboración del proyecto.

MEDIO	COMPONENTE	VARIABLE	ETAPA DEL PROYECTO					
			CONSTRUCCIÓN			OPERACIÓN		
			Transporte terrestre	Transporte marino	Vertimiento	Transporte de personal	Colocación de la placa y/o perla	
FÍSICOS Y QUÍMICOS	SUELO	Batimetría			(-) P LP RR			
		Hidrocarburos		(-) P CP RR	(-) P CP RR	(-) P CP RR	(-) P CP RR	
		Tipo de fondo			(-) P LP RR			
		Granulometría			(-) P LP RR			
	AGUA	Hidrocarburos		(-) P CP RR	(-) P CP RR	(-) P CP RR	(-) P CP RR	
		Sólidos sedimentables			(-) P CP RR		(-) P CP RR	
		Turbidez			(-) P CP RR		(-) P CP RR	
	AIRE	Emisiones	(-) P CP RR	(-) P CP RR	(-) P CP RR	(-) P CP RR	(-) P CP RR	
	BIOLÓGICO	FLORA	Diversidad					
			Abundancia					
FAUNA		Diversidad						
		Abundancia						
		Ictiofauna Diversidad						
		Ictiofauna Abundancia						
		Colonización larvaria						
SOCIAL	Generación de empleo	(+) P CP RR	(+) P CP RR	(+) P CP RR	(+) P CP RR	(+) P CP RR		
	Paisaje			(+) P LP RR				
ECONÓMICO	Pesquerías			(+) P LP RR				
	Actividades recreativas			(+) P LP RR				

Como se puede apreciar en la tabla anterior, el impacto en el medio se da de manera puntual, es decir, únicamente en el sitio donde se desarrolla la actividad; en un plazo de corta duración y con la posibilidad de que dicho impacto sea revertido.

Al sustituir por valores numéricos se obtiene la siguiente matriz (tabla 16):

Tabla 16. Valoración numérica de los impactos al ambiente para cada una de las actividades del proyecto.

MEDIO	COMPONENTE	VARIABLE	ETAPA DEL PROYECTO					
			CONSTRUCCIÓN			OPERACIÓN		
			Transporte terrestre	Transporte marino	Vertimiento	Transporte de personal	Colocación de la placa y/o perla	
FÍSICOS Y QUÍMICOS	SUELO	Batimetría			1.33			1.33
		Hidrocarburos	-0.58					-0.58
		Tipo de fondo			-1.33			-1.33
		Granulometría			-1.08			-0.108
	AGUA	Hidrocarburos		-0.58	-0.58	-0.58	-0.58	-2.32
		Sólidos sedimentables			-0.58		-0.58	-1.16
		Turbidez			-0.58		-0.58	-1.16
AIRE	Emisiones	-0.58	-0.58	-0.58	-0.58	-0.58	-2.9	
BIOLÓGICO	FLORA	Diversidad						
		Abundancia						
	FAUNA	Diversidad						
		Abundancia						
		Ictiofauna Diversidad						
		Ictiofauna Abundancia						
Colonización larvaria								
SOCIAL	Generación de empleo	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	5.4	
	Paisaje			1.33			1.33	
ECONÓMICO	Pesquerías			1.33			1.33	
	Actividades recreativas			1.33			1.33	
TOTAL			-0.08	-0.08	0.34	-0.08	-1.24	1.16

De acuerdo con el análisis, el impacto se da en los medios físico, químico, social y económico, estos últimos de tipo positivo. El medio biológico recibe otro tipo de impacto que será analizado más adelante. Uno de los puntos importantes a destacar es que todos los impactos son reversibles, es decir, que pueden eliminarse en cualquier momento.

El impacto que se genera en la batimetría, cambios en la profundidad, se considera neutro debido a que no influye de manera negativa dentro del medio natural.

La variable que mayor impacto negativo recibe durante todo el proyecto es el aire por las emisiones de los motores de combustión interna hacia la atmósfera. Esto se debe que es trasladar tanto a las estructuras como al personal y pasajeros hacia el sitio de vertimiento. Sin embargo, el impacto es puntual y sin mucha duración, es decir, que este se detiene en el momento en el que se termina de usar cualquier vehículo, además de ser reversible.

