

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL, MODALIDAD PARTICULAR

ARRECIFES ARTIFICIALES FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

Contenido

1.	<i>DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL RESPONSABLE DE LA OBRA O ACTIVIDAD Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO AMBIENTAL.....</i>	4
1.1.	PROYECTO	4
1.1.1.	Nombre del proyecto.....	4
1.1.2.	Ubicación del proyecto	4
1.1.3.	Tiempo de vida útil del proyecto	5
1.1.4.	Presentación de la documentación legal.....	6
1.2.	RESPONSABLE DE LA OBRA O ACTIVIDAD.....	6
1.2.1.	Nombre o Razón Social	6
1.2.2.	Registro Federal de Contribuyentes	6
1.2.3.	Nombre y cargo del representante legal	6
1.2.4.	Dirección del particular para recibir u oír notificaciones.....	6
1.3.	RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE DAÑO AMBIENTAL.	7
1.3.1.	Nombre o Razón social	7
1.3.2.	Registro Federal de contribuyentes.....	7
1.3.3.	Nombre del responsable técnico del estudio.	7
1.3.4.	Dirección del. responsable técnico del estudio	7
1.3.5.	Colaboradores en el estudio	7
2.	<i>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....</i>	8
2.1.	INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO	8
2.1.1.	Naturaleza del Proyecto	8

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

2.1.2.	Selección del sitio.	18
2.1.3.	Ubicación física del proyecto y planos de localización.	19
2.1.4.	Inversión requerida.....	20
2.1.5.	Dimensiones del proyecto.	20
2.1.6.	Uso actual del suelo, de la zona marina y sus colindancias.	21
2.1.7.	Urbanización del área y descripción de servicios requeridos.	21
2.2.	CARACTERÍSTICA PARTICULARES DEL PROYECTO.....	22
2.2.1.	Programa general de trabajo.....	22
2.2.2.	Preparación del sitio.	22
2.2.3.	Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto.	23
2.2.4.	Etapas de construcción y/o colocación.	23
2.2.5.	Etapas de operación y mantenimiento.	24
2.2.6.	Descripción de obras asociadas al proyecto.	24
2.2.7.	Etapas de abandono del sitio.	24
2.2.8.	Utilización de explosivos.....	25
2.2.9.	Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmosfera. ..	25
2.2.10.	Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos.	25
3.	VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y CON LA REGULACIÓN AMBIENTAL.	26
3.1.	CUMPLIMIENTO A LOS LINEAMIENTOS Y CRITERIOS ESTABLECIDOS EN LOS PLANES Y PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO, ESTATALES Y MUNICIPALES.	26
3.2.	ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y PROGRAMAS DE MANEJO.....	28
3.3.	REGIONES PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD.....	30
3.4.	CONCORDANCIA DE LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO CON LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS APLICABLES.	30

4.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.	31
4.1.	DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.	31
4.2.	CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL	32
4.2.1.	Aspectos abióticos.	35
4.2.2.	Aspectos bióticos	65
4.2.3.	Paisaje	75
4.2.4.	Medio socioeconómico.....	75
4.2.5.	Diagnostico Ambiental.....	82
5.	IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES 90	
5.1.	METODOLOGÍAS PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES.....	90
5.1.1.	Indicadores de impacto.	90
5.1.1.	Lista de indicadores de impacto ambiental.	91
5.1.2.	Criterios y metodologías de evaluación.....	94
5.2.	EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	96
5.2.1.	Valor de importancia de los impactos ambientales identificados	97
5.1.	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	109
6.	MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.....	111
6.1.	MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y CORRECTIVAS.	111
6.2.	IMPACTOS RESIDUALES.....	112
7.	PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	112
7.1.	PRONOSTICO DEL ESCENARIO.	112
7.2.	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL.....	113
7.3.	CONCLUSIONES.....	114
7.4.	LITERATURA CONSULTADA.-	115
7.5.	ANEXOS.-	116

1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL RESPONSABLE DE LA OBRA O ACTIVIDAD Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO AMBIENTAL.

1.1. PROYECTO

1.1.1. Nombre del proyecto

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS.

1.1.2. Ubicación del proyecto

El sitio donde se pretende llevar a cabo la colocación del arrecife artificial, es en la zona marina colindante con el hotel NH Puerto Morelos, El Hotel se ubica en el lote 1-01 en la manzana 20, supermanzana 03, Desarrollo El Cid de Cancún, Puerto Morelos, Municipio Benito Juárez, Quintana Roo, (Figura 1 y 2).



Figura 1. Localización de la playa colindante al hotel NH Puerto Morelos.

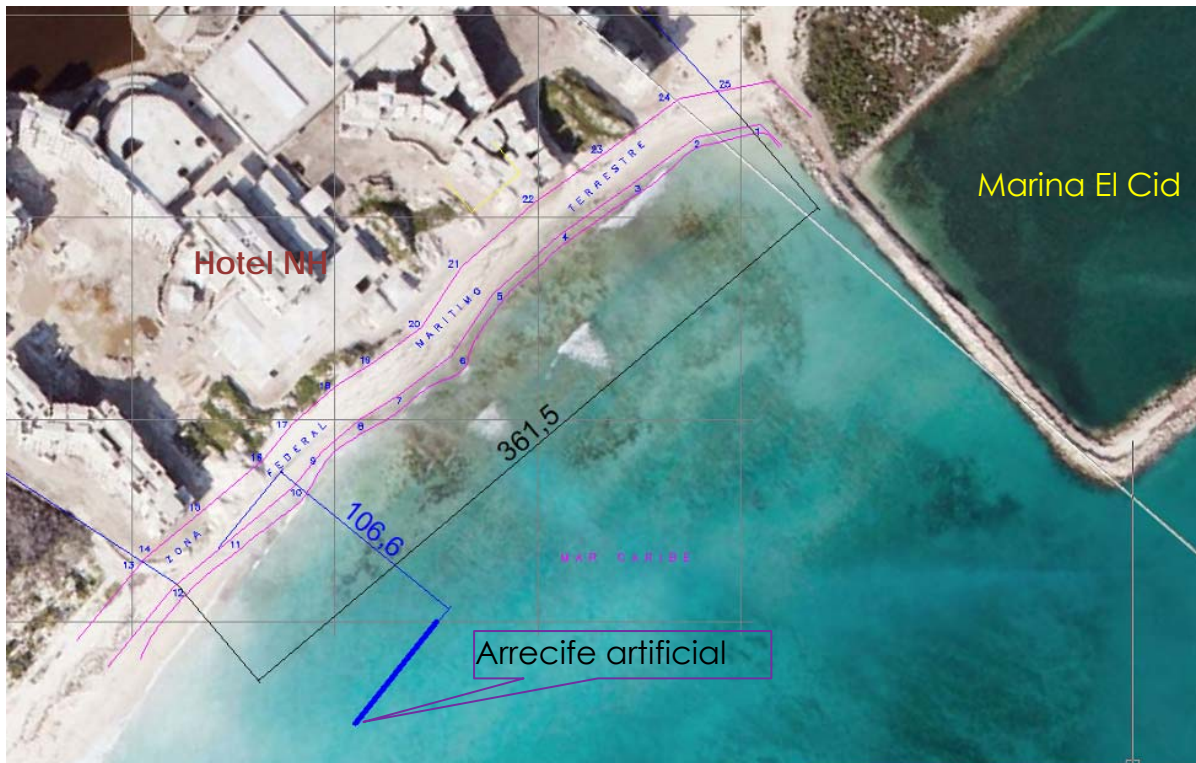


Figura 2. Ubicación del arrecife artificial (Fotografía aérea junio 2008).

La ubicación de los arrecifes modulares artificiales (AMA) se realizará en la zona marina frente al límite sur del Hotel NH Puerto Morelos, aproximadamente a 126 metros de la playa. (Se anexa plano con coordenadas de la zona federal marítimo terrestre y de la ubicación de las AMA, en datum WGS 84).

1.1.3. Tiempo de vida útil del proyecto

Los arrecifes artificiales serán una obra permanente, cuya vida útil depende de las condiciones meteorológicas, el objetivo es que se conforme una comunidad coralina, con las especies de flora y fauna asociadas. Las estructuras estarán tan sujetas a los embates de la naturaleza como el resto de los elementos marinos, incluyendo los arrecifes naturales.

1.1.4. Presentación de la documentación legal.

Se anexa copia de:

- * Poder notarial del representante legal.- Escritura pública no. 24,377, con fecha de 27 de noviembre del 2006.
- * Documento que acredita a Promociones Marina Morelos S.A. de C.V. ante la SEMARNAT, como propietaria del lote donde se ubica el Hotel NH Puerto Morelos.

1.2. RESPONSABLE DE LA OBRA O ACTIVIDAD.

1.2.1. Nombre o Razón Social

PROMOCIONES MARINA MORELOS S.A. de C.V.

1.2.2. Registro Federal de Contribuyentes

PMM 050209 QM6

1.2.3. Nombre y cargo del representante legal

Proteccion de Datos LFTAIPG

1.2.4. Dirección del particular para recibir u oír notificaciones.

Proteccion de Datos LFTAIPG

1.3. RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE DAÑO AMBIENTAL.

1.3.1. Nombre o Razón social

TUA PROYECTOS S.C.

1.3.2. Registro Federal de contribuyentes

TPR050804RS8

1.3.3. Nombre del responsable técnico del estudio.

Proteccion de Datos LFTAIPG

1.3.4. Dirección del responsable técnico del estudio

Proteccion de Datos LFTAIPG

1.3.5. Colaboradores en el estudio

Proteccion de Datos LFTAIPG

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

2.1.1. Naturaleza del Proyecto

La dinámica de playa frente al desarrollo hotelero NH en Puerto Morelos, Quintana Roo, (Figuras 1, 2 y 3) está determinada por los efectos de frontera rígida que representa la escollera sur de la Marina El Cid y su interacción con las corrientes y el oleaje bajo las diferentes condiciones océano-meteorológicas estacionales que se presentan en la zona, como son:

- * Condiciones medias reinantes de otoño-invierno. El frente de playa experimenta un proceso de erosión debido a que el transporte de sedimentos es hacia el sur, resultado del oleaje y corrientes dominantes en la zona. Es en esta estación cuando se presentan los “nortes” que generan los estados de oleaje más enérgicos.
- * Condiciones medias reinantes de primavera-verano. El frente playero experimenta un proceso de acumulación de arena ya que la tendencia del transporte de sedimentos se invierte con respecto al otoño-invierno, siendo normalmente hacia el norte.
- * Condiciones extraordinarias de ciclón tropical (eventualmente huracanes):
 - Dependiendo de la magnitud, persistencia, posición relativa y dirección de traslación este tipo de fenómenos origina oleajes y corrientes de gran magnitud, que en función de la disponibilidad de arena, los patrones de transporte de sedimentos pueden ser erosivos o acumulativos y provocar un cambio importante en la posición de la línea de costa en un lapso de tiempo muy corto.
 - En función de la amplitud de la marea meteorológica, dirección e intensidad de las corrientes y oleaje, se pueden ver afectadas las zonas de duna. Este tipo de fenómenos y sus efectos son muy dinámicos en virtud que el proceso de evolución varía en el tiempo dependiendo de las condiciones atmosféricas, por lo que no se pueden precisar sus efectos.

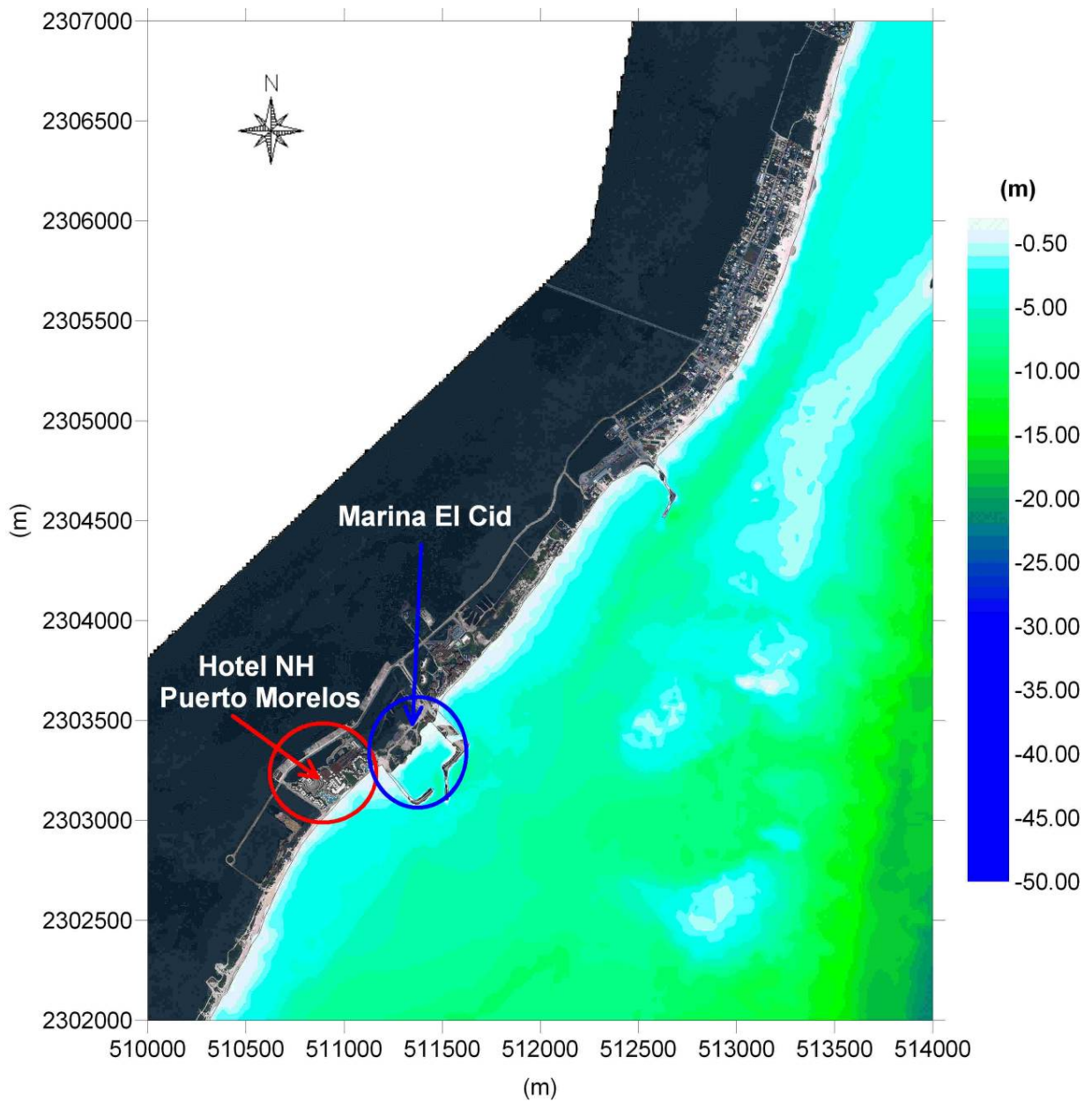


Figura 3. Zona de estudio en Puerto Morelos, Quintana Roo, México. Coordenadas UTM proyección WGS84 y configuración batimétrica.

Es evidente que cualquiera de los escenarios límites, ausencia de playa o acumulación excesiva de material en el predio del “Hotel NH Puerto Morelos” y sobre la margen sur de la “Marina El Cid”, son indeseables por los efectos negativos al medio ambiente, a las instalaciones del hotel, al paisaje y restricciones que representaría a las actividades recreativas en esta zona.

En el mes de agosto de 2007, como consecuencia de los efectos del huracán Dean, se depositó arena en el predio del hotel y se mezcló con el material de la zona de manglar del mismo predio. Esta situación derivó en una disyuntiva respecto del destino que se le debía dar al material acumulado. Por un lado, si se dejaba el material en el mangle, la actividad biológica se vería disminuida por la falta de nutrientes y por otro lado, como el material estaba mezclado con turba, la disposición del mismo sobre la costa afectaría visualmente el aspecto de la playa y eventualmente la calidad de agua de la zona marina cercana.

El Hotel NH Puerto Morelos decidió lavar la arena y colocarla ya limpia sobre la zona de duna, donde anteriormente se encontraba, no fue posible concluir estas labores por el riesgo de afectar de alguna manera con este lavado la zona marina y eventualmente al arrecife de Puerto Morelos, por lo que lo que gran parte de esta arena sin lavar quedó depositada en montículos en la zona de duna, frente a las instalaciones del hotel, y para definir las acciones a realizar para volver a integrar la arena lavada a la duna sin ningún riesgo de afectación se solicitó asesoría a diversas autoridades ambientales, entre las que fue determinante el apoyo técnico del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos.

A sugerencia de la dirección del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos y después de un análisis de la situación actual y los posibles escenarios futuros, se solicitó la participación del Dr. Rodolfo Silva Casarín del Grupo de Ingeniería de Costas y Puertos del Instituto de Ingeniería de la UNAM, quien elaboro el estudio titulado: ***APOYO TÉCNICO PARA LA GENERACIÓN DE UN ARRECIFE ARTIFICIAL QUE SIRVA DE REFUGIO Y ALIMENTO A ESPECIES, PARA REGENERAR LA PLAYA DE LA ZONA COSTERA AFECTADA POR EL HURACÁN DEAN Y COMO DEFENSA NATURAL, EN LA ZONA MARINA ADYACENTE AL PROYECTO “HOTEL NH PUERTO MORELOS”, EN LAS CERCANÍAS DEL PARQUE NACIONAL ARRECIFE DE PUERTO MORELOS***, el estudio completo se anexa a la presente manifestación de impacto ambiental.

Razón por la cual, y como resultado de todo este proceso de consulta y asesoría técnica, el Hotel NH definió como necesidad prioritaria, realizar los estudios que se traduzcan en las recomendaciones pertinentes para reducir la probabilidad de ocurrencia de este tipo de situaciones.

En adición a los efectos del huracán, la franja de playa frente al Hotel NH Puerto Morelos se ha visto afectada por varios factores, como las modificaciones antropogénicas en la dinámica marina que supone las obra portuarias que se han realizado en Puerto Morelos como apoyo portuario y pesquero, y ahora turístico con la Marina El Cid. Las cuales bajo ciertas condiciones de oleaje-corrientes-viento han disminuido la cantidad de material sedimentario que solía alimentar a dicha porción de playa a la vez que se han perturbado las condiciones energéticas reinantes, resultado de lo cual, la playa frente al NH Puerto Morelos acusa una importante pérdida de área seca en las épocas de otoño-invierno, lo que pone en riesgo en el corto plazo las actividades turísticas planeadas para la instalación y en el largo plazo a la infraestructura recientemente construida en el predio. En este sentido, se realizaron los estudios y trabajos necesarios para lograr un diseño de una estructura que ofrezcan contención y seguridad a la playa frente al Hotel NH Puerto Morelos.

Finalmente es importante mencionar que en el transcurso de la elaboración de los estudios técnicos y debido fundamentalmente a lluvias y temporales gran parte de la arena acumulada en la zona de duna frente al hotel fue arrastrada hacia el mar, con la consecuente pérdida de este material para acondicionar la zona de playa del hotel.

La propuesta que aquí se presenta, incorpora los resultados de dicho estudio.