Desde el punto de vista social y económico existen impactos positivos que pueden traer muchos beneficios a corto plazo o incluso de modo permanente. Para la construcción del arrecife se crearán empleos temporales como consecuencia de la renta de embarcaciones y la contratación de personal que ayude en la inmersión de las estructuras. Del mismo modo, la presencia del arrecife funcionará como un criadero de especies de importancia económica que al migrar a sitios más profundos pueden ser aprovechados de por los pescadores de la localidad de Puerto Juárez e incluso Isla Mujeres. Adicionalmente, el arrecife mejorará el paisaje marino y permitirá la agregación de diferentes especies de peces que incrementarán la belleza escénica del sitio, haciéndolo apto para realizar actividades turísticas características de la zona.

Dentro de las actividades, el vertimiento, que incluye la colocación de las estructuras en el fondo marino, es la que genera mayor impacto al ambiente debido al uso de motores fuera de borda y a la remoción de sedimento en el fondo del mar. Sin embargo, también es la que genera mayor impactos positivos, principalmente sociales y económicos, con la creación de empleos y el efecto posterior que tendrá en las pesquerías, actividades recreativas y mejoramiento del paisaje submarino.

En el medio biológico se presentarán **impactos positivos y permanentes**. La presencia de estructuras limpias, aptas de ser colonizadas por pequeñas larvas, quetognatos, microalgas, algas filamentosas, esponjas incrustantes, entre otros, permitirá el aglomeramiento de diferentes especies de fauna, principalmente peces, que ocupará el sitio para resguardarse, alimentarse e

incluso reproducirse¹⁶. Esto ocasionará que la diversidad de flora y fauna se incremente, incluyendo el crecimiento de colonias de corales duros que logren colonizar la estructura.

En conclusión, la construcción de un arrecife artificial en un fondo arenoso cercano a la costa generará un cambio positivo en las variables biológicas, sociales y económicas, a cambio de un impacto negativo mínimo.

¹⁶ Ferreira, M. Colás-Marrufo, T.E. Tuz-Sulub, A. Pérez-Díaz, Ferreira, M. Colás-Marrufo, T.E. Tuz-Sulub, A. Pérez-Díaz, E. Rénan, X. Brulé, T. E. Rénan, X. Brulé, T. 2005. Evaluación Preliminar de la Colonización de Refugios Artificiales por Peces en Punta Palmar Yucatán, México. 56th Gulf and Caribbean Fisheries Institute. 487-503.

VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.

La mitigación hace referencia a la implementación, diseño y/o ejecución de cualquier política, estrategia, obra y/o acción tendiente a eliminar, atenuar, minimizar, o disminuir los impactos adversos o negativos que pueden presentarse durante las etapas de ejecución de un proyecto (preparación de sitio, construcción y operación y mantenimiento) y mejorar la calidad ambiental aprovechando las oportunidades existentes. Incluso la mitigación puede reponer uno o más de los factores o elementos del medio ambiente a una calidad similar a la que tenían con anterioridad al daño causado por la implementación de un proyecto cualquiera.

VI.1 Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental

De acuerdo con el análisis realizado, y considerando la naturaleza del proyecto, el impacto que recibirá el ecosistema marino por la presencia del arrecife artificial tiene más efectos positivos que negativos. Sin embargo, es necesario tomar medidas para prevenir y mitigar los efectos negativos que se tienen. Por tal motivo, y con base en la legislación ambiental vigente, se llevarán a cabo acciones que eviten o disminuyan tales efectos (tabla 17).

Al momento de realizar las actividades en la zona marina, se señalizará con boyas inflables de polyform color naranja de 148 cm de circunferencia para delimitar el área de trabajo y evitar cualquier accidente.

Tabla 17. Relación del posible impacto que se dará en el medio marino y las medidas de prevención que se aplicarán

COMPONENTES AMBIENTALES		IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS PREVENTIVAS
Suelo	Batimetría	Cambio en la profundidad del sitio	Se utilizarán estructuras con una altura máxima de 52 cm, permitiendo que haya una distancia de más de 2 metros hacia la superficie.
	Tipo de fondo	Colocación sobre flora o fauna presente	No habrá afectaciones en el fondo marino debido a la ausencia de vegetación y fauna. Sin embargo, el descenso controlado, auxiliado por boyas y cuerdas, y dirigido por buzos permitirá verificar esto antes del asentamiento.