2.1.1.1. Objetivos

El objetivo principal es:

Proponer una solución que permita mitigar las modificaciones hidrodinámicas inducidas por la escollera sur de la Marina El Cid, para reducir la variabilidad espacio-temporal de la línea de playa frente al predio del “Hotel NH Puerto Morelos”,

La propuesta para dar cumplimiento a este objetivo se planteo tomando en cuenta las siguientes premisas:

- * En virtud que no se tienen elementos contundentes que indiquen un proceso erosivo de largo plazo en la playa frente al Hotel NH Puerto Morelos, se descarto la opción de rellenos artificiales de la playa para no colaborar en potenciales desequilibrios locales en la dinámica del transporte de sedimentos.
- * En los últimos años ha aumentado el número de turistas que visitan los arrecifes coralinos y la presión por la captura de ciertas especies en la zona de Puerto Morelos se han incrementado, por lo cual es altamente recomendable propiciar una zona de refugio de especies vía la generación de un arrecife artificial con condiciones ambientales semejantes a las de la zona.
- * Por otro lado, debido a que las estructuras que componen la zona de abrigo de la Marina El Cid concentran parte del oleaje en sus zonas adyacentes y se producen corrientes de retorno peligrosas, las estructuras propuestas limitarán estos efectos sin transferirlos a otros segmentos de la costa.

2.1.1.2. Propuesta de ubicación y tipo de arrecife artificial.

Para realizar la propuesta del tipo de estructura a utilizar y su ubicación fueron determinantes los resultados del estudio técnico realizado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, cuyos puntos medulares se resumen a continuación:

- Vegetación en la duna. La existencia de flora sobre la duna es una señal clara del nivel máximo de inundaciones recientes (marea de tormenta) y de la evolución que han tenido las diversas formaciones ubicadas en el frente costero.
- Oleaje. De acuerdo con el estudio de oleaje, la dirección de oleaje más frecuente (anualmente) en aguas profundas frente a la zona de interés es la Este, muy de cerca le sigue la dirección Sureste-Este y con menor frecuencia se presentan la Noreste-Este y la Noreste. Es de notar también que el oleaje en aguas profundas en condiciones normales es con altura de ola de un metro y periodo de seis segundo (mayor probabilidad de ocurrencia), sin embargo, dada la frecuencia con la que se presentan tormentas y nortes, una altura de ola significativa de 8 m tiene un periodo de retorno menor de 5 años.
- Viento. En condiciones normales, y de acuerdo con la base de datos que se utilizó en el presente estudio, la dirección de viento con mayor probabilidad de ocurrencia es la Suroeste-Oeste con una intensidad de 5 km/h. Con menor probabilidad pero también de importancia son las direcciones Oeste y Noroeste-Oeste. Por lo que respecta a viento por huracanes, las direcciones de los más intensos que han afectado la zona, corresponden a Suroeste, Oeste y Noroeste.
- Marea de tormenta. La zona es afectada, en una media, por 18 tormentas al año, de las cuales solo una al año, en promedio, es de gran intensidad. La duración media de las tormentas es de 38 horas, sin embargo, entre los registros existen duraciones máximas hasta de 252 horas que corresponden a huracanes. Este tipo de fenómenos y duraciones dan lugar a una sobre-elevación del nivel del mar que se conoce como marea de tormenta, la cual puede alcanzar, en zonas costeras, un valor hasta de casi cinco metros.
- Marea astronómica. La región está sujeta a un régimen micro-mareal por lo que la influencia de la marea astronómica no se ha tomado en cuenta.

- Los arrecifes coralinos más cercanos se encuentran a una distancia de aproximadamente 1.5 km hacia el nor-noroeste.
- La dinámica natural del transporte de sedimentos está alterada y parcialmente condicionada por una serie de estructuras que paulatinamente se han ido construyendo. En este caso específico la que genera mayor influencia es la obra de abrigo de la margen sur de la Marina El Cid.

La única posibilidad de modificar las condiciones actuales es mediante la construcción de alguna estructura rígida, sin embargo, dicha solución deberá, al menos, cumplir con los siguientes términos:

- a) Reducir la energía del oleaje en la zona frente al predio del “Hotel NH Puerto Morelos”.
- b) No generar impacto visual.
- c) Permitir el transporte litoral, pero controlando la respuesta dinámica de la línea de costa a los cambios estacionales.
- d) Contribuir a la generación de un arrecife artificial para el establecimiento y resguardo de especies permitiendo que disminuya la presión de visitantes a otras zonas arrecifales naturales.

Al respecto y después de un análisis detallado y fundamentado en las condiciones naturales de la zona, se propone la construcción de un arrecife artificial compuesto por elementos llamados “Arrecife Modular Artificial” (AMA) fabricados de concreto de grado marino, con pH neutro y una dureza de 5000 psi. A continuación, una serie de fotos ilustra este tipo de elementos propuestos .

Se anexan documentos técnicos y jurídicos de estas estructuras, desarrollados y patentados por investigadores de estados unidos de América.

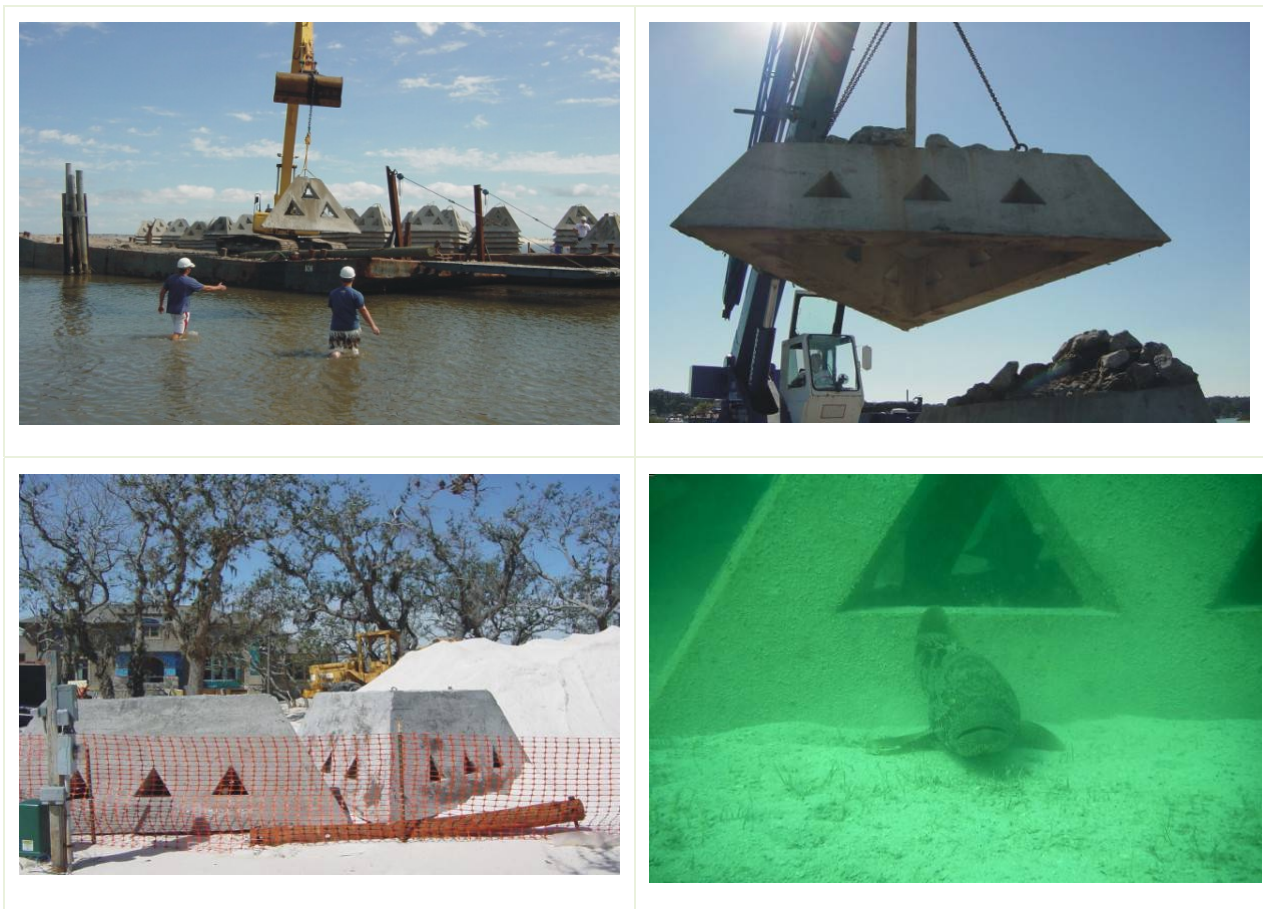


Figura 4. Aspecto de la tipología conocida como “Arrecife Modular Artificial”.

Esta tipología se eligió, principalmente, por que presenta las siguientes ventajas relativas con respecto a otras:

- a) Los intersticios o huecos inducen disipación turbulenta.
- b) El espacio interno de la forma piramidal permite que se alojen especies, incluida la langosta.
- c) La base y forma geométrica es más estable (relativamente) que otras tipologías probadas en la zona norte de Quintana Roo.

Para poder cumplir con los objetivos y términos mencionados anteriormente, se propone una estructura de 60 m de largo, ubicada entre las coordenadas UTM - WGS84 ($X=511010$, $Y=2302950$ y $X=511050$ y $Y=2303000$) desplantadas a una profundidad aproximada de 2.5 m y con una sumergencia relativa

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

(distancia vertical entre la corona y el espejo del agua) de 0.5 m con respecto al nivel de bajamar media inferior. La ubicación de dicha estructura, se presenta en el siguiente plano:

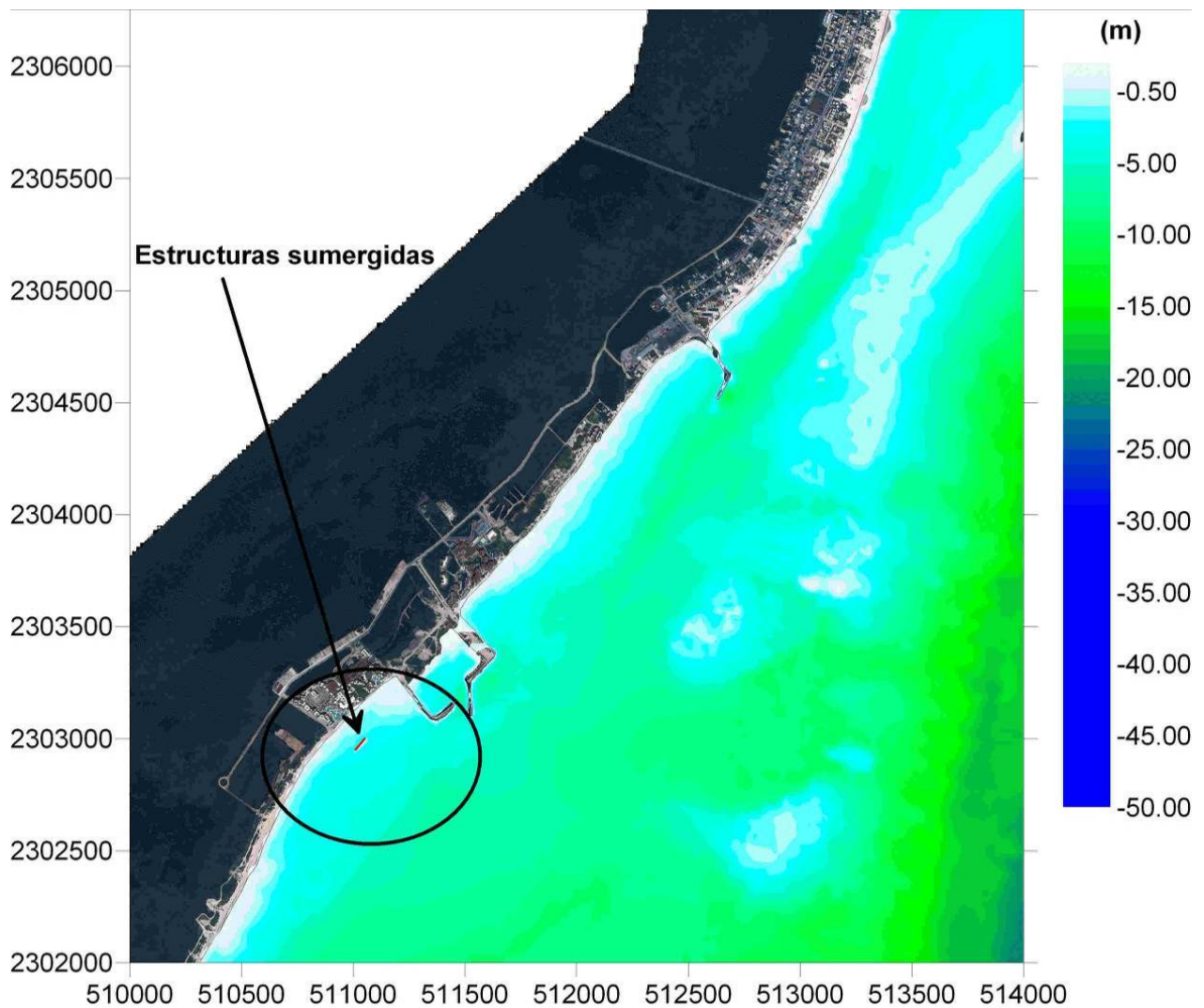


Figura 5. Localización del arrecife artificial propuesto

Los arrecifes modulares artificiales (AMA¹) tienen las siguientes características (Figura 6):

- La sugerencia de que se ubiquen a una profundidad de 2.5 metros y que se deje sobre el arrecife artificial una distancia de 0.5 m a la superficie, requiere de estructuras de 2 m de altura.
- Para 2 metros de altura las AMA tienen una base de 3.3 metros y pesan aproximadamente 3,637 kilos (8,000 libras).
- Colocando 67 AMA de estas dimensiones en doble fila nos permite crear una barrera con una altura de 2 metros, un ancho de 6 metros y una longitud aproximada de 61 metros.



Figura 6. Esquema y fotografía de las diversas caras de la estructura piramidal del AMA.

El efecto combinado de las unidades posicionadas estratégicamente, disminuye la energía de la corriente, la cual es desviada hacia arriba y hacia los lados en diferentes ángulos, a diferencia de las estructuras verticales evita que la corriente se desvíe hacia a baja levantando sedimentos (Figura 7).

¹ Imágenes de la página <http://www.artificialreefs.com/ARIProductsTower.cfm>

Estas estructuras desvían las corrientes, disminuyen y cambian la velocidad del agua permitiendo que se deposite el sedimento, evitando la resuspensión por la alta energía que lleva la corriente normalmente.

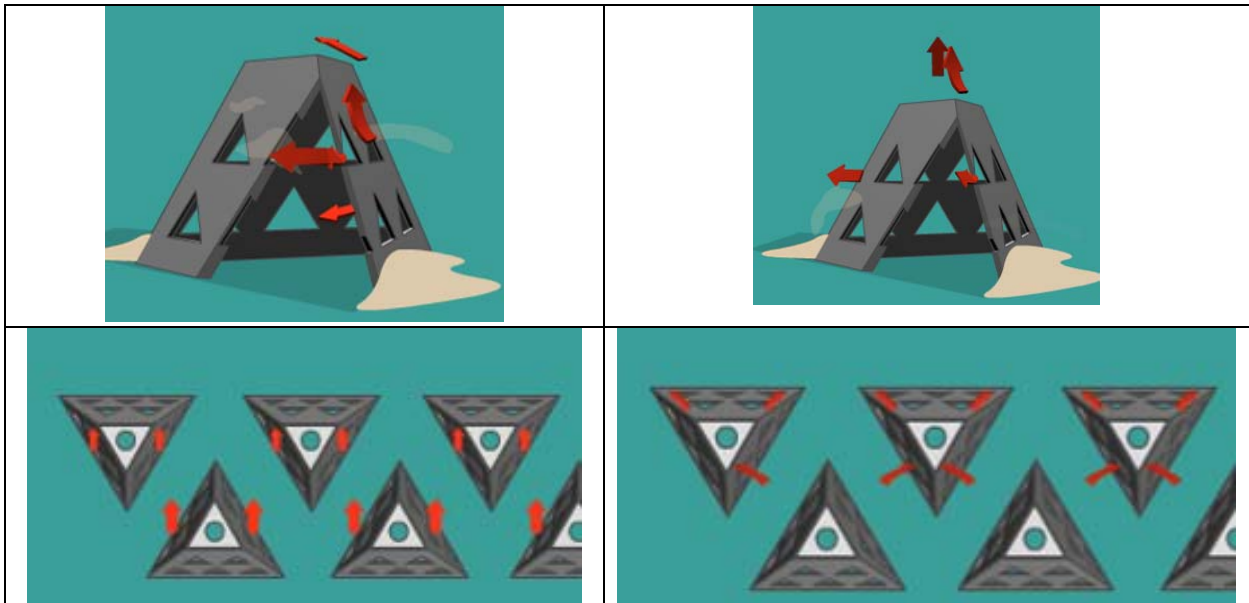


Figura 7. Esquema de los AMA, las flechas señalan la circulación del agua, entre las cavidades, lo que hace que disminuya su velocidad.

2.1.2. Selección del sitio.

La solución para los cambios estacionales bruscos en la cantidad de arena que presenta la playa del Hotel NH Puerto Morelos, requirió del estudio *“Apoyo técnico para la generación de un arrecife artificial que sirva de refugio y alimento a especies, para mitigar los avances y retrocesos extremos de la playa de la zona costera afectada por el huracán Dean y como defensa natural a la zona marina adyacente al Hotel NH Puerto Morelos, en las cercanías del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos”* para seleccionar la obra más eficiente.

De acuerdo a los resultados de este estudio la propuesta es la colocación de infraestructura que debilite la corriente, disminuyendo así la fuerza de choque a la playa, promoviendo la depositación de arena y disminuyendo el proceso de erosión.

Esta propuesta designa como el mejor sitio para colocar los Arrecifes Artificiales en el extremo sur de la zona marina frente al Hotel Nh Puerto Morelos, Figuras 8 y 2.

2.1.3. Ubicación física del proyecto y planos de localización.

Los arrecifes artificiales se colocaran en la zona marina frente al Hotel NH Puerto Morelos, (Ver figura 2, y plano de localización anexo), abarcando un polígono de 324 m², cuyas coordenadas extremas son:

Tabla 1. Coordenadas extremas del arrecife artificial (Datum WGS 84).

Vértice	X	Y
1	511010	2302950
2	511050	2303000



Figura 8. Macrolocalización de los módulos de arrecifes artificial, a 1,400 metros del arrecife más cercano y a 100 m de la línea de costa aproximadamente².

², Imagen de satélite octubre, 2006; Google earth, 2009

2.1.4. Inversión requerida.

El costo aproximado de cada estructura, considerando el molde, su fabricación, el transporte al sitio y el posicionamiento, se encuentra en un rango de \$900 a \$1200 dólares americanos por AMA. Considerando el tipo de cambio a 13.5 pesos por dólar, cada estructura tiene un valor aproximado de 14,175 pesos M.N.

Si se colocaran 67 de estas estructuras, el costo del arrecife artificial será de 949,725 pesos, más el costo de los estudios, y pagos por evaluación la inversión total aproximada es de \$1'450,000.00 pesos M.N.

2.1.5. Dimensiones del proyecto.

El frente de playa del predio del hotel NH Puerto Morelos, es de 126 m lineales.

Los 67 arrecifes modulares artificiales, que se proponen conforman un polígono irregular de 324 m². Con una longitud de 61.2 m, y un ancho de 6.0m.

La distribución de las 67 unidades será en doble fila, la fila hacia el exterior de 37 unidades y la interior de 30.

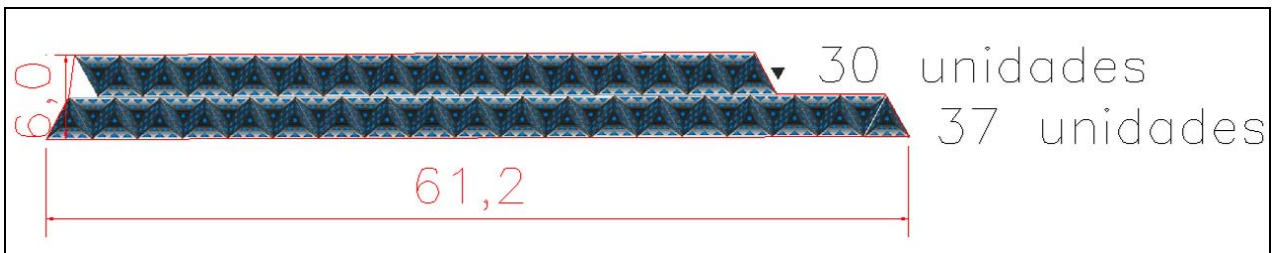


Figura 9. Dimensiones del arrecife artificial, conformado por las 67 unidades.

2.1.6. Uso actual del suelo, de la zona marina y sus colindancias.

En la playa y en la zona marina actualmente se realizan actividades recreativas no motorizadas.

En la duna se realizó la reforestación con especies nativas, como riñonina y lirio de mar entre otras.

Figura 10. Vista aérea de la playa del NH Puerto Morelos.³



2.1.7. Urbanización del área y descripción de servicios requeridos.

Para el funcionamiento de los arrecifes artificiales no se requiere de ningún servicio adicional, se colocan en la zona marina determinada por los estudios, ahí se instalan y con el tiempo se sabe que se va acercando la flora y fauna marina.

³ <http://www.nh-rivieracancun.com/es/nhrivieracancun/nhrivieracuncun>

2.2. CARACTERÍSTICA PARTICULARES DEL PROYECTO

2.2.1. Programa general de trabajo

Se solicita autorización por un año para la etapa de habilitación del arrecife artificial y por tiempo indefinido para su “operación”, ya que se conformaría como parte “natural” de la zona marina.

La fabricación de las estructuras se realizara en la propiedad de la empresa, que se encarga de su abastecimiento y colocación, está tiene una capacidad de hacer 5 por día, por lo que para las 67 unidades se llevaran 14 semanas.

Posteriormente se esperara a que la temporada sea propicia para la colocación de las estructuras, cuando la playa cuente con arena, la colocación se realiza en dos días de buen tiempo.

Tabla 2. Cronograma de actividades para la colocación del arrecife artificial.

Actividades	Semana																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Colado de las AMA	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Colocación en el sitio final de las AMA															■	■			
Monitoreo															■	■	■	■	■

2.2.2. Preparación del sitio.

Las estructuras AMA, se fabricaran fuera del predio, la empresa que prestara el servicio de abastecimiento y colocación, las transportara al muelle fiscal de Puerto Morelos, de ahí la grúa que tiene la chalana las descarga del camión y las carga a la chalana, después ésta se transporta con un remolcador al sitio donde se colocaran las estructuras, el cual se posiciona con GPS.

2.2.3. Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto.

De forma provisional se utilizara la chalana con una grúa, las labores duraran dos días aproximadamente.

2.2.4. Etapa de construcción y/o colocación.

En este caso en lugar de etapa de construcción, es de colocación, ya que no se requiere de realizar obras dentro del predio o de la zona marina. Las actividades consisten en la colocación y distribución de los arrecifes modulares artificiales (AMA).



Figura 11. Vista de la chalana y de la grúa, que se utilizara para la colocación de las AMA⁴.

Las estructuras no requieren de anclaje, el peso y la forma están calculados para soportar situaciones extremas.

Personal: La chalana lleva a 3 personas: un operador y dos marineros; el remolcador dos: un capitán y un marinero. En el mar se utilizaran 3 buzos especializados en búsqueda y recuperación para hacer el posicionamiento con la ayuda de bolsas de levantamiento de 500 kilos.

⁴ http://www.oceanusinternational.com/galeria_fotos.htm

2.2.5. Etapa de operación y mantenimiento.

Las estructuras se colocan y no requieren de ningún tipo de mantenimiento, se dejan en el sitio, y se espera que con el tiempo se vayan llenando de vida de forma natural.

Los peces se acercarán en menor tiempo debido a que los módulos instalados representarán refugio seguro para ellos, posteriormente, y una vez que crezcan organismos arrecifales sobre estas estructuras artificiales los peces podrán conseguir alimento.

El sistema AMA está diseñado para brindar una superficie, que favorece el asentamiento de plánulas o fragmentos de coral que vienen en la corriente, una vez que se fijan a la superficie pueden crecer, debido a que el crecimiento en los corales es lento, se espera encontrar colonias hasta después de dos años.

Posteriormente se continuará con el monitoreo por 5 años. La labor de mantenimiento se darían solo en caso de que un evento climático moviera las estructuras, y éstas se regresarían a su lugar, a fin de que sigan prestando el servicio de atenuar el oleaje en la playa del hotel NH Puerto Morelos.

2.2.6. Descripción de obras asociadas al proyecto.

No se requiere de otras obras, el proyecto únicamente contempla la colocación de los AMA.

2.2.7. Etapa de abandono del sitio.

Las obras no requieren de mantenimiento, únicamente se realizará un seguimiento de las condiciones de los AMA

2.2.8. Utilización de explosivos

No se utilizarán explosivos en ninguna etapa del proyecto.

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

Los trabajadores encargados de la colocación de los arrecifes modulares artificiales (AMA), podrán utilizar las instalaciones para empleados del Hotel.

Los residuos que se lleguen a generar por el empleo de equipos o materiales de los arrecifes artificiales, serán responsabilidad de la empresa que preste el servicio de fabricación y colocación de los AMA.

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

El hotel ya cuenta con planta de tratamiento y sistema integral de manejo de residuos sólidos, para sus instalaciones. Para el funcionamiento del arrecife artificial no se requiere infraestructura asociada.

3. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y CON LA REGULACIÓN AMBIENTAL.

3.1. CUMPLIMIENTO A LOS LINEAMIENTOS Y CRITERIOS ESTABLECIDOS EN LOS PLANES Y PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO, ESTATALES Y MUNICIPALES.

El Municipio de Benito Juárez cuenta con el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez (POEL), publicado el 30 de julio del 2005 en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado en Quintana Roo. El cual únicamente regula el uso de suelo en la zona terrestre, no incluye la zona marina. No se realizarán actividades en la zona terrestre.

En la zona marina siguen vigentes los criterios del Programa Ordenamiento Ecológico Territorial (POET), Cancun – Tulum.

Tabla 3. Política ambiental correspondiente a la zona marina frente al predio NH Puerto Morelos.

UGA	M-2
Política y fragilidad ambiental	Conservación, 3, Litoral Costero
Uso Predominante	Actividades Marinas
Usos Condicionados	Flora y Fauna, Infraestructura, Pesca y Turismo.
Usos incompatibles	Acuacultura
Criterios	C.- 6 EI.- 30, 31, 32, 33, 34, 50 FF.- 3, 22, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 34 MAE.- 2, 6, 56 TU.- 6, 7, 8, 9, 19, 20, 22, 25, 28, 29, 30, 34, 36, 37, 38, 40, 41, 42 APS.- 1, 2

Al respecto se presenta un análisis del cumplimiento de estos criterios ambientales por el proyecto:

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

Tabla 4. Análisis de los criterios ambientales correspondientes a la zona marina frente al hotel NH Puerto Morelos.

Criterio	Texto	Análisis respecto al proyecto
C-6	Durante las obras de canalización y dragado, se utilizarán mallas geotextiles y otras tecnologías que eviten la suspensión y dispersión de sedimentos	La colocación de los arrecifes modulares artificiales (AMA) no requiere de dragado o remoción de la arena en el sitio donde se ubicaran.
El	Equipamiento e infraestructura	No aplican estos criterios ya que no se construirán marinas ni muelles.
FF-3	Se prohíbe la captura de mamíferos marinos	No se realizaran este tipo de actividades.
FF-22	Se prohíbe la introducción de especies de flora y fauna exóticas invasivas.	No se realizaran este tipo de actividades.
FF-25	Se prohíbe la alteración y remoción de pastos del fondo marino.	Las estructuras se colocaran sobre un arenal, no se requiere de la remoción de pastos.
FF-26	Se prohíbe el uso de explosivos, dragados y construcciones cercanas a arrecifes y manglares	No se utilizaran explosivos en ninguna de las etapas del proyecto.
FF-27	La ubicación y construcción de puntos de anclaje estará sujeta a estudios específicos	No se requiere de anclaje de las AMA.
FF-28	No se permitirá el anclaje de embarcaciones en un radio menor de 35 m inmediatos al arrecife	La chalana que se ocupara para el transporte y colocación de los AMA , anclara en el arenal a más de 1km del arrecife.
FF- 30	No se permitirá la recolección, remoción o trasplante de organismos vivos, muertos o materiales naturales, ni arrojar ningún tipo de desperdicios en los arrecifes.	No se requiere la remoción de ningún organismo.
FF- 31	Se prohíbe la construcción de estructuras promotoras de playa en forma de espigón	No se construirán espigones.
FF- 34	En zonas donde exista la presencia de especies incluidas en la NOM ECOL-059-1994, deberán realizarse los estudios necesarios para determinar las estrategias que permitan minimizar el impacto negativo sobre las poblaciones de las especies aludidas en esta norma.	No se localizaron especies contenidas en la NOM-059-SEMARNAT-2001, en el sitio donde se colocaran los AMA.

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

criterio	Texto	Análisis respecto al proyecto
MAE-2	Las acciones tendientes a establecer medidas para el control de la erosión en la zona costera estarán sujetas a Manifestación de Impacto Ambiental, la que deberá analizar con detalle las implicaciones que éstas generen en los predios colindantes.	Es por ello que se presenta esta manifestación de impacto ambiental, en la cual se evalúan los impactos directos y se delimita un área de influencia, comprobando que el impacto a la playa colindante al sur es positivo, ya que de verse influenciada por oleaje noreste a suroeste, este tendría una baja energía disminuyendo la erosión.
MAE-6	Se prohíbe el vertimiento de hidrocarburos y productos químicos no biodegradables.	Se cumplirá este criterio, se tendrá la precaución de que el equipo que se utilizara se encuentre en perfectas condiciones para evitar algún tipo de vertimiento por accidente.
MAE-56	Se prohíben las actividades recreativas marinas en el periodo de anidación de tortugas desde el ocaso hasta el amanecer.	Este criterio se cumple en la operación del hotel, aunque en esta playa no se han registrado arribos en las últimas temporadas.
TU	Actividades turísticas	No se trata de este tipo de proyecto, no aplica.
APS	Actividades Pesqueras	No se realizarán este tipo de actividades, no aplica.

3.2. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y PROGRAMAS DE MANEJO.

El área natural protegida (ANP) más cercana a la playa colindante al Hotel NH Puerto Morelos, es el Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos, que como se observa en la siguiente figura, el punto más cercano del polígono del ANP, se ubica aproximadamente a 732 m de distancia del proyecto, y la zona arrecifal más cercana se ubica a 1.79 kilómetros al oeste de la playa colindante del Hotel NH Puerto Morelos.

Las estructuras no causan ningún efecto negativo sobre los arrecifes, al contrario al poblarse con organismos arrecifales, será un atractivo más para los visitantes, disminuyendo la presión sobre los arrecifes naturales, especialmente con buzos principiantes, poco experimentadas en el nado, que son los que más dañan los arrecifes naturales con las aletas o al pararse sobre los organismos. En este caso, los arrecifes artificiales, al estar a pocos metros de la playa y a poca profundidad serán de fácil acceso.

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

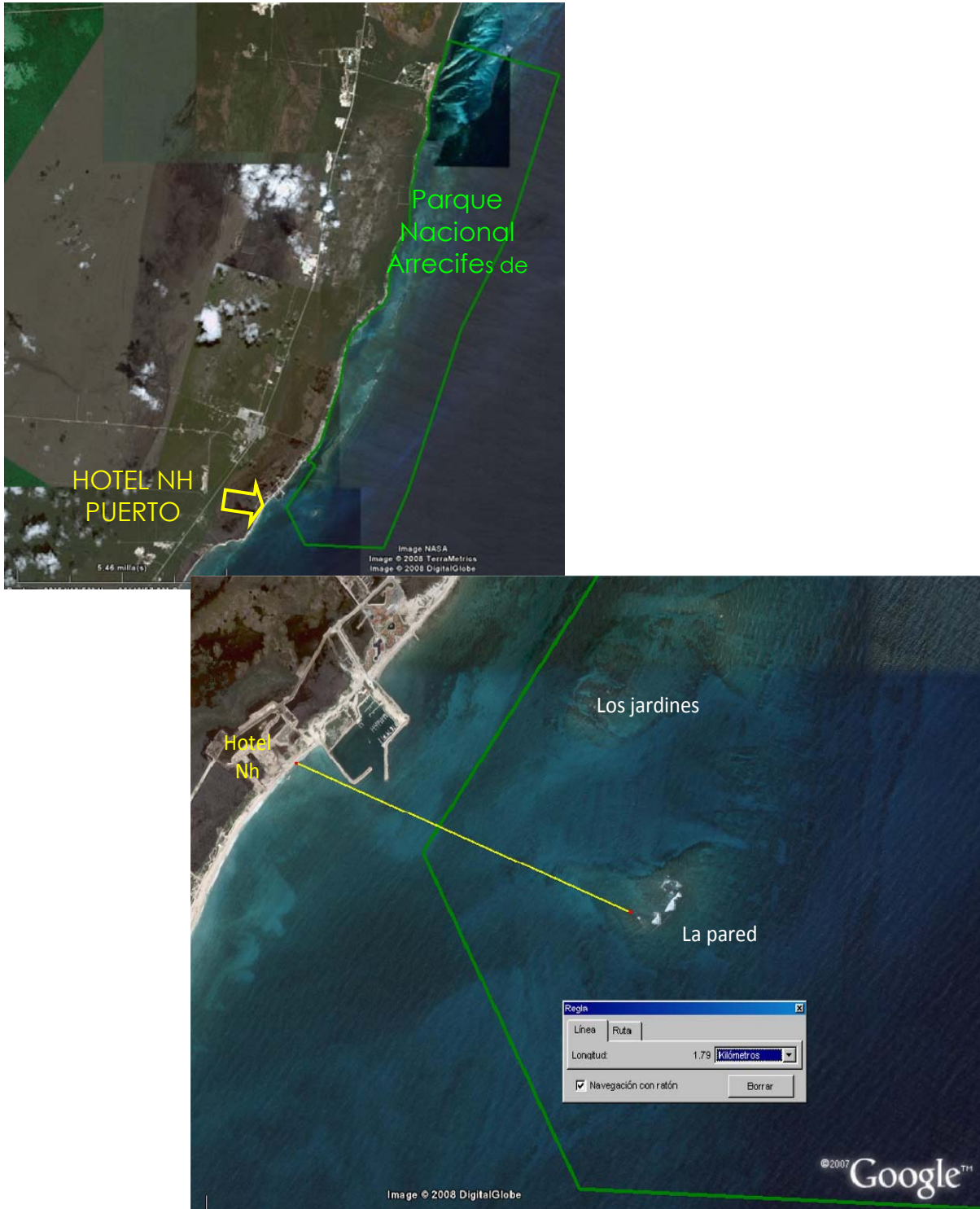


Figura 12. En verde se observa el polígono del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos; El arrecife artificial se ubicará aproximadamente a 600 metros del área natural protegida, y aproximadamente a 1,660 metros del arrecife más cercano. (Imagen de satélite del Google Earth, 2007)

3.3. REGIONES PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD.

La zona marina frente al Hotel NH Puerto Morelos, se ubica en la región prioritaria marina número 63. *PUNTA MAROMA – PUNTA NIZUC*⁵; donde se menciona que la problemática es:

- o Modificación del entorno: por tala de manglar, relleno de áreas inundables (pérdida de permeabilidad de la barra), remoción de pastos marinos, construcción sobre bocas, modificación de barreras naturales. Daño al ambiente por embarcaciones pesqueras, mercantes y turísticas. Existe deforestación (menor retención de agua) e impactos humanos (Cancún y otros desarrollos turísticos). Blanqueamiento de corales.
- o Contaminación por descargas urbanas y falta de condiciones de salubridad.
- o Uso de recursos: presión sobre peces (boquinete) y langostas. Pesca ilegal en la laguna Chakmochuk; campamentos irregulares en el área continental del Municipio de Isla Mujeres.
- o Especies introducidas de *Cassuarina spp* y *Columbrina spp*.

La zona terrestre donde se ubica el hotel también se encuentra en el área prioritaria hidrológica, 105. *CORREDOR CANCUN – TULUM*⁶, donde la problemática también se refiere a la modificación del entorno, deforestando, rellenando e inundando, así como por la contaminación de aguas residuales y desechos sólidos.

Al respecto el proyecto no contribuye con la problemática de estas áreas en ninguna de sus etapas.

3.4. CONCORDANCIA DE LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO CON LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS APLICABLES.

NOM-059-SEMARNAT-2001 PROTECCIÓN AMBIENTAL-ESPECIES NATIVAS DE MÉXICO FLORA Y FAUNA SILVESTRES-CATEGORÍAS DE RIESGO.- En los recorridos realizados no se localizaron especies catalogadas en esta norma, las estructuras se colocaran en un arenal, promoviendo la formación de un arrecife artificial, favoreciendo el asentamiento y crecimiento de especies arrecifales.

⁵ http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rmp_063.html

⁶ http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_105.html

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

4.1. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

El sitio donde se colocaran los Arrecifes Modulares Artificiales (AMA), se ubica frente a la playa del Hotel NH Puerto Morelos, en la localidad de Puerto Morelos, Municipio de Benito Juárez.

El área de influencia directa de las estructuras es alrededor de las AMAs, lo que incluye la playa desde el espigón sur de la marina el Cid hasta la playa en el límite sur del predio, donde de acuerdo al oleaje estacional, estas estructuras podrían influir en la llegada del oleaje a la playa.

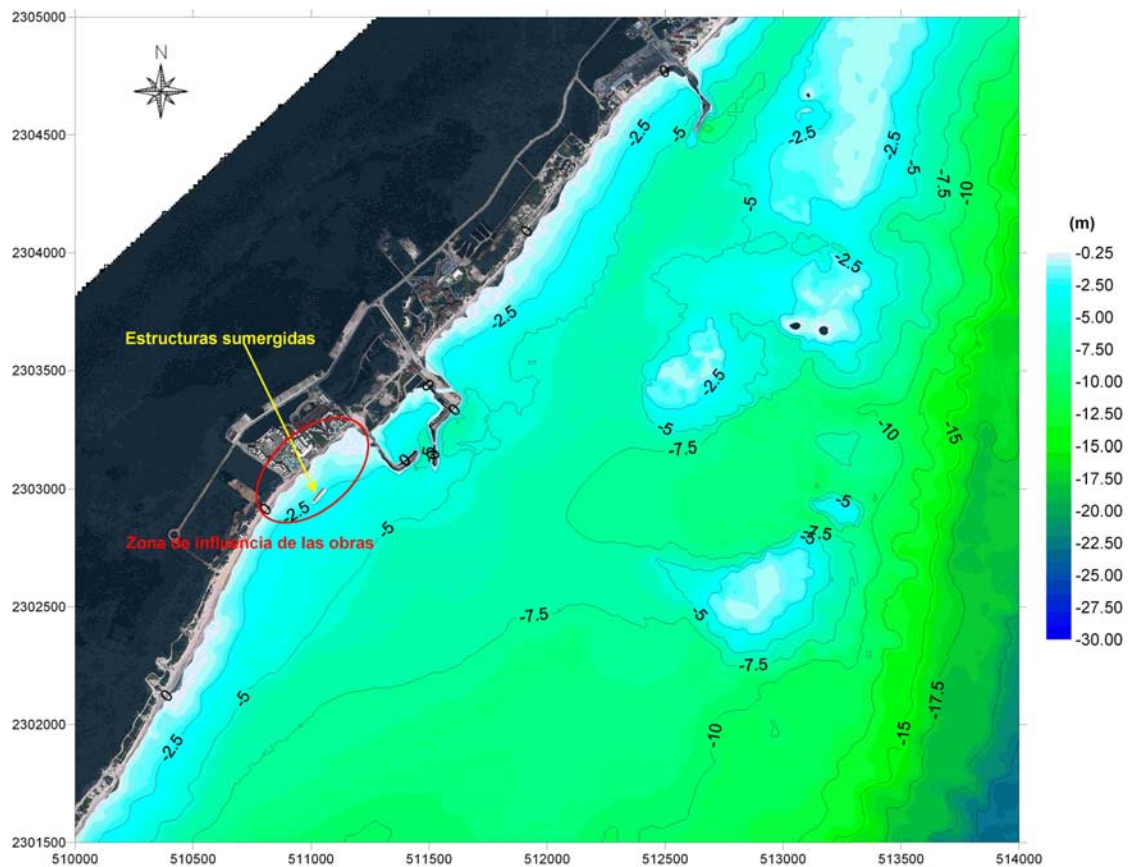


Figura 13. Se observa el área de influencia de las obras.