COMPONENTES AMBIENTALES	IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS PREVENTIVAS	
Aire	Hidrocarburos	Emisiones por uso de vehículos motorizados	Se verificará que los vehículos utilizados para el traslado de las estructuras cumplan con lo establecido en la NOM-041-SEMARNAT-2006 y NOM-080-SEMARNAT-1994. Con relación a los motores fuera de borda, se utilizarán motores de cuatro tiempos. Este tipo de motores no utiliza aceite mezclado con la gasolina y emite menos gases a la atmósfera.
	Hidrocarburos	Uso de embarcaciones con motor fuera de borda	Se utilizarán motores de cuatro tiempos, también llamados ecológicos. No se permitirá el trasiego de combustible en la zona marina.
Agua	Sólidos sedimentables	Suspensión de arena asentamiento de las estructuras	El descenso se realizará de manera controlada, auxiliada con cuerdas y boyas de levante para disminuir la cantidad de sedimento que se suspenda.
	Turbidez	Suspensión de sedimentos por colocación de estructuras	La arena suspendida a causa del asentamiento de las estructuras sedimentará al suspender o concluir la actividad.

Es importante mencionar que durante todo el proyecto no se permitirá la manipulación, colecta o cacería de ningún organismo de flora o fauna.

VI.2 Seguimiento y control (monitoreo)

Desde este punto de vista y tomando las decisiones político-administrativas adecuadas, para dar solución a los problemas ambientales se requiere la aplicación de diversas acciones tecnológicas, político-administrativas y legislativas, entre otras. Dichas acciones deben tener un programa integral de seguimiento elaborado con base en los resultados del análisis riguroso de la situación ambiental¹⁷. En éste se revela la complejidad de la problemática mencionada, ya que incluye las caracterizaciones sectoriales de los medios involucrados y un diagnóstico sistémico del desarrollo histórico del proceso de deterioro ambiental. Requiere además una red de monitoreo ambiental

¹⁷UNDP (2005), *Integrated Water Resources Management Plans: Training Manual and Operational Guide*, Cap-Nat, Global Water Partnership.

funcional que proporcione datos duros de soporte, suficientes y confiables, sobre las observaciones de las características del clima, el agua y el suelo.¹⁸

Con base en lo anterior, se propone realizar una caracterización completa inmediatamente se termine la colocación de las estructuras para generar información base (punto cero) del ecosistema. En la caracterización se incluyen los aspectos físicos, químicos y biológicos del arrecife artificial y un punto cercano para poder tener un sitio de comparación. Se colectará información sobre parámetros hidrológico (salinidad, temperatura, pH, oxígeno disuelto, turbidez, entre otras) y diversidad y abundancia de flora y fauna que utilizan el arrecife.

El programa de monitoreo tendrá una duración de 18 meses, por periodos mensuales, tiempo suficiente para determinar el desarrollo del arrecife.

VI.3 Información necesaria para la fijación de montos de fianza

Se considera una inversión con un tope presupuestal de 1.7 millones de pesos, los cuales serán utilizados para la gestión de permisos, adquisición de estructuras y gastos de colocación.

¹⁸ Perevochtchikova, María. (2009). La situación actual del sistema de monitoreo ambiental en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. *Estudios demográficos y urbanos*, 24(3), 513-547. <https://doi.org/10.24201/edu.v24i3.1327>

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

VII.1 Pronóstico del escenario

VII.1.1 Descripción y análisis del escenario sin proyecto

El fondo marino del sitio donde se desarrollará el proyecto está conformado por grandes extensiones de arena desprovisto de vegetación o con ligeros brotes de algas verdes o pastos (figura 27).

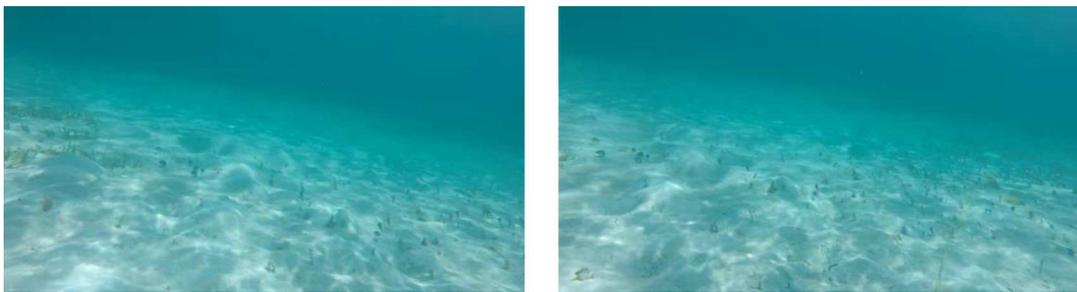


Figura 27. Imágenes representativas del paisaje marino en el sitio del proyecto.

El ecosistema marino sin la presencia del arrecife artificial permanecerá como un arenal sin cambios abruptos en su topografía y que, posiblemente, con el tiempo pueda cubrirse con VAS.

VII.1.2 Descripción y análisis del escenario con el proyecto

La presencia de las estructuras de concreto en el fondo arenoso modificará la topografía del sitio, incrementará la complejidad del paisaje con oquedades que permitan que diferentes especies de peces, crustáceos, equinodermos, entre otros, lo ocupen como resguardo. Esto incrementará la diversidad y abundancia de organismos en el sitio (figura 28).

Con base en estudios realizados¹⁹ se ha logrado identificar un proceso de sucesión en la colonización de las estructuras. Los organismos pioneros son los peces, seguido por otros organismos como crustáceos, moluscos, y equinodermos. Posteriormente, se puede apreciar, dependiendo de la zona, un crecimiento de algas o esponjas adheridas a la estructura. Finalmente, la estructura se colonizará con larvas de corales que con el tiempo conformarán colonias.

¹⁹ Valdez-iuit, J., D. Arceo, L. Alcantara y A. Tuz. 2018. Evaluación de la comunidad de peces que colonizan dos diferentes tipos de arrecife artificial en la costa de Yucatán, México. Congreso Nacional de Ictiología. Mérida, Yucatán.



Figura 28. Imagen de estructuras Reef Ball colonizadas por diferentes especies de corales escleractinios. Tomado de www.reefball.org

VII.2 Pronóstico ambiental

Con base a la experiencia de proyectos anteriores, la influencia del arrecife artificial se da de modo puntual, es decir, que no hay afectaciones, positivas o negativas, fuera de los límites del mismo. Las actividades para la construcción del arrecife y su posterior modificación por la adición de las perlas conmemorativas no generarán un impacto significativo al ambiente. Caso contrario, los beneficios por el incremento de la biodiversidad de flora y fauna marina coadyuvaran a la preservación y conservación de las especies.

VII.3 Programa de vigilancia ambiental

El Plan o Programa de Vigilancia Ambiental será el instrumento que establecerá los lineamientos generales para lograr una implantación del Proyecto acorde con la protección del medio ambiente.

Un Plan de Vigilancia Ambiental comprende tres objetivos generales²⁰:

- Determinación de afectaciones reales.
- Seguimiento de los trabajos de construcción.
- Vigilancia del cumplimiento de las medidas de mitigación propuestas.

²⁰ Estevan B., M. T. 1999. Sistema y procedimiento técnico secuencial en los estudios de impacto ambiental. Pp. 225-253 en: Master en evaluación de impacto ambiental. Instituto de Investigaciones Ecológicas, Málaga España, 398 pp.

Con base en lo anterior se realizarán 3 sencillas actividades que garantizarán que no exista impacto por parte del proyecto en ninguna de sus etapas (tabla 18).

Tabla 18. Programa de vigilancia ambiental para el proyecto de arrecife artificial.

Procedimiento	Periodicidad	Forma de comprobar	Indicador de éxito
Revisión de que los vehículos no despidan emisiones excesivas.	Cada que se requiera transportar estructuras o personal	Bitácora y evidencia fotográfica	Aire sin presencia de humo
Verificación de que los buzos no extraigan flora o fauna	Cada que se realicen inmersiones	Bitácora y evidencia fotográfica	Ausencia de organismos en las embarcaciones
Verificación de que no se arrojen residuos líquidos o sólidos al mar.	Cada que se preste un servicio o se realicen actividades en el mar	Evidencia fotográfica	Embarcaciones limpias y mar sin presencia de residuos.
Responsable	Supervisor de obra		

VII.4 Conclusiones

El municipio de Benito Juárez (Cancún) es uno de los destinos turísticos preferidos en el Estado de Quintana Roo, tanto por turistas nacionales como extranjeros.

El objetivo del proyecto es conformar un arrecife artificial que coadyuve a la preservación y conservación de la flora y fauna del sitio, al tiempo que se presta un servicio innovador para conmemorar la pérdida de un ser querido.

El sitio donde se realizará el proyecto es un área marina que sirve como paso a embarcaciones que prestan servicios de paseos turísticos hacia Isla Mujeres, Isla Contoy o el tiburón ballena, por lo que ya existe un impacto causado por diversas actividades que no generan ningún beneficio al ambiente marino y donde la presencia del arrecife artificial ayudará a conservar y preservar el ecosistema marino.