La descripción del sistema ambiental abiótico se realizó describiendo las condiciones de la zona dividida en unidades geomorfológicas, y ecosistemas en la localidad de Puerto Morelos, cada componente ambiental tiene diferentes escalas, por lo que se mencionara como se describe en la distinta literatura consultada.

Figura 14. Diagrama que señala el sistema ambiental en el que está inmerso el proyecto, el cual se abarcara en diversas escalas dependiendo el factor ambiental a describir.



EL sistema biótico se limitara al área de influencia delimitada anteriormente. Y el sistema socioeconómico se limitara a los datos municipales y de la localidad de Puerto Morelos.

Es importante señalar que a lo largo de este capítulo se hará mención a la información presentada en la *Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) El Cid De Cancún*, la cual se presentó en abril de 1999, esto se debe a que el predio donde se ubica el hotel NH Puerto Morelos forma parte del Plan Maestro autorizado y contenido en esta MIA, que nos presenta la descripción del ambiente original previo a las construcciones en estos lotes y de la Marina.

4.2. CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL

Una playa es un accidente geográfico consistente en la acumulación de sedimentos no consolidados, normalmente arenas, si bien también hay playas de gravas y de bolos. Ésta se forma cuando el oleaje y las corrientes del mar propician la llegada de sedimento a una zona de la costa. Por lo que una playa se forma bajo dos supuestos:

Primero, que la forma de la costa sea tal que haya una zona donde se acumule una determinada cantidad de sedimento y que sea estable con las diferentes estaciones climáticas.

Segundo, que exista una zona en la que si bien el sedimento se va perdiendo por alguna razón exista un aporte de sedimento que lo pueda compensar.

Es decir, la playa es una geoforma dinámica en permanente cambio, sujeta a los ciclos de erosión-acreción relacionados con el tipo de oleaje, mareas, que también se relaciona con la vegetación que crece en ella.

Merino y Otero (1983), mencionan que en el sistema ambiental de Puerto Morelos se localizan las siguientes unidades llamadas *geobioformas*:



Figura 15. Unidades geobiomorfológicas de Puerto Morelos, el círculo rojo señala el área de influencia del proyecto.

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

Se observa en la figura que la barrera arrecifal se interrumpe a la altura del muelle fiscal de Puerto Morelos, y luego hay dos macizos arrecifales, la barrera arrecifal reaparece hasta Punta Brava.

La zona marina del NH Puerto Morelos, y el área de influencia del proyecto se ubica en esta zona sin rompiente arrecifal, donde ya no hay laguna arrecifal, y pertenece a la plataforma arenosa. Lo cual coincide con los límites de la UGA M-2 (POET Cancún- Tulúm), donde ya se permite realizar obras como la que se propone.

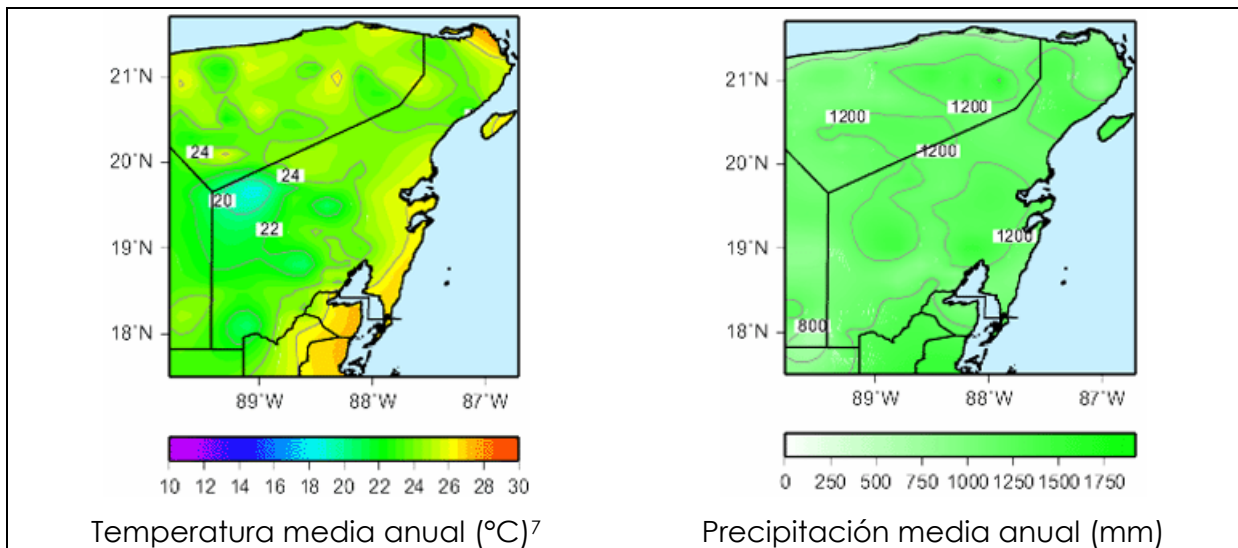


Figura 16. Presión y manejo del sistema ambiente.

4.2.1. Aspectos abióticos.

a) Clima

El predio se ubica entre las líneas que dividen el tipo climático $Aw_0(x')$ (i') y $Aw_1(x')$ (i'), la A indica que este clima es cálido con temperaturas mayores a los 22°C , la w lo define como clima subhúmedo, la (x') que la lluvia invernal es mayor al 10.2 % de la anual, con una variación menor a los 5°C y presencia de canícula. La diferencia entre los dos tipos es el cociente Precipitación/Temperatura, Aw_0 menor a 43.2 y Aw_1 entre 43.2 y 55.3. (Clasificación de Koeppen modificada por García, 1981, 1988).



En este caso de acuerdo a lo que se reporta en el INE, como *clima actual* a Puerto Morelos le correspondería el Aw_1 , entre las isoyetas 1100 -1200, y una temperatura promedio de 24°C , donde el cociente $P/T = 50$, como se observa en las figuras anteriores.

Vientos

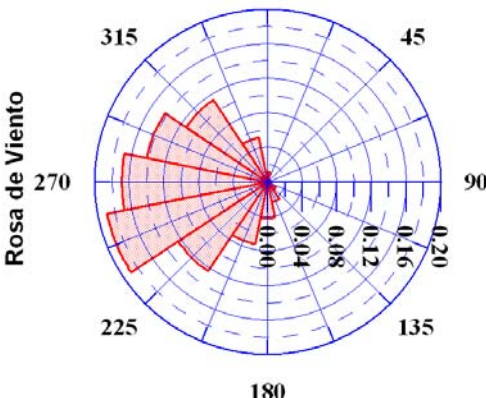
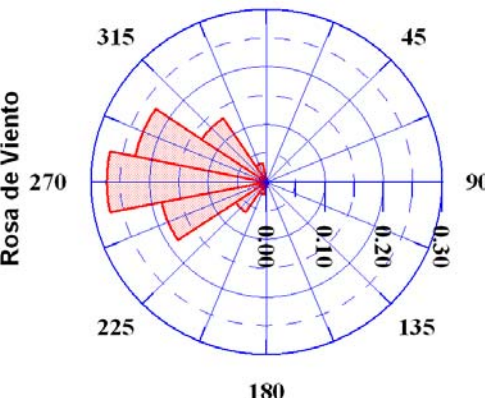
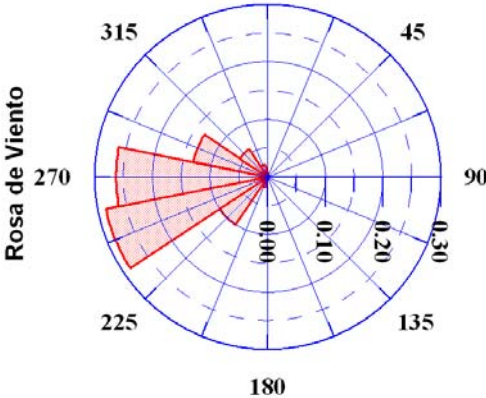
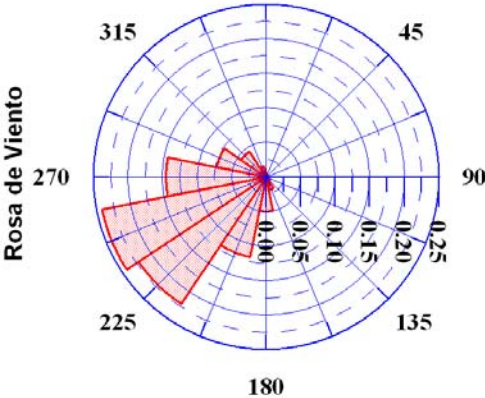
Durante la mayor parte del tiempo el área se encuentra bajo la influencia de las masas de aire marítimo tropical que invaden la península transportadas por los vientos alisios con velocidades promedio de 5 m/s (Merino y Otero, 1991) y son interrumpidos por "nortes", masas de aire continental polar generalmente acompañados de lluvias con intensidad variable,

⁷ http://www.ine.gob.mx/cclimatico/edo_sector/estados/clima_qroo.html

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

normalmente se presentan de octubre a mayo, que alcanzan velocidades de 20m/s (72 km/hr).

Tabla 5. Rosa de los vientos⁸

	
<p>Invierno.- se originan vientos sostenidos de 15 m/s con frecuencias de aparición del 1% al 5% en dirección suroeste, pero cambia luego de trayectoria y se dan vientos sostenidos que marcan una ruta desde el sureste con la misma magnitud pero un porcentaje de aparición de 0.001%</p>	<p>Primavera.- se mantienen vientos de cuantía similar a los ocurridos en invierno, sin embargo difieren en la dirección de donde provienen pues la línea que marca su aparición se da en el oeste y noroeste con una periodicidad 1-5 %</p>
	
<p>Verano.- Se generan situaciones más adversas dado que aparecen vientos de 50 m/s del noroeste con muy poca probabilidad de ocurrencia.</p>	<p>Otoño.- Está marcado con eventos de menor magnitud pero no por ello menos desfavorables; se tienen ráfagas de viento con velocidades de 45 m/s desde el noreste.</p>

⁸ Informe técnico final, Silva y Mendoza, 2009 (Documento anexo).

Se observa entre las estaciones de otoño e invierno la presencia de los vientos del norte, que presentan poca probabilidad de presencia, pero que al presentarse, influyen significativamente sobre la meteorología de la península de Yucatán ya que provocan nublados y chubascos, y su paso genera cambios de presión atmosférica que dan lugar a fuertes vientos del SE, intensificando en gran medida el régimen de vientos. En ocasiones, la región recibe también la influencia de masas de aire procedentes de la zona de interconvergencia tropical del Pacífico, las cuales tienen un gran contenido de humedad. Entre los meses de julio y septiembre ocasionalmente se presenta una época de “calmas” o canícula.

Intemperismos

En la zona costera de Quintana Roo por su ubicación geográfica se encuentra expuesta regularmente a eventos meteorológicos periódicos.

Los principales fenómenos son los “nortes”, las tormentas tropicales y los huracanes. Las épocas del año en la que se presentan se diferencian porque las características meteorológicas que promueven la formación de las tormentas tropicales y los huracanes se manifiestan a partir de junio y perduran hasta noviembre, siendo septiembre el mes de mayor incidencia y con los mayores efectos sobre el litoral.

Huracanes o Ciclones.- Los huracanes son fenómenos normales en el Caribe, aunque desde el punto de vista económico y social provocan grandes daños, como un fenómeno natural las comunidades biológicas que se han desarrollado en la zona se han adaptado a ellos a lo largo de 60,000 años de evolución, desde que emergió la Península de Yucatán, por lo que desde el punto de vista biológico no es un fenómeno dañino.

Estos fenómenos de gran envergadura son especialmente importantes con respecto al efecto que tienen sobre los sistemas más frágiles e importantes de nuestra zona costera, las playas arenosas y los humedales que se encuentran ubicados detrás de la barra arenosa, debido a las mareas de tormenta llegan a alcanzar los 5 o 6 metros erosionando las playas e inundando con agua salinas los humedales, formando una segunda barrera de arena en la parte posterior, a la duna original, o dejando la roca expuesta.

Las características de la costa Este de la Península de Yucatan difieren de las del Norte en lo que respecta a la geomorfología y los procesos naturales que se presentan en ellas, puesto que se identifican afloramientos de calizas pertenecientes a la plataforma continental que a su vez, forman costas que tienen pequeños cantiles y salientes que separan a las playas. En la margen Este de la península (Costa del estado de Quintana Roo), existe una falla geológica con dirección Nor-Noreste – Suroeste que se piensa pudo haber influido en la tendencia de la forma de la costa Noreste de dicha península.

La Isla de Cozumel que se localiza frente a la costa de Quintana Roo, se encuentra constituida por material calcáreo y debido a la separación que ésta tiene con respecto al continente se piensa que la isla fue creada a partir del producto de los procesos generados por el callamiento tectónico. Hacia el Sur de la línea de playa, la costa se considera extremadamente confinada, debido a una estructura de falla.

En la parte Este de la Península de Yucatán se identifica una gran barrera de coral, que se extiende intermitentemente a lo largo de 650 kilómetros, iniciando de la esquina Noreste de la península hasta el límite sur dentro del Golfo de Honduras; cientos de cayos o islotes abundan en el arrecife y en la parte posterior de éste. Las lagunas someras que se encuentran son delimitadas con manglares que crecen sobre terrenos de lodo calcáreo o de los mismos arrecifes coralinos; además estos últimos resguardan a las lagunas de las acciones provocadas por el oleaje (West, 1962).

López Ramos (1973) describió que la composición geológica de la Península de Yucatán, principalmente consiste de carbonatos autigénicos y anhidritas, originados desde el Comancheano (Cretácico Medio-Aptiano) hasta el Mioceno. Los espesores de los sedimentos cretácicos de la Península de Yucatán demostraron un hundimiento continuo del estrato marino que se presentó del Cretácico hasta parte del Eoceno, época en la cual también prevalecieron las condiciones necesarias para la formación de material evaporítico.

Al final del Plioceno y Cuaternario la Península adquiere la forma actual, observándose alineamientos de arrecifes de tipo biostromal al Norte del Banco de Campeche, los cuales se encuentran formados esencialmente de

material calcáreo ya que la carencia de ríos en la península limita al máximo la presencia de material terrígeno (López Ramos, 1973).

Butterlin (1958) describe que la topografía del Estado de Quintana Roo es muy similar a la que se puede llegar a identificar en la mayor parte de la península: una topografía de tipo kárstico maduro, con una altitud de conjunto no muy significativa, lo que permite reconocer cenotes en ella. Los accidentes topográficos y el drenaje superficial presentan una orientación dominante Sur-Suroeste – Nor-Noreste, que es muy similar a la que se reconoce en las costas orientales de la región, correspondiente a la dirección estructural media de esta parte de la península.

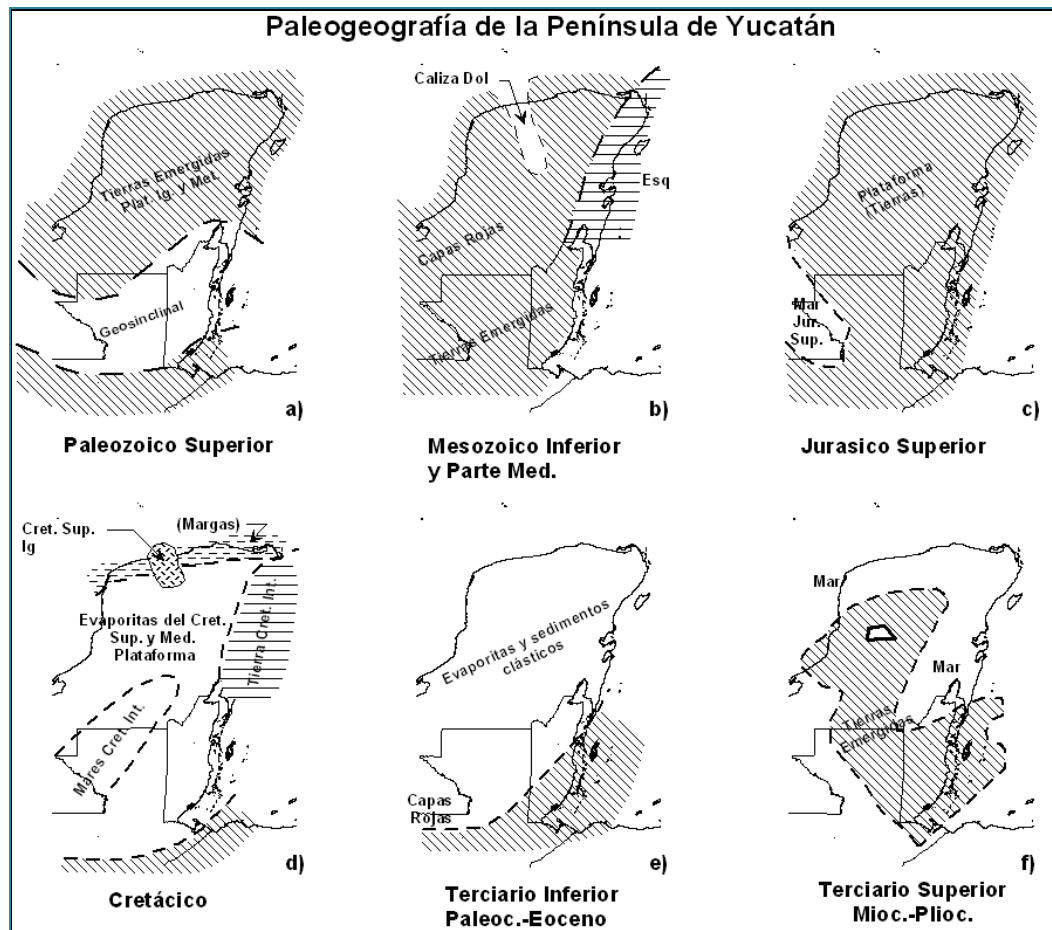


Figura 18. Paleogeografía de la Península de Yucatán (de López Ramos, E. Estudio geológico de la Península de Yucatán. 1973).

Desde el punto de vista morfo-tectónico, la Península de Yucatán se presenta como una zona emergente, caracterizada en su mayor parte por una llanura de relieve moderado y suave, que en la parte oriental se profundiza rápidamente por erosión. Los sedimentos carbonatados de la península de edad cuaternaria presentan una topografía kárstica con ausencia de sistemas superficiales de drenaje. La península es considerada como una zona tectónicamente estable, en la que se observan rasgos casi planos por la ausencia de relieves positivos de importancia; por ello es obvio que no exista aporte de sedimentos terrígenos, que facilitan la libre precipitación de carbonatos que más tarde darán lugar a la formación de rocas carbonatadas.

Relieve.- La zona costera en el Municipio Benito Juárez se encuentra en una planicie formada por una losa calcárea con ligera pendiente que esta desciende hacia el oriente y tiene una altura media de 11 m.s.n.m. y relieve ondulado en el que se alternan crestas y depresiones. Se distingue por una topografía cárstica que se manifiesta desde pequeñas oquedades hasta grandes depresiones, donde en algunas de éstas aflora el manto acuífero y se conocen como cenotes.

La zona costera de Puerto Morelos se caracteriza por presentar un relieve muy escaso y por la ausencia de los ríos superficiales, resultado de la naturaleza kárstica del terreno. La zona costera está delimitada hacia la parte terrestre por bermas del Pleistoceno de aproximadamente 10 m de altura, y hacia el mar por una barra arenosa de 2-3 m de altura y 100-200 m de ancho que constituye la línea de costa actual, cabe señalar que el ancho en Puerto Morelos se ha modificado con las mareas de tormenta, desde los últimos huracanes Wilma y Dean, al norte llega a 50 m pero al sur del muelle fiscal y de la marina del Cid el ancho de la playa ha disminuido considerablemente, hasta invadir terrenos.

Entre estos dos rasgos hay depresiones que dan lugar a un ambiente lagunar somero, con esporádico contacto con el mar adyacente, donde se desarrolla vegetación de humedal, como el manglar. Estas cuencas están interrumpidas por caminos y transversales que la dividen de forma no natural, restringiendo o impidiendo el flujo de agua. A lo largo de los bordes de las lagunas existen cinturones angostos de *Rhizophora mangle*, así como en parches aislados de las partes centrales de las cuencas, predominando una diversa vegetación de humedales en el resto del área. (INE, 2000).

c) Suelos

La mayor parte del Municipio cuenta con suelos tzekel, poco aptos para la agricultura por ser delgados y pedregosos, que corresponden a rendzinas y litosoles.

Los litosoles son suelos no evolucionados cuyas características son muy similares a la roca madre, careciendo de materia orgánica, alta pedregosidad y profundidad somera no mayor de los 10 cm.

Las rendzinas son suelos poco evolucionados muy ligados a la riqueza en calcio de la roca madre, con finas partículas calcáreas y materia orgánica en su capa superficial. Al igual que los litosoles, son suelos con escasa profundidad y tienen una gran cantidad de guijarros.

La áreas bajas e inundadas presentan suelos tipo Solonchak, los cuales contienen una elevada cantidad de materia orgánica, tienen un 45 % de arcilla, por lo que la infiltración del agua es muy lenta, permanecen en forma de lodos o inundados la mayor parte del año, se caracterizan por tener, un alto contenido calcáreo y elevadas concentraciones de sales en algunas capas, horizonte sálico.

Grado de erosión del suelo.- En general dentro de la Península de Yucatán, la baja consolidación y reciente formación de los suelos en el área los hacen muy susceptibles a la erosión, principalmente de tipo pluvial, ya que durante la temporada de lluvias la capa superior es arrastrada o percolada a niveles inferiores, dejando al descubierto la laja.

Estabilidad edafológica.- Los suelos en la Península de Yucatán están considerados como suelos no desarrollados, presentando una inestabilidad en su perfil.

d) Geología y suelo de la barra arenosa en el sitio del proyecto.

En general se tiene que el material geológico de la zona está compuesto de arena con turba orgánica en los primeros 5 m de profundidad y posteriormente de caliza compacta color blanca con presencia de fósiles y huellas de disolución cárstica hasta los 20 m de profundidad aproximadamente, de 20 a 25 m se tiene caliza semicompacta color crema con rasgos de disolución con fragmentos de moluscos y de 25 a 35 m se tiene

caliza cristalina color café con blanco con restos de fósiles y compacta; que indica que existe agua que circula en el subsuelo, debido a la presencia de fósiles y caliza semicompacta.

En la duna se encuentra arena de espesor aproximado de 2m de profundidad.

e) Hidrología superficial y subterránea

De acuerdo con el INEGI 1983, el predio pertenece a la Región Hidrológica 32, Yucatán norte,"A" subcuenca "a" Quintana Roo denominada Yucatán Norte – Este.

El predio pertenece a la región hidrológica RH-32, en la que los escurrimientos provienen de las partes altas comprendidas a lo largo de los límites con Yucatán, donde se distribuyen las zonas de recarga.

Estas zonas de recarga son extensiones de terreno plano circundado por lomeríos como cuencas receptoras debido a que las rocas calcáreas permiten una rápida infiltración del agua de lluvia que fluye hacia el subsuelo, en la que el movimiento del agua va de forma subterránea de la parte Central-Este de la Península hacia la costa.



Figura 19. Regiones hidrológicas en la Península de Yucatán, Puerto Morelos se ubica en la región 32.

Tabla 6. Características de la cuenca RH-32.

Área de la cuenca	14,645.9 Km ²
Déficit de agua	600 a 700 mm
Precipitación media	1274.2 mm
Evapotranspiración	85.4 %
Escurrimiento	0.4 %
Infiltración	14.2%

La hidrología de la península de Yucatán está determinada en gran medida por sus características geológicas y morfológicas. El caso del relieve y la alta permeabilidad de las rocas calcáreas no hay corrientes de agua superficial.

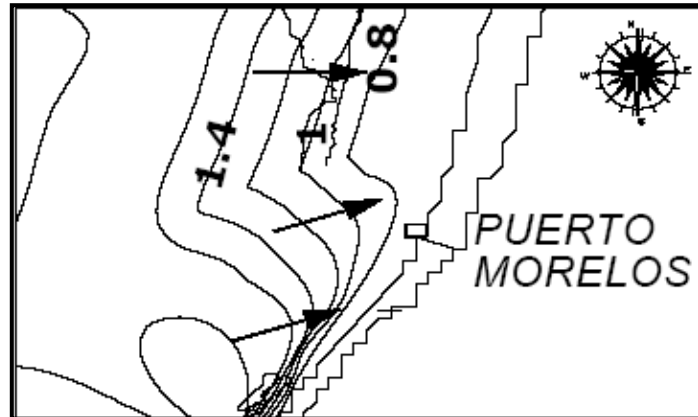
El agua de lluvia se filtra alimentando el manto freático, el agua subterránea conforma un sistema de cavernas, que se conectan en grandes extensiones. Por la disolución de las cavernas se colapsa el techo y el agua queda expuesta la superficie conformando lo que se conoce como cenotes o dolinas.

En Puerto Morelos, en el lado oeste de la carretera existe una serie de cenotes, cuya lente de agua está en promedio 15 m bajo el nivel del suelo, en el lado Este de la carretera como ya se menciono descendiendo de las bermas, se encuentran zonas de bajo relieve donde se acumula el agua de lluvia, y existen surgencias del agua subterránea, conformando la zona de humedal que va desde el sur de la Laguna Nichupte hasta el sur de Punta Brava.

Dirección del Flujo Subterráneo

De acuerdo a datos de estudios realizados en áreas cercanas a Puerto Morelos se tiene que la dirección del flujo subterráneo es de oeste a este, en dirección hacia el mar, teniendo una carga hidráulica aproximada de 0.8 m en la zona de estudio (Figura 20). Cabe mencionar que el agua se encuentra a una profundidad de aproximadamente 2.8 m a partir del nivel del terreno, esto debido a que el terreno se encuentra en la duna de arena que tiene una elevación de 2 m aproximadamente (Graniel, 2007).

Figura 20. Dirección de Flujo y Carga Hidráulica en la zona de estudio.



La zona de recarga es el área continental y que toda el agua después de circular por el subsuelo donde se va disolviendo el material geológico (calizas en su mayoría) se incrementa el contenido de sales; descarga hacia el mar. Presentándose en las zonas cercanas a la costa el efecto de la intrusión salina con efectos de las mareas en la variación de los niveles de agua.

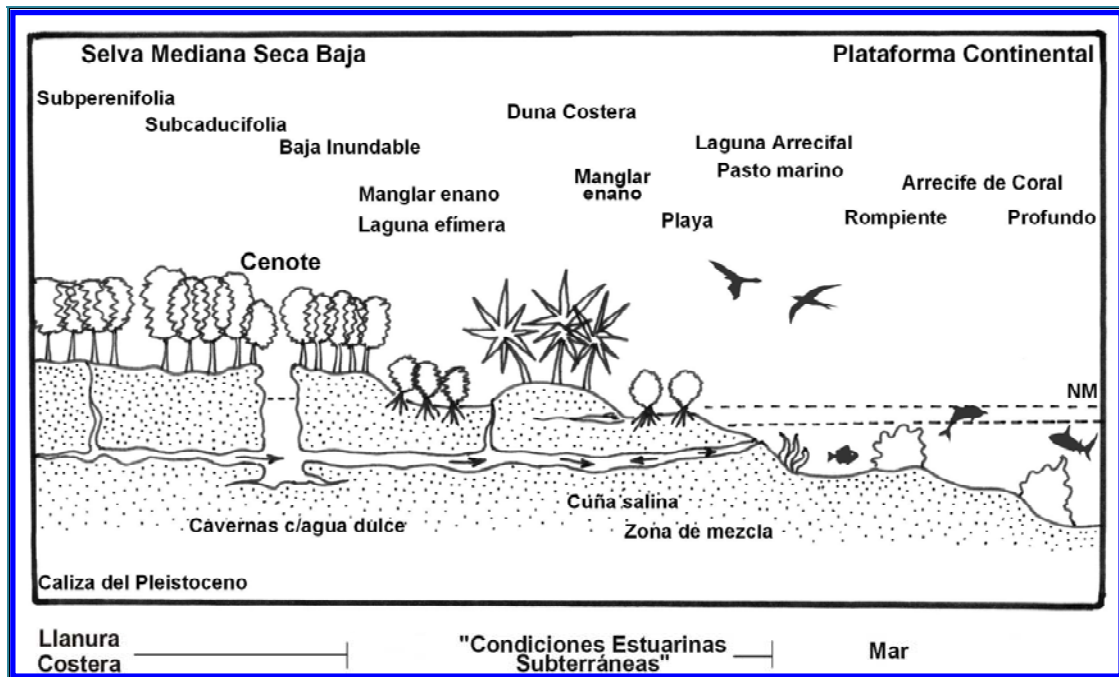


Figura 21. Modelo conceptual del flujo subterráneo en la zona costera de Quintana Roo, así se presenta en Puerto Morelos. (Yañez *et.al.* 2008)

Posición de la Interfase Salina¹⁰

Los estudios realizados en el predio del que forma parte el hotel NH Puerto Morelos reportan que la interfase salina comienza a los 17 m, presentando 2m de mezcla, a los 19 m el agua ya es marina.

f) Medio Marino.

En este punto la descripción del medio será más extensa, ya que es aquí donde se desarrollará el proyecto el cual consiste en la colocación de los AMA's tiene el objetivo de restaurar en cierta medida las condiciones ambientales de la playa del NH Puerto Morelos.

Es aquí donde surge la pregunta, ¿Por qué se requiere de una restauración?, ¿Cual es el factor que causo el cambio?



Figura 22. Fotografía aérea antes de la marina el cid¹¹, se observa la amplitud de la playa en la zona donde ahora se ubica el Hotel NH Puerto Morelos.

A manera de antecedentes.

¹⁰ Manifestación de impacto ambiental (MIA) El Cid de Cancún, 1999.

¹¹ Imagen de la MIA El cid de Cancún.

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

En Puerto Morelos se han desarrollado varios proyectos, en 1988 se propuso la construcción de un parque industrial, que incluía un puerto pesquero, se comienza la construcción, pero ésta es suspendida tras el paso del huracán Gilberto en septiembre de 1988, abandonando el espigón o escollera norte en forma "L" y el espigón sur con algunos bloques.



Figura 23. Se observa el espigón norte y sur de lo que se tenía planeado como puerto pesquero. (Fotografía aérea INEGI).

Desde entonces la construcción de las escolleras produjo modificaciones físicas en la conformación de la línea de costa y en el lecho marino; alterando la batimetría del lugar, así como el sistema de corrientes paralelas a la costa y el transporte litoral; ambos se vieron afectados por la barrera constituida por el muelle fiscal y las obras inconclusas del Puerto Pesquero.

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

El transporte litoral es un proceso natural de remoción y depositación de arena en las playas. Este movimiento de arena es paralelo a la costa y ocurre a lo largo del litoral, los factores que lo determinan son las corrientes, la energía del oleaje y los eventos de tormenta.

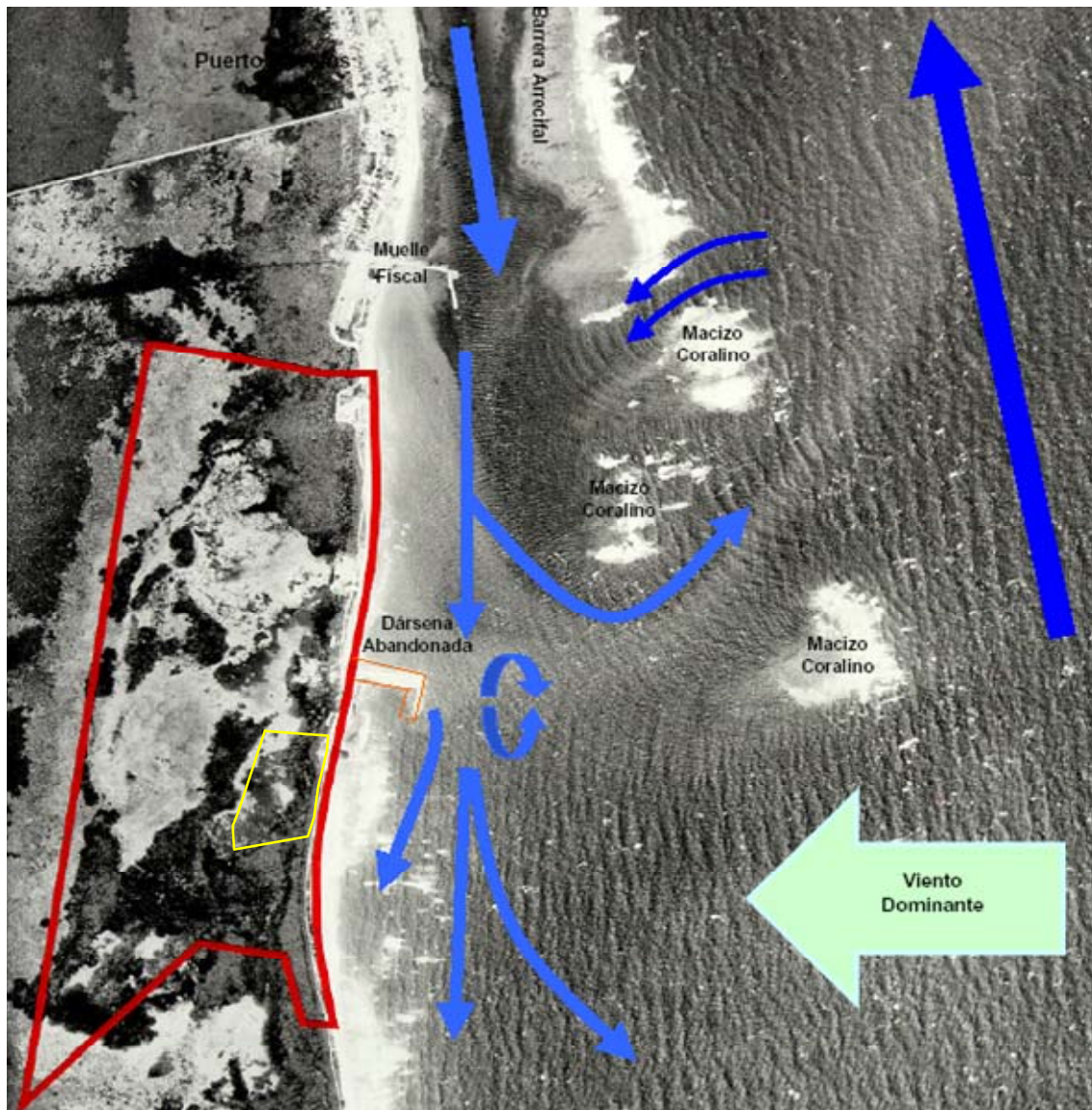


Figura 24. Se presenta el modelo de los patrones de circulación, que se determinó con base en los resultados obtenidos con las crucetas de deriva y el análisis en la zona marina frente a la dársena abandonada en Puerto Morelos (MIA-El Cid de Cancún, 1999).

En las siguientes fotografías se observan los cambios en la playa desde que se tiene documentación fotográfica de la playa y área marina de lo que ahora es la playa del hotel NH Puerto Morelos, que es el área de estudio de la presente manifestación.

La fotografía más antigua que se consiguió es la del INEGI, 1987, cuando se estaban construyendo los espigones del Puerto Pesquero, se observa la construcción del espigón y de la estructura sur con forma de encierro, además se señala en la figura la ubicación del predio del hotel NH Puerto Morelos.

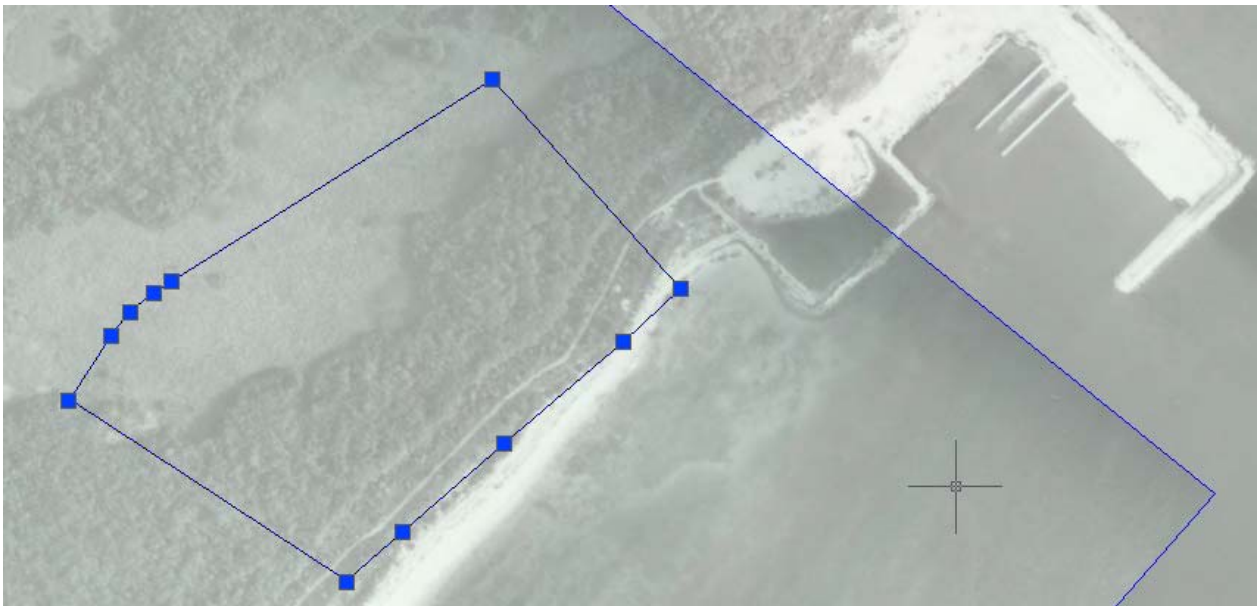


Figura 25. Fotografía del INEGI tomada en 1987 durante la construcción del puerto pesquero, se observan los límites del predio del hotel NH Puerto Morelos y el área erosionada por efecto del espigón.