El arrecife artificial será construido en una zona de arena con escasa o nula presencia de vegetación y fauna por lo que no causará efecto negativo sobre ninguna comunidad. Por el contrario, la presencia de las estructuras de concreto modificará la topografía y el paisaje marino proveyendo de

sitios para el resguardo de peces, crustáceos y otros organismos móviles y de superficie de asentamiento para organismos vágiles.

En cuestión de cumplimiento de la legislación ambiental local, regional y nacional, así como otros instrumentos de desarrollo, el proyecto no se contrapone con lo establecido en planes de manejo, ordenamientos, y otros instrumentos.

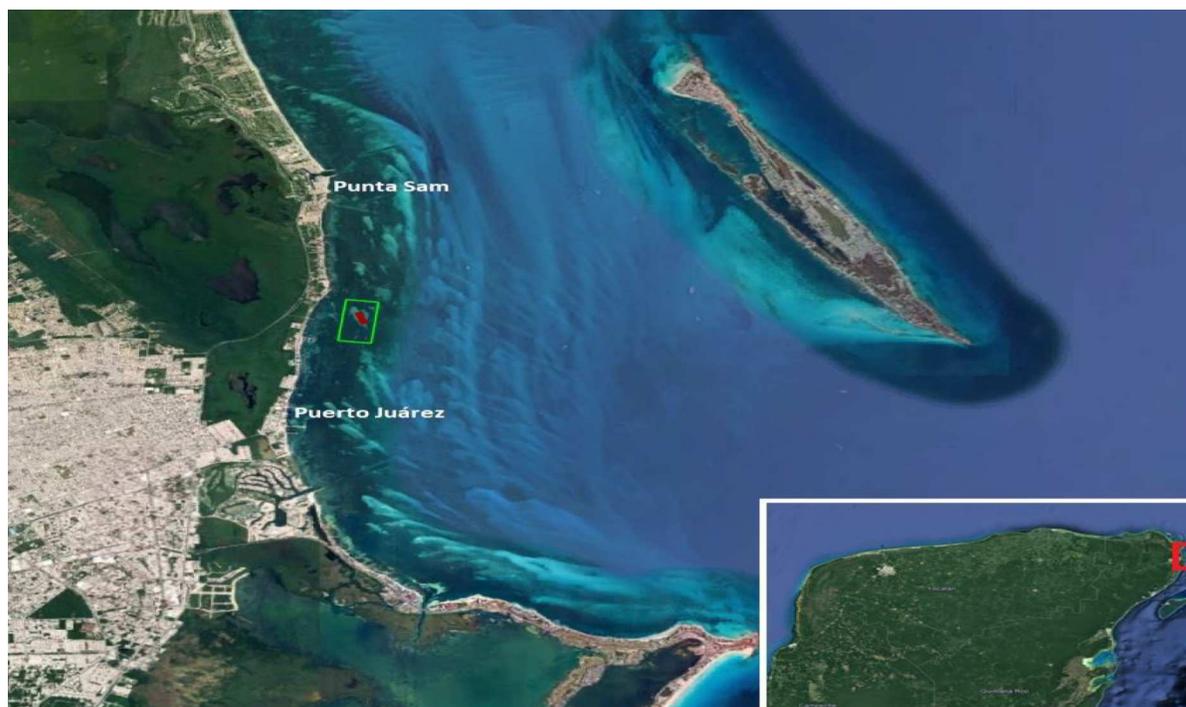
Por lo anterior, se concluye que el proyecto aquí expuesto es viable desde la perspectiva ambiental, permitiendo el desarrollo de la zona y minimizando los posibles impactos ambientales generados, con la adecuada ejecución de las medidas de prevención, mitigación y compensación que se plantean en el presente estudio.

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES.