Con el paso del huracán Gilberto en 1988, el proyecto y los espigones se abandonaron, en la siguiente fotografía se observan los sitios donde hubo mayor erosión, entre ellos el límite norte de lo que ahora es la playa del hotel NH Puerto Morelos.

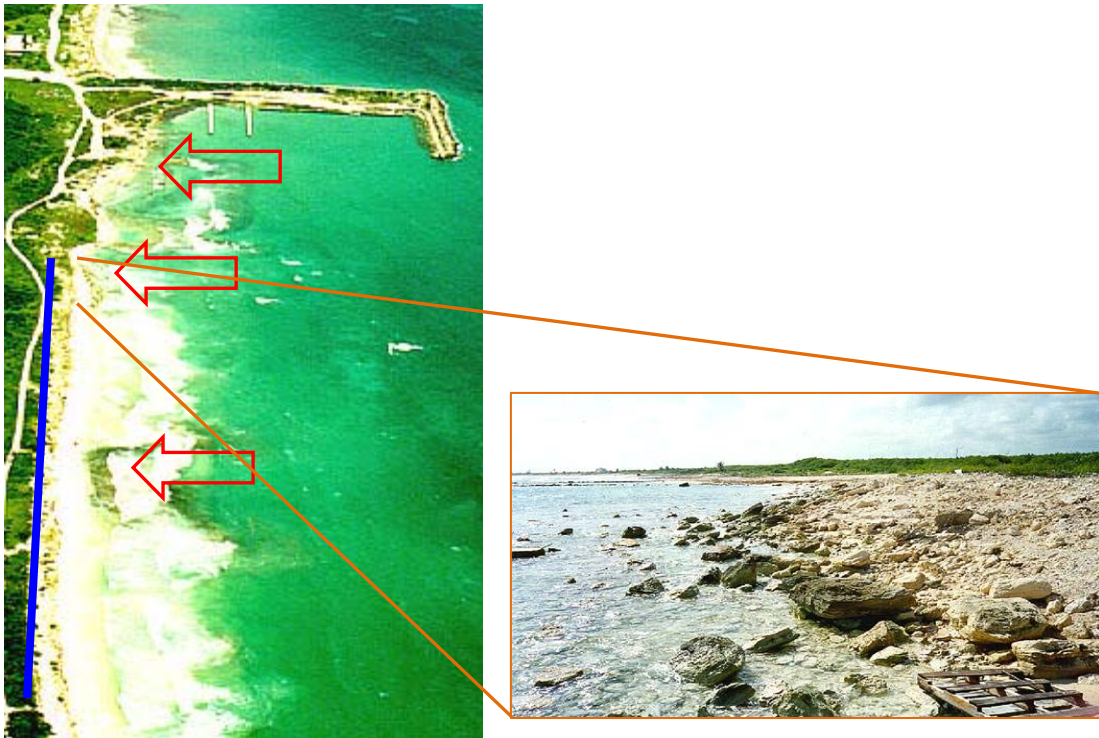


Figura 26. Fotografía aérea del año 1998 en donde se observan las estructuras del Puerto pesquero abandonadas y destruidas desde el huracán Gilberto, así como un acercamiento a las condiciones rocosas del límite norte de la playa.



Figura 27. Imagen de Google earth en donde se observan las condiciones que tenía la playa en el año 2003, durante la construcción de la marina El Cid, donde resulta notable cierta restitución de la playa.

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

Posteriormente se concluyó la marina El Cid, la cual se inauguró el 14 de febrero del 2004, en la siguiente fotografía se observa como la playa se encontraba en buenas condiciones.

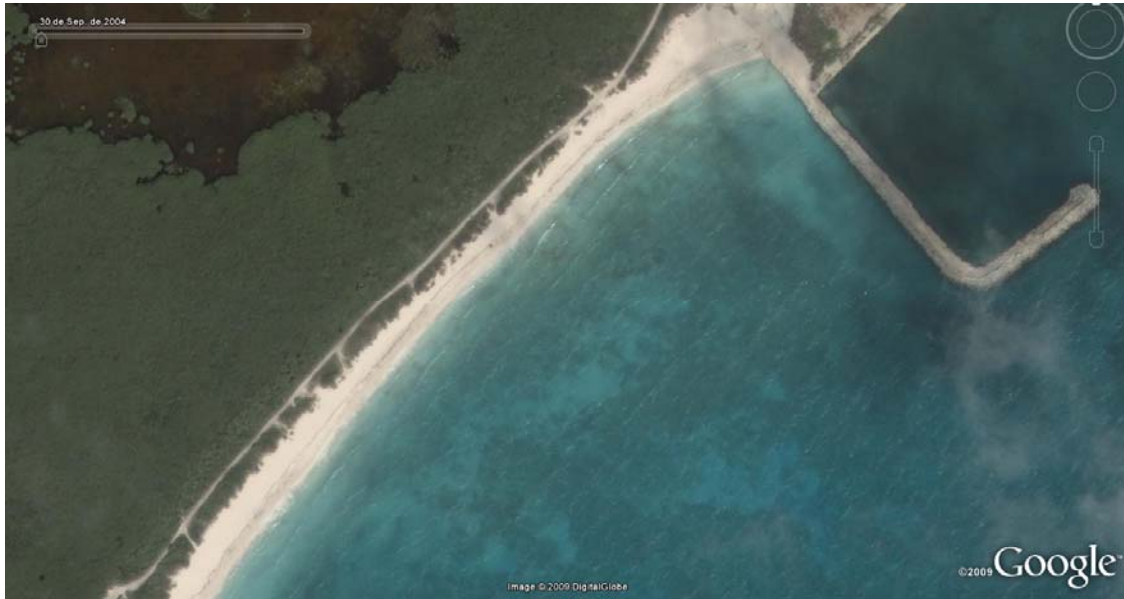


Figura 28. Frente de playa cuando ya existía la escollera sur de la marina El Cid, septiembre del 2004. (Google earth, 2009).



Figura 29. En la fotografía aérea INEGI, 2005, se observan las condiciones de la playa antes de la llegada del Huracán Wilma en octubre del mismo año.

En octubre del 2005, El huracán Wilma, pasó sobre la zona norte de Quintana Roo, en Puerto Morelos llevó gran cantidad de arena, lo que generó mayor amplitud en las playas con barrera arrecifal; al sur del muelle fiscal y de la Marina el Cid, las playas perdieron superficie, quedando la roca expuesta, y conformandose una segunda duna, o como en el caso de la playa en estudio cubrió toda la vegetación de playa, llegando al manglar, disminuyéndo las dimensiones de la zona federal marítimo terrestre considerablemente. (Figura 29 y 30).

En la fotografía del 2006 (figura 31) se observa como la arena ya se estaba recuperando en algunas partes de la playa, y en las zonas de mayor erosión aun se observa la roca..



Figura 30. Fotografía aérea de noviembre del 2005, que muestra los efectos del huracán Wilma, que transporto la arena hasta el manglar, se aprecia el manglar totalmente seco, la arena cubrió la vegetación de duna costera (Pelcastre, 2005).



Figura 31. Vista aérea del frente de playa en junio del 2006, se observa la playa en recuperación, después del huracán Wilma. (Google earth,2009)

El huracán Dean, en agosto del 2007, volvió a acarrear arena al interior del predio, la cual se acumulo alrededor de los edificios y llego a ocupar el área de los sótanos.



Figura 32. Fotografía del 12 de marzo del 2008, se observa la arena acumulada frente a los edificios, la cual erosionó hacia la playa en junio del mismo año.

En junio del 2008 se comienza a dispersar la arena acumulada dentro del predio sobre la playa, en la siguiente fotografía (junio del 2008), se observan las plumas de dispersión de arena en el límite sur de la playa frente al hotel NH.



Figura 33. Fotografía aérea junio del 2008, se observa la pluma de arena que se forman por las corrientes, la playa no se ha recuperado desde el huracán Wilma y Dean.

Después de esta descripción grafica de la historia de la zona en estudio, se presenta un resumen de los datos señalados en el estudio: *APOYO TÉCNICO PARA LA GENERACIÓN DE UN ARRECIFE ARTIFICIAL QUE SIRVA DE REFUGIO Y ALIMENTO A ESPECIES, PARA REGENERAR LA PLAYA DE LA ZONA COSTERA AFECTADA POR EL HURACÁN DEAN Y COMO DEFENSA NATURAL, EN LA ZONA MARINA ADYACENTE AL PROYECTO "HOTEL NH PUERTO MORELOS", EN LAS CERCANÍAS DEL PARQUE NACIONAL ARRECIFE DE PUERTO MORELOS*, elaborado por los investigadores del Instituto de ingeniería de la UNAM; Dr. Rodolfo Silva Casarín y Dr. Edgar G Mendoza Baldwin. Este estudio se anexa en extenso para la consulta de los detalles. (Citado en adelante como "*estudio anexo*").

Granulometría.-

De los resultados del análisis granulométrico (Tabla III 1 a Tabla III 12, del estudio anexo) cabe destacar que la zona está gobernada, como indicó el estudio geológico, por arenas no consolidadas. El diámetro medio que se encontró es de 0.17 a 0.47 mm, con una clasificación según el SUCS de arena mal graduada con poco o nada de finos y de arena fina según la clasificación de Wentworth.

La densidad relativa del material, según se encontró, es de 2.55 a 2.78 g/cm³ y el ángulo de reposo natural de estas arenas es de 36 a 42.7 grados. Por lo que toca a la forma del material granular, es de tipo redondeado.

De acuerdo con los resultados del laboratorio, la velocidad de fondo con la cual la arena empieza a moverse oscila en el rango de 0.012 m/s a 0.0164 m/s y una vez que está suspendida se volverá a sedimentar cuando la velocidad esté entre los 0.019 m/s y 0.072 m/s. Por sus características físicas, el sedimento que se encuentra en la playa tiende a la formación de rizos en el fondo.

Oleaje.-

Para la modelación del oleaje en la zona se utilizaron los datos de 60 años (1948 – 2007), la descripción de la metodología se incluye en el estudio anexo).

Los cálculos permiten observar que las máximas alturas de ola en condiciones reinantes se encuentran concentradas en valores que difieren significativamente según la época del año.

La dirección de oleaje más frecuente (anual) en aguas profundas frente a la zona de interés es la Este, muy de cerca la sigue la dirección Sureste-Este y con menor frecuencia se presentan la Noreste-Este y la Noreste.

La altura de ola con mayor frecuencia anual es de un metro y periodo de seis segundo (mayor probabilidad de ocurrencia, tabla 7), sin embargo, dada la frecuencia con la que se presentan tormentas y nortes, una altura de ola significativa de 8 m tiene un periodo de retorno menor de 5 años.

Tabla 7. Probabilidad conjunta de altura y periodo de ola.

<p>Invierno.- Se alcanzan oleajes máximos de 5 m de altura con dirección noreste, un periodo de 8.5 segundos y vientos sostenidos de 8 m/s</p>	<p>Primavera.- Llegan olas 3.5 m cada 8 segundos del sureste, cuya velocidad oscila entre 7.5-9.8 m/s</p>
<p>Verano.- El oleaje arriba a la costa con alturas del orden de 12.5 m del este, con un periodo de 13 segundos y una velocidad de 7.5 m/s;</p>	<p>Invierno.- Está gobernado por las condiciones más desfavorables, con trenes de onda de 13 metros aproximándose desde el este y con periodos de 13.5 segundos, asociados a velocidades de 9.5 m/s.</p>

Generalmente, el oleaje que se propaga hacia la costa está gobernado por direcciones que varían desde el norte hasta el este-sureste (0-162°) para todas las épocas del año. Sin embargo, si se toma la altura de ola de un metro, el 15-20% de las veces el oleaje se propaga hacia la costa con un ángulo de 90-112.5° y con un periodo de 7 segundos (Tabla 7), que corresponde a un tren de ondas proveniente del este o este-sureste con una

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

velocidad probable que varía de 9-10m/s en la época de invierno. En verano las olas aparecen en la misma dirección que en invierno pero con mayor probabilidad, entre un 20-25%, para un periodo de onda de 6 segundos y con velocidades comprendidas entre 5-5.8m/s. Para primavera las condiciones varían, pues el oleaje procede del este-sureste únicamente y en esta etapa se presenta la mayor probabilidad de aparición 25-30%, asociado a un periodo de 6 segundos y vientos sostenidos de 6 m/s. En otoño el oleaje incidente cambia su rumbo y se acerca del este con un periodo de 6.5 segundos y un 15% de frecuencia de aparición, generado por vientos aproximados de 9m/s (Figura IV.4 Estudio anexo).

Tabla 8. Rosa de oleaje, porcentaje de olas que arriban por sector.

<p>Invierno.- Predominan olas del este franco, aunque se presentan desde el norte hasta el sureste.</p>	<p>Primavera.- Predominan el oleaje el sureste.</p>
<p>Verano.- Hasta el 40% del oleaje proviene del este-sureste, igual que en primavera.</p>	<p>Otoño.- El oleaje cambia toma dirección de este - noreste.</p>

Análisis de tormentas.-

Cuando una estructura es afectada por un temporal, no sólo la magnitud del daño depende de la intensidad del fenómeno, también, el tiempo de exposición juega un papel importante en cuanto a la falla se refiere. Bajo esta justificación se expone la duración máxima y mínima de tormenta, así como el número de eventos que en promedio llegan a las costas de la zona en estudio para diferentes valores de altura de ola, dada la importancia que representa conocer las condiciones medias de clima marítimo a la hora de elaborar un diseño, (Figura IV.14., estudio anexo) Para diferentes rangos que van desde 2 hasta 12 m de altura de ola, se determinó la duración. Se puede observar que las tormentas comprendidas entre 2 y 3 m de altura en promedio alcanzan duraciones de 38 horas. Las duraciones máximas están del orden de 252 horas y deben corresponder a eventos ciclónicos cuya duración puede ser de días y hasta semanas.

Adicionalmente, de acuerdo a los resultados se estima que en condiciones normales se presentan en promedio 18 eventos por año en la zona en estudio, los meses de mayor incidencia corresponden a la temporada de "nortes", y los valores extremos de mayor energía corresponde a los huracanes, los cuales se presentan entre julio y octubre.

Se calculó el número de eventos que se forman anualmente para rangos de 2 a 12 metros de altura de ola significativa, y se determinó que para las alturas de ola comprendidas entre 2 y 4 metros el año 1952 fue el más activo, con la presencia de 33 eventos, mientras que 1993 fue el año quizá de más calma pues solo se tienen 3 temporales por año en promedio. Al aumentar los rangos va disminuyendo el número de ocurrencias en cantidad pero los trenes de onda aumentan en magnitud, y como se mencionó en el apartado anterior, el año 2005 estuvo dominado por un evento de gran dimensión, asociado al huracán Wilma.

Este procedimiento permite establecer a futuro un análisis histórico de la serie de datos para determinar por ejemplo como va influyendo el cambio climático en el incremento de las alturas de ola, en el número de ocurrencias por año o en el aumento o disminución de la intensidad energética de los temporales.

Como se ha mencionado en el transcurso de este proyecto, la energía es el reflejo de las condiciones generadas por los temporales que se propagan hacia la costa. En el siguiente gráfico se observa la energía liberada por las tormentas que se obtuvieron en el análisis de alturas significantes en todo el registro (normalizada).

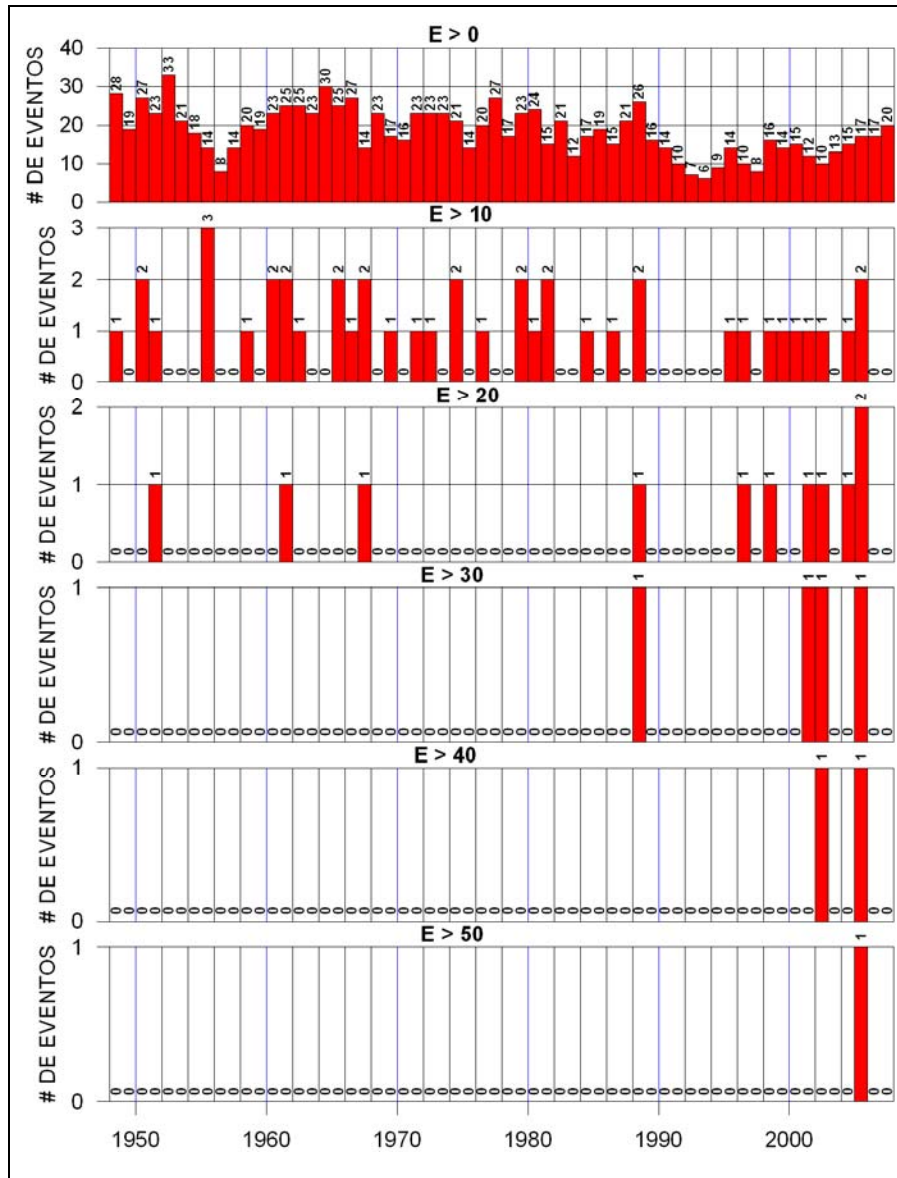


Figura 34. Presencia de tormentas normalizadas por año en todo el registro

Resumen de la ocurrencia de eventos extraordinarios que han afectado la zona ordenados por energía normalizada. La normalización de las tormentas se realizó con un temporal de altura de ola significativa de 2 m actuando por 24 horas, el valor de 2 m corresponde a 1.5 veces la altura de ola significativa media en la zona.

Tabla 9. Eventos energéticos más importantes que han actuado en la zona entre 1949 y 2007

Año	INICIO			FINAL			H _S máx (m)	H _S med (m)	T _P máx (s)	T _P med (s)	E	DD (h)	θ	Huracán
	M	D	H	M	D	H								
2005	10	19	13	10	26	01	12.9	6.4	13.9	11.1	91.5	157	130.3	Wilma
2002	09	20	8	09	25	15	10.3	5	12.4	9.1	41.1	128	168.3	Isidore
1988	09	13	1	09	16	12	12.7	5.4	13.8	10.3	31.7	84	92.9	Gilbert
2001	10	27	13	11	06	02	5.6	3.5	10.5	9.2	30.4	230	52.1	Michelle
1951	08	18	23	08	21	01	12.1	6.5	13.4	9.6	28.3	51	98.6	Charlie
1996	11	09	1	11	19	00	4.1	3.1	10	9.0	24.3	240	50.7	Lili
1961	09	05	3	09	09	12	7.9	4.1	10.8	9.0	23.2	106	127.2	Carla
1967	09	15	21	09	18	05	10.2	5.6	12.4	8.9	22.9	57	97	Beulah
1998	10	23	15	10	31	00	5.0	3.2	10.9	9.3	20.9	178	72.3	Mitch
2005	07	17	13	07	19	00	12.3	6.6	13.5	10.5	20.2	36	97.9	Emily
2004	09	12	4	09	15	11	7.7	4.6	10.7	9.6	20.2	80	81.3	Iván

D=día, M =mes, H =hora, θ =ángulo de incidencia y E =energía normalizada, DD =duración

Se observa que entre 1988 y 2005 se experimentó el efecto de los tres eventos (huracanes) más importantes en magnitud y duración, lo cual sin duda es un aspecto muy importante para comprender el porqué entre 1970 y 1988 no se tienen registros de modificaciones en la costa importantes, aunado a la modificación de la línea de costa tanto los pastos marinos como la vegetación de duna costera que amortigua de algún modo los embates del oleaje, al construir sobre las dunas, se elimina este servicio ambiental que presta la vegetación.

Como parte del estudio se realizó la simulación en las condiciones extremas de viento y de oleaje;



Estimación de las corrientes inducidas por viento y del oleaje local.-

a) Simulaciones de corrientes inducidas por vientos medios y extraordinarios

De los resultados de marea de tormenta (sobre-elevación) y corrientes asociadas se desprende lo siguiente:

- * Que los vientos con dirección proveniente del Noreste-Este tienden al apilamiento de agua en la parte sur de las salientes y estructuras costeras, los vientos del Este, distribuyen el apilamiento a lo largo de todas las zonas de playa, mientras que los del Sureste-Este acumulan agua en dirección norte de las salientes de las estructuras.
- * En todos los casos se nota que la marea de tormenta es de una magnitud mayor en la zona protegida por los arrecifes (zona norte) en relación a la zona de costa que no está protegida por los arrecifes. Lo cual es consistente con la presencia de dunas costeras más altas en la zona norte
- * La marea de tormenta en condiciones de viento reinante es menor a los 10 cm y velocidades de corriente de 20 cm/s, mientras que con vientos asociados a un huracán clase 1 pueden llegar a alcanzar una cota de 50 cm y corrientes de 100 cm/s
- * La dirección de las corrientes tiene una alta correlación con la condición de viento de forzamiento

A la luz de los resultados obtenidos, en el caso concreto de la zona de influencia del Hotel NH Puerto Morelos, se puede afirmar lo siguiente:

-  Los efectos hidrodinámicos inducidos por tormentas con componente hacia el norte inducen una acumulación de arena frente al predio. Mientras que en los casos en los que se presentan tormentas con vientos con componente hacia el sur la playa sufre un disminución de material.
-  Atendiendo a las características mecánicas del sedimento de la zona, para que se presente un avance o retroceso de la línea de costa en condiciones *normales*, la persistencia de los eventos debe ser del orden

de semanas. En caso que se tengan condiciones de tormenta muy intensa, los cambios de la playa se generarán en cuestión de horas.

✚ El efecto de una estructura con las características geométricas propuestas y ubicada propiamente a la sombra de la obra de abrigo de la Marina El Cid, no modificará el patrón de corrientes general y sí puede amortiguar la dinámica morfológica súbita de la playa asociada a corrientes de tormenta.

✚ Todos los efectos descritos a través de la hidrodinámica tienen sus efectos en la velocidad de movimiento de las playas, así como en el nivel de coronación y geometría de las dunas. Con los resultados obtenidos se ilustra claramente la importancia positiva que juegan las estructuras naturales semi-sumergidas en la protección del litoral.

b) Estimación de las condiciones locales de oleaje

En esta sección se presentan los resultados de oleaje local bajo las condiciones topo-batimétricas actuales y en el escenario de la presencia de la estructura sumergida artificial. El modelo utilizado incorpora de manera implícita los fenómenos más importantes que puede experimentar el oleaje al propagarse en un fondo marino tan complejo como el de Puerto Morelos, como son la difracción, profundidad, refracción, reflexión y la disipación inducida por la eventual rotura del oleaje y efectos de fricción.




La dinámica marina asociada al oleaje tiene un comportamiento análogo al descrito para los marea de tormenta inducida por efectos del oleaje. En el caso particular de la zona adyacente al Hotel NH Puerto Morelos, se puede afirmar lo siguiente:

- * En las condiciones actuales, se puede aseverar que con oleajes provenientes del sector Noreste-Este y Noreste, la arena que está frente al predio viaja hacia el sur retrocediendo la línea de costa, condiciones muy propias del otoño e invierno. Cuando las condiciones de incidencia cambian y el oleaje proviene del Sureste-Este y Sureste, la arena que se encontraba al sur de la celda litoral se acumula en la parte sur de la obra de abrigo de la Marina El Cid y si coincide con efectos de marea de tormenta naturalmente se construirá una duna.

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

- * Las estructuras de la Marina El Cid provocan cambios en la dinámica local que hacen que se pasen de estados de acumulación de arena a condiciones erosivas de manera dramática, particularmente porque esta zona no tiene protección natural de arrecifes que amortigüen al oleaje de fondo
- * Para condiciones de oleaje local (SEA) con periodo menor a 8 s, la capacidad relativa de transporte de sedimentos es menor que para una condición energéticamente similar de oleaje distante (SWELL).

De la simulación del oleaje ya con las estructuras se señala:

-  En lo general, las obras propuestas no modifican las condiciones hidrodinámicas actuales, excepto para cuando se presenten tormentas importantes. Estas estructuras simplemente limitaran las alturas de ola máximas y por ende el transporte de sedimentos será mucho menor.
-  Para fines ingenieriles, con estas estructuras se tendrán los mismos comportamientos regionales, simplemente la playa en el predio no crecerá tanto con tormentas que induzcan oleajes provenientes del Sur, ni tampoco permitirán que la playa se erosione tan fácilmente. En resumen, además de las funciones ambientales de las estructuras, éstas servirán como un regulador del transporte de sedimentos
-  Por otro lado, las corrientes locales en dicha zona serán menores, ya que el oleaje estará limitado en una sección pequeña y como consecuencia se tendrán aguas de baño más seguras para el turismo.

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

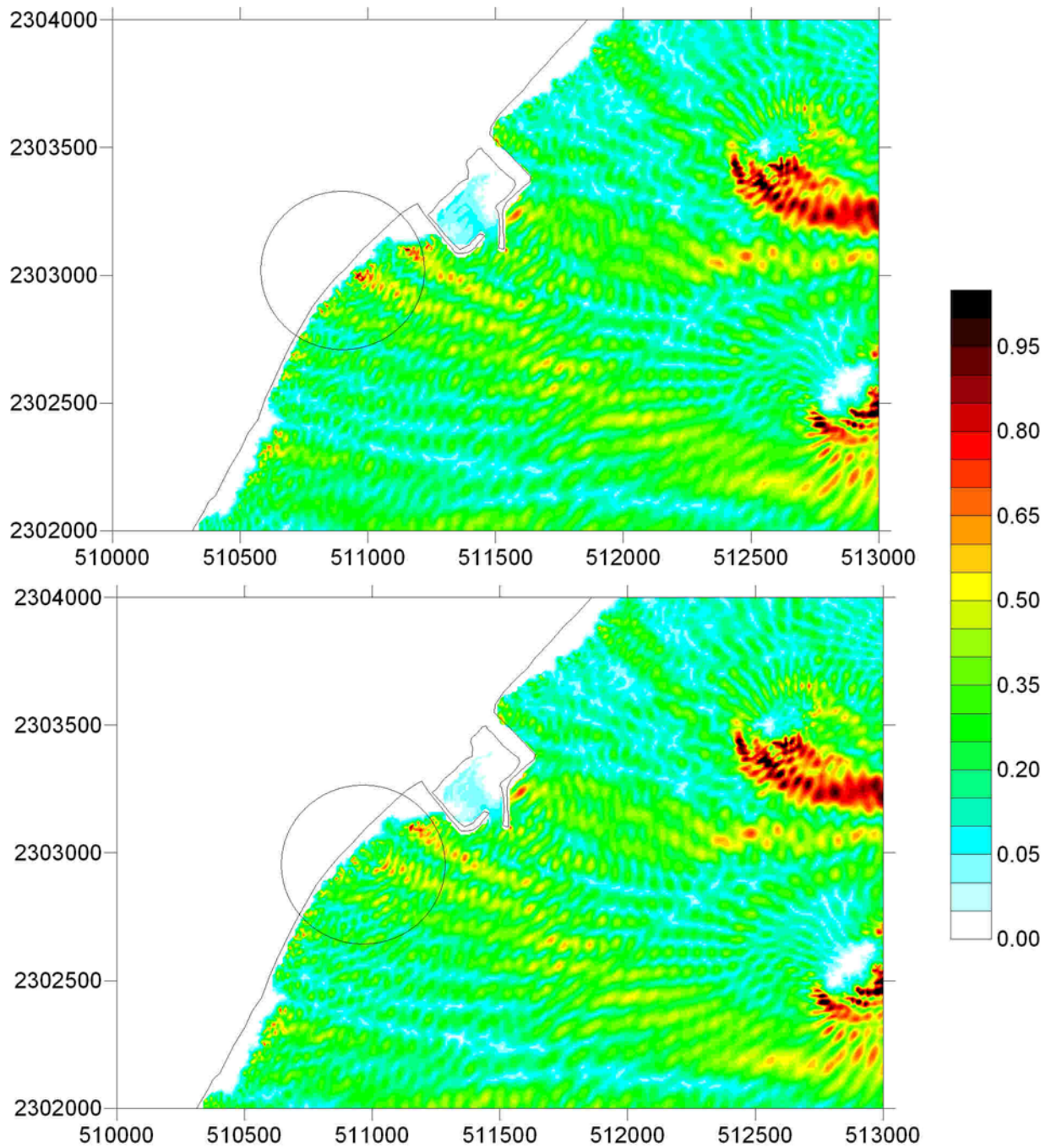


Figura 35. Detalle de las alturas de ola máximas locales (panel superior) condición actual y (panel inferior) con las estructuras propuestas. Altura de ola $H = 2$ m, Periodo de ola $T = 12$ s y Dirección de incidencia $\theta = E$

4.2.2. Aspectos bióticos

De acuerdo al área de estudio e influencia del proyecto de arrecife artificial, se incluyó la playa. Se proyecta que a mediano plazo, al disminuir la energía del oleaje, favoreciendo la acreación y disminuyendo la erosión, se vaya ampliando la playa. Por lo que es importante mencionar los aspectos bióticos que presento esta antes del desarrollo de la Marina El Cid, ya que una vez que se vaya generando habrá que ir reforestando la duna, a fin de que la vegetación le brinde protección y estabilidad a este ecosistema.

a) Vegetación y fauna en la playa y colindante.

De acuerdo a la caracterización de la vegetación que se presento en la MIA - El Cid De Cancún, la vegetación original en el predio donde actualmente se ubican los lotes del *Desarrollo El Cid*, del que forma el predio del *Nh Puerto Morelos*, se componía de tres grandes asociaciones: las halófitas costeras (duna arenosa), los humedales (con sus manglares y desarrollos monoespecíficos de pastizales y tulares) y los petenes.

En el predio del *Hotel Nh*, Se desarrollaba manglar, tular, y vegetación halofita en la duna costera.

Cabe señalar que en la construcción del Hotel se respeto la afectación a la vegetación autorizada, y que se conserva parte de cada uno de estos tres componentes.

Desde el Paso de los huracanes Wilma y Dean la vegetación quedo muy afectada, el manglar se secó, y la vegetación de la duna costera fue cubierta por arena.

Actualmente el hotel está haciendo la labor de reforestación y jardinería, dando preferencia a la vegetación nativa, en los alrededores el manglar se encuentra en una lenta recuperación.



Figura 36. Vista de norte a sur, se observa la situación actual en el límite oeste del predio, donde se realizó reforestación con manglar alrededor de la cuenca temporal.



Figura 37. Vista de norte a sur de la playa actualmente, se observan las zonas donde se reforesto con vegetación halofita.

b) Fauna en la playa y colindante.

La fauna en el hotel se ha observado en el lado oeste, en la cuenca donde este año se observaron algunas aves migratorias, asociadas al humedal. En la playa se llegan a observar también algunas aves de paso, en la playa no hay vegetación o estructuras donde puedan encontrar refugio o un sitio de percha.

En los recorridos no se ha registrado fauna, probablemente por la reciente reforestación, y paso de los trabajadores y usuarios de la playa.

En esta playa no se ha registrado arribo de tortuga, en los tres años que se ha realizado la supervisión ambiental.

c) Flora y Fauna Marina

Para la realización de la caracterización del medio Marino se realizaron 5 transectos, para lo cual primero se realizo la planeación con ayuda de fotografías aéreas, determinando dos zonas (Figura 38):

- La zona marina desde la playa a 100 m de distancia (Tres transectos perpendiculares a la línea de costa).
- Y dos en las zonas profundas, a 239 m de la playa, y a 400 m de la playa (Dos transectos paralelos a la costa).

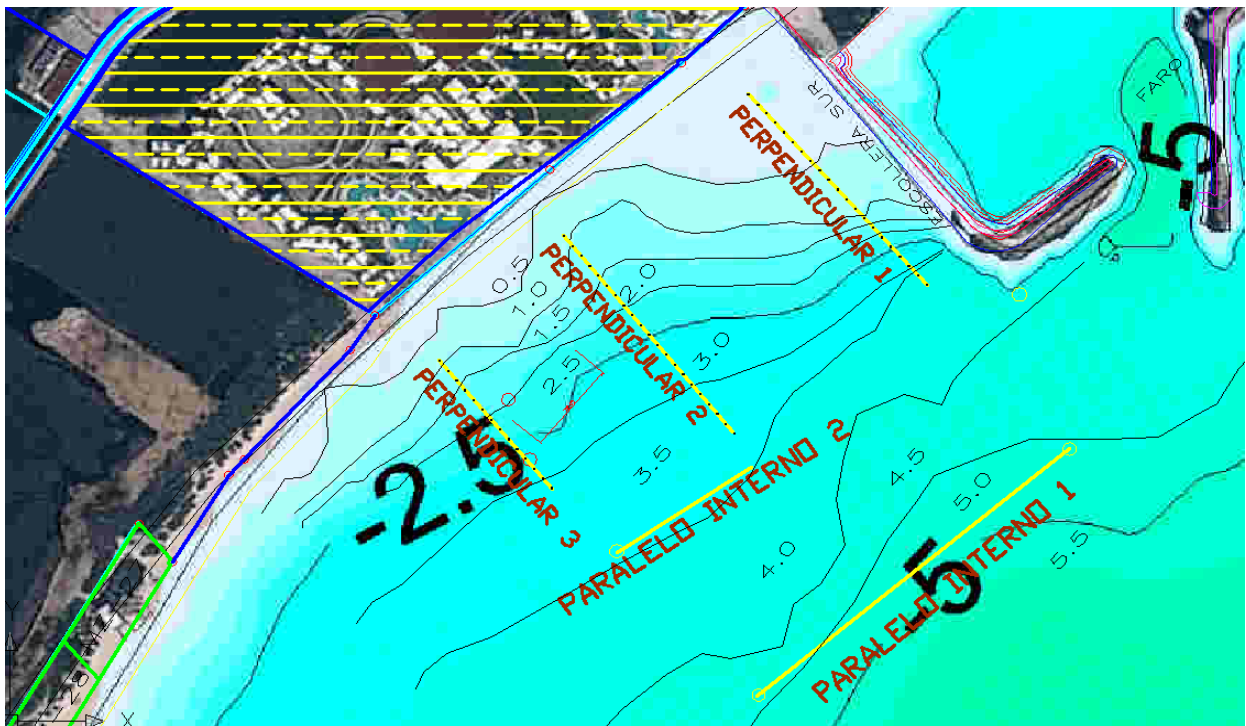


Figura 38. Transectos fotográficos realizados en el área marina frente al hotel NH Puerto Morelos, marcados con líneas amarillas, **P-1** (transecto paralelo a línea de costa 1, con una longitud de 100 metros), **P-2** (transecto paralelo a línea de costa 2, con una longitud de 300 metros), **PL-1** (transecto perpendicular a línea de costa 1 con una longitud de 200 metros), **PL-2** (transecto perpendicular a línea de costa 2 con una longitud de 200 metros), **PL-3** (transecto perpendicular a línea de costa 3, con una longitud de 160 metros).

Es importante señalar que estas dos zonas profundas quedan fuera del área de influencia, pero se realizaron antes de la propuesta final de la ubicación del arrecife artificial, se incluyen en el presente informe como parte del área de estudio.

La realización de los 5 transectos se llevo a cabo con el siguiente método:

1. Con la ayuda de equipo de buceo autónomo (SCUBA), se delimitaron cada uno de los transectos en el sitio elegido, mediante una cinta métrica de 50 metros del longitud
2. Una vez colocada la cinta, se realizó la filmación del fondo marino con ello se hace el registro permanente y continuo de cada uno de los sitios.
3. Después de la filmación se realizo el registro fotográfico, para ello se utilizo un cuadrante de 1m², 1m de largo por 1m de ancho, que se colocó sobre la cinta a cada diez metros de distancia, para tomar una fotografía del área que cubrió el cuadrante, siempre que fue pertinente se cubrió en la toma fotográfica el cuadrante completo y se realizaron los acercamientos necesarios a los elementos bentónicos relevantes que cayeron dentro del cuadrante, el cuadrante contó en su parte central de una referencia, de medición, de veinte centímetros de largo, 10 cm de ella se pinto de color negro y los restantes 10 cm., se dejaron en blanco para mejorar el contraste.
4. Se registro en la libreta de campo las especies y características sobresalientes del transecto.
5. Se elaboro el documento titulado *CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN Y FAUNA DE LA ZONA MARINA FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS*, (anexo a la presente).
6. *Se anexa la película de los transectos (DVD).*

TRANSECTO PERPENDICULAR 1.



Figura 39. Fotografía aérea tomada en marzo de 2008, en donde se muestra la ubicación del transecto perpendicular a la línea de costa numero 2.

Para analizar la distribución de especies se generaron cotas de profundidad, dependiendo de los cambios en la cobertura, dividido en 5 grandes grupos de los organismos comunes en la zona, y señalando también la proporción de arena.

Tabla 10. Porcentaje de cobertura en el transecto perpendicular 1.

Profundidad (m)	Algas cafés	Algas calcáreas	Gorgonaceos	Esponjas	Corales Escleractinios	Roca	Arena
0 a 0.5	-	-	-	-	-	-	100%
0.5 a 1.0	10%	1%	-	-	Menos del 0.1%	-	89%
1.0 a 2.5	25%	Menos del 1%	-	-	-	-	75%
2.5 a 4.00	20%	-	-	-	-	15%	75%

Las especies que se registraron en el transecto son:

- Alga café *Cladosiphon occidentalis*, es la especie con mayor presencia en los cuadrantes crece sobre la arena y las rocas.
- Algas verdes filamentosas (no identificadas).
- Alga verde calcárea *Penicillus pyriformis*, manchón disperso.
- Alga verde calcárea *Penicillus dumetosus*, manchón disperso.

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

- Coral escleractinio *Siderastrea siderea*, una colonia de menos de 10 cm de diámetro.