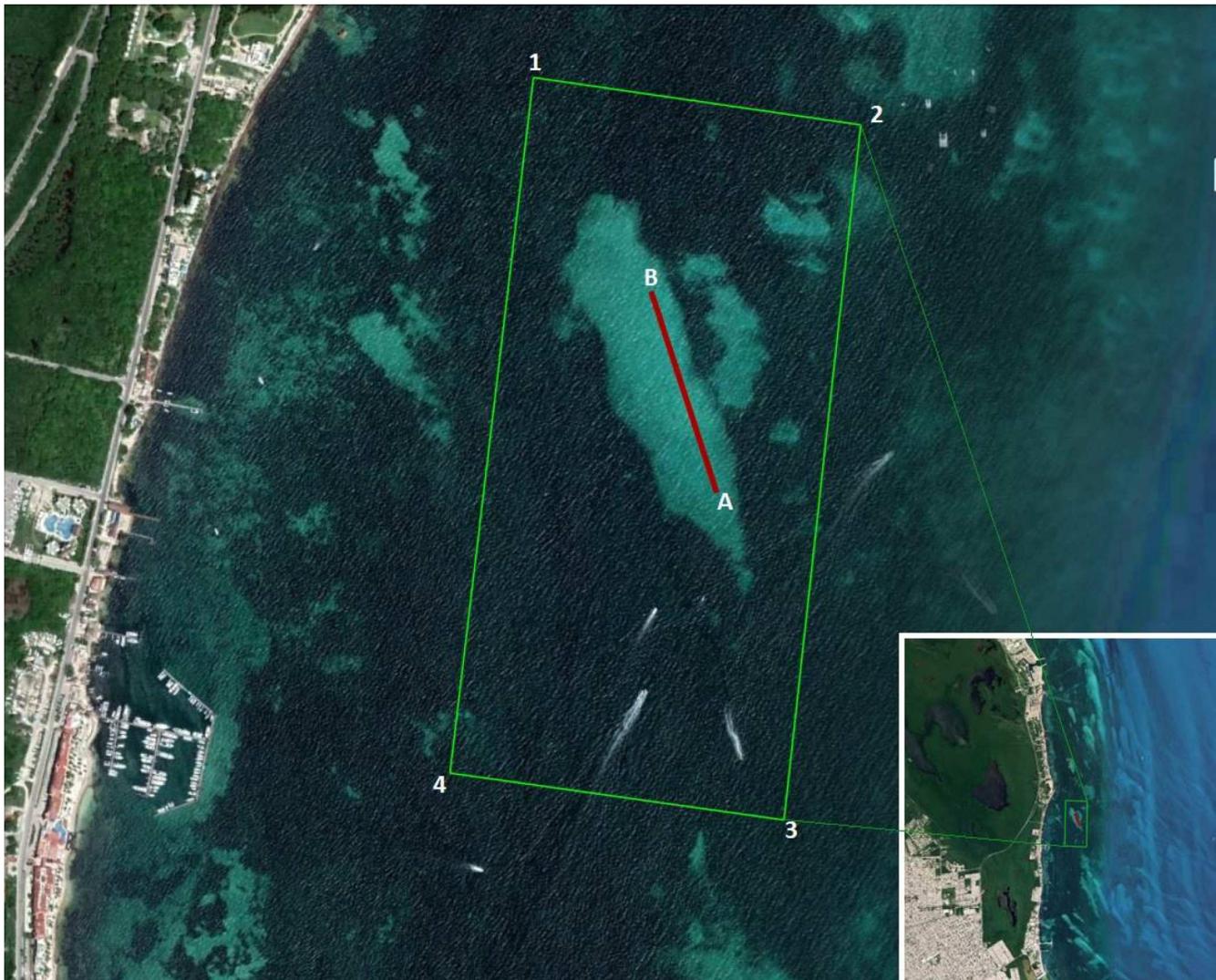
VIII.1 Formatos de presentación

VIII.1.1 Planos definitivos

Se incluyen planos de macro y microlocalización del área de estudio, área del proyecto y ubicación del arrecife dentro de



Macrolocalización del sitio del proyecto en la zona costera de Puerto Juárez, Quintana Roo.



Microlocalización del proyecto. La línea roja indica el inicio A y término B de la cordillera artificial.

VIII.1.2 Fotografías

Se presentan algunas imágenes representativas. Se entregarán fotos y videos en los CD's para evitar el uso innecesario de



Imágenes el paisaje superficial en donde se puede apreciar la costa continental. Izq. Punta Sam; Der. Zona hotel



Imágenes representativas del fondo marino a profundidad < 2 metros.



Imágenes representativas del paisaje marino a una profundidad >2 metros <5 metros.



Presencia de arrecifes artificiales de concreto en las zonas adyacentes al sitio del proyecto.



Imágenes representativas del sitio donde se construirá el arrecife artificial.

VIII.1.3 Videos

Se entregará como parte del contenido en los CD's.

VIII.1.4 Listas de flora y fauna

Los listados de flora y fauna se encuentran en las tablas 6 y 7 del capítulo VI.

VIII.2 Otros anexos

Se anexa la documentación oficial del Representante Legal y una carta poder a nombre del Sr. Wilbert de Jesús Oreza Pacheco quien será el responsable de realizar los trámites ante la SEMARNAT