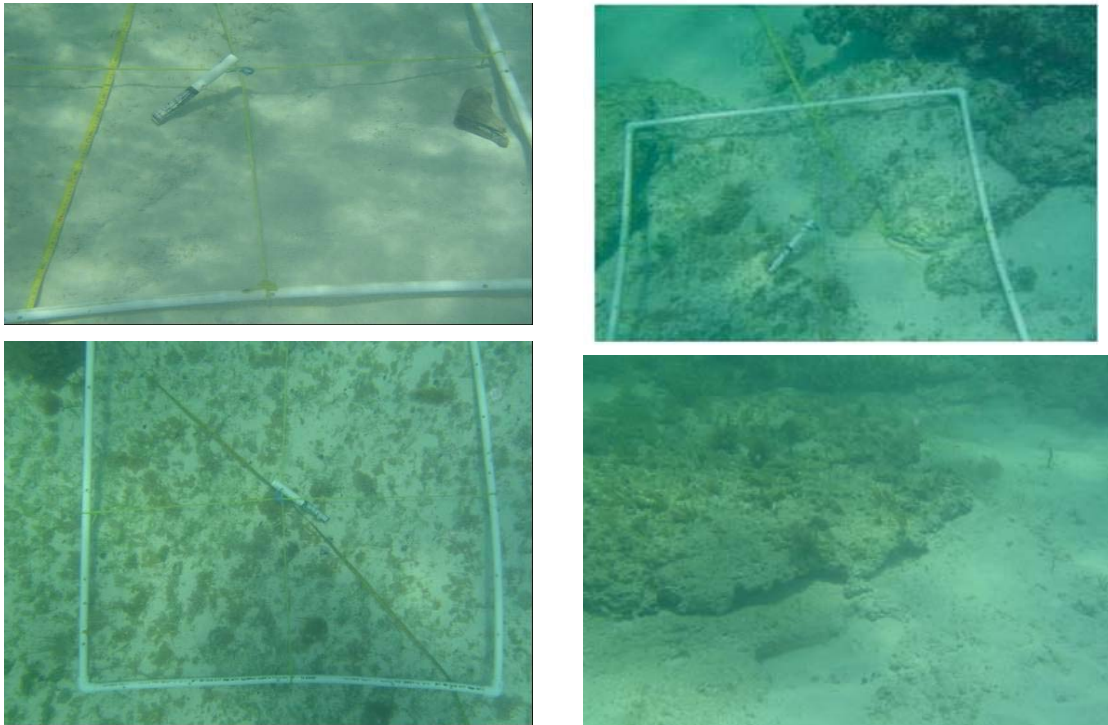
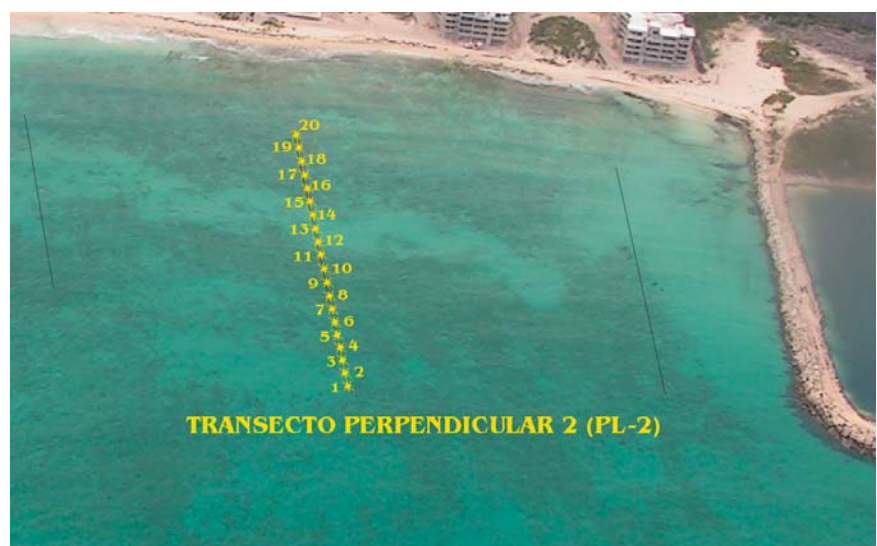


Figura 40. En el transecto se localiza un arenal que posteriormente se cubre del alga café. *Cladosiphon occidentalis*, a los 200 m se localizo una zona rocosa con la presencia de esta misma alga.

TRANSECTO PERPENDICULAR 2

Figura 41.- Fotografía aérea tomada en marzo de 2008, en donde se muestra la ubicación del transecto perpendicular a la línea de costa numero 2.



ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

El transecto perpendicular 2, se ubica a una mayor distancia del espigón sur de la marina, por lo que la energía del oleaje es mayor, y se refleja en una mayor presencia de rocas, y menos cobertura de algas, se observo un manchón de menos de 1 m de diámetro de pasto *Thalassia testudinum*.

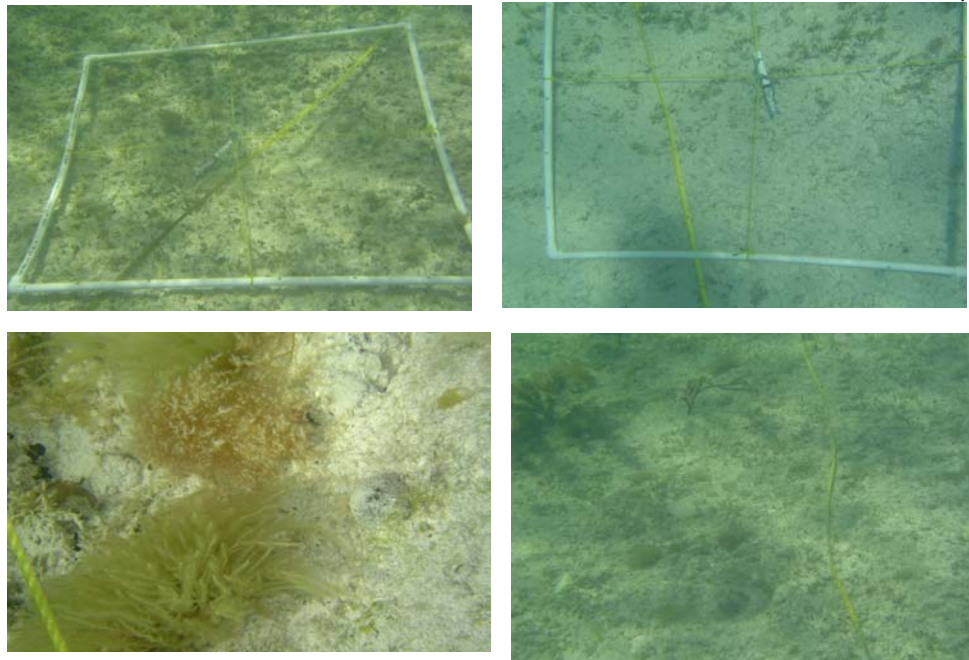
Las especies que se observaron en este transecto son:

- *Pasto marino.- Thalassia testudinum*
- *Alga Café.- Cladosiphon occidentalis*
- *Alga verde calcárea.- Caulerpa cupressoides*
- *Gorgonáceos* fuera del transecto.

Tabla 11. Porcentaje de cobertura en el transecto perpendicular 1.

Profundidad (m)	Algas cafés	Algas calcáreas	Pastos	Eponjas Gorgonáceos	Corales Escleractinios	Roca	Arena
0 a 1.0	-	-	-	-	-	-	100%
1.5 a 2.0	12%	-	-	-	-	5%	83%
2.0 a 2.5	2%	Menos del 1%	-	-	-	10%	98%
2.5 a 3.0	2%	-	-	-	-	-	98%
3.0 a 3.5	5%	-	2%	-	-	10%	83%

Figura 42. En este transecto también domina la cobertura de *Cladosiphon*



occidentalis, sobre arena, y rocas en la zona más profunda.



Figura 43. Aunque fuera del transecto es importante señalar que se localizaron entre los 2.5 y 3 m de profundidad un grupo de gorgonáceos; de los géneros *Pterogorgia sp* y *Pseudopterogorgia sp*.

Es importantes señalar que esta zona de gorgonáceos no se ubica en el sitio donde se colocara el arrecife artificial, las estructuras no afectaran ningún organismo.

TRANSECTO PERPENDICULAR 3

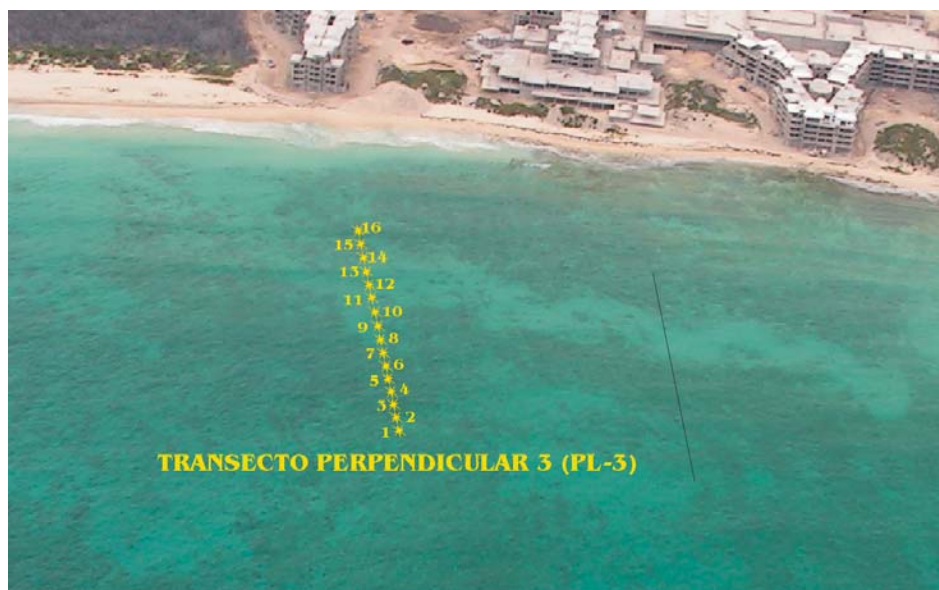


Figura 44. Fotografía aérea tomada en marzo de 2008, en donde se muestra la ubicación del transecto perpendicular número 3, zona donde se colocaran los arrecifes artificiales.

Este transecto se ubica en el límite sur de la zona marina frente al Hotel Nh Puerto Morelos, la zona donde se proyecta la colocación del arrecife artificial.

En este transecto no se encontraron algas hasta los 100 desde la playa, a una profundidad de 3 m, el arenal en esta zona es más extenso desde la playa, la presencia de organismos fue menor.

Tabla 12. Porcentaje de cobertura en el transecto perpendicular 1.

Profundidad (m)	Algas cafés	Algas calcáreas	Pastos	Esponjas Gorgonáceos	Corales Escleractinios	Roca	Arena
0 a 2.5	-	-	-	-	-	-	100%
3.0 a 3.5	4%	-	-	-	-	5%	91%

La única especie registrada en el transecto fue el alga café; *Cladosiphon occidentalis*, y el alga verde filamentosa.

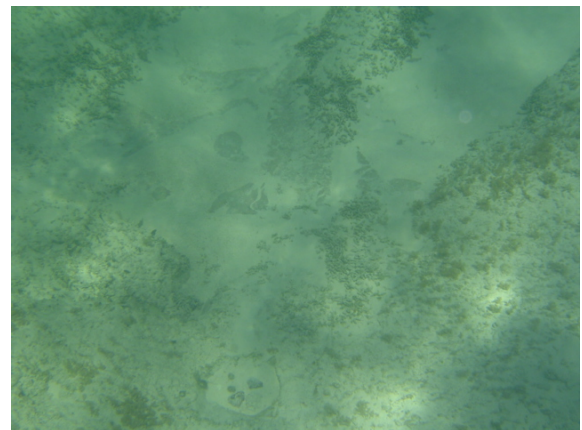
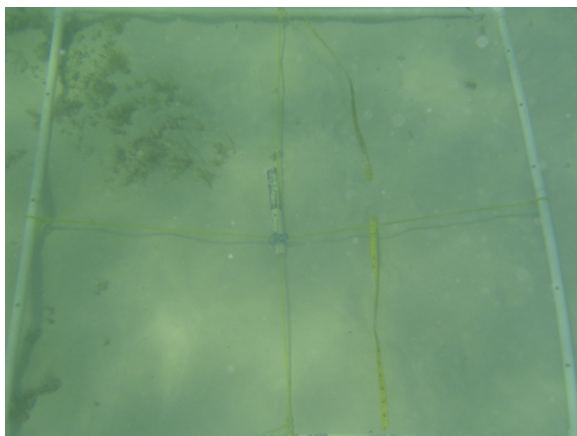


Figura 45. En este transecto la presencia de organismos disminuye el arenal presenta el alga café y se observa la laja desnuda.

TRANSECTOS PARALELOS

Se realizaron dos transectos paralelos, el paralelo no.1 a 300 m de la costa y el paralelo No. 2 a 250 m de la costa. Estos se realizaron como parte del sistema ambiental, ya que no se ubican dentro del área de influencia del arrecife artificial, ni en la zona de afectación directa (donde se colocaran las estructuras).

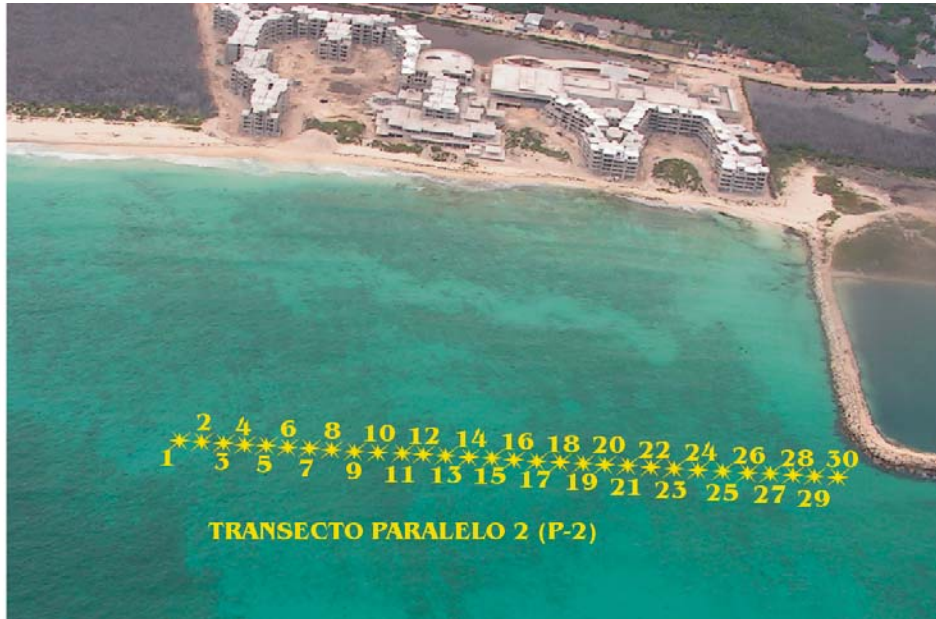


Figura 46. Fotografía aérea tomada en marzo de 2008, en donde se muestra la ubicación del transecto paralelo a la línea de costa numero 2, con un largo de 300 m.

Esta zona se ubica en la parte oeste del sitio proyectado para la ubicación del al arrecife artificial, no se verá influenciada por el cambio de la energía del oleaje.

En esta zona se encontró un arenal cubierto por manchones de algas, a esta distancia y a mayor profundidad se empiezan a ver mayor número de especies.

Este transecto va de los 250 m a los 270 m de la playa, a una profundidad entre 4.5 y 5 metros.

En esta zona más profunda, y la cual no será influenciada por las estructuras que conformaran el arrecife artificial, al encontrarse fuera del área de influencia por el cambio de la energía del oleaje, se encontró un arenal cubierto por manchones de algas verdes, donde sigue dominando el alga café *Cladosiphon occidentalis*.

NO SE REGISTRARON ESPECIES CATALOGADAS EN LA NOM-059-SEMARNAT-2001.

4.2.3. Paisaje

Analizando el paisaje como la forma en que este se percibe, considerando la calidad, naturalidad y fragilidad; el paisaje en la playa y zona marina del Hotel Nh Puerto Morelos ha tenido cambios significativos tanto por los efectos naturales, como han sido los huracanes, que modificaron la distribución de la vegetación, como por las actividades del hombre.

Actualmente el paisaje forma parte de la unidad turística del corredor conocido comercialmente como Riviera Maya, donde se están construyendo hoteles y fraccionamientos residenciales y turísticos, lo que ha modificado el paisaje, disminuyendo su naturalidad, pero siempre buscando ofrecer una alta calidad paisajística.

La zona marina también ha sido modificada, al construir la mayoría de los hoteles sobre la duna costera, o retirando la vegetación de ésta, lo que ha provocado la pérdida de playas, situación que han pretendido solucionar colocando espigones de bolsacreto o costales, “soluciones” que generalmente impactan al paisaje de forma negativa, disminuyendo su calidad y su naturalidad.

Todas estas modificaciones hacen que esta unidad playa - zona marina colindante, aumente su fragilidad, ya que cualquier cambio es más notable, y los impactos visuales se irán acumulando, de ahí la importancia de que los nuevos complejos dejen libre el frente de playa, respetando la vegetación de la duna y el pasto marino.

4.2.4. Medio socioeconómico

Como se menciona antes en esta sección se retoma la información municipal.

Demografía

El Estado de Quintana Roo de acuerdo con el último censo (INEGI,2005), cuenta con 1,135,309 habitantes, de los cuales el 50.46% se concentra en el Municipio de Benito Juárez.

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

Tabla 13. Indicadores Básico Población en Quintana Roo.

Año	Población Municipal Benito Juárez	Tasa Media Anual (crecimiento)	Población Estatal	Participación Estatal (%)
1980	37,19		225,985	16.46%
1990	176,765	17.3%	493,277	35.83%
1995	311,696	10.6%	703,536	44.30%
2000	419,276	9.04%	874,963	48.00%
2005	572,973	5.7%	1,135,309	50.46%

Tabla 14. Población por municipio.

NOMBRE	POBLACIÓN TOTAL	CABECERA
COZUMEL	73 193	Cozumel
FELIPE CARRILLO PUERTO	65 373	Felipe Carrillo Puerto
ISLA MUJERES	13 315	Isla Mujeres
OTHÓN P. BLANCO	219 763	Chetumal
BENITO JUÁREZ	572 973	Cancún
JOSÉ MARÍA MORELOS	32 746	José María Morelos
LÁZARO CÁRDENAS	22 434	Kantunilkín
SOLIDARIDAD	135 512	Playa del Carmen

FUENTE: INEGI.II Censo de Población y Vivienda

La localidad de Puerto Morelos se divide en tres asentamientos humanos Central Vallarta, Col. Joaquín Zetina Gazca, y Puerto Morelos en el año 2000 contaba con una población de 2,224 habitantes, en el censo 2005, se registraron 6,629 en la Col. Joaquín Zetina Gazca.

Tabla 15. Distribución de la población municipal en Benito Juárez en los últimos 10 años en las diferentes comunidades que lo integran.

Localidad	1990	1995	2000	2005
Benito Juárez	176,765	311,696	419,815	572,973
Cancún	170,554 ¹	302,897 ¹	399,200	526,701
Puerto Morelos	1,412	2,208	3,438	7,726*
Leona Vicario	2,432	3,503	4,599	5,358
Alfredo V. Bonfil ¹	s/d	s/d	8,751	13,822
Resto del municipio	2,367	3,088	4,029	19,366

¹/ Incluye la Ciudad de Cancún, Alfredo V. Bonfil y Residencial Campestre
*Es el dato Joaquín Zetina Gazca y Puerto Morelos (6629 + 1097)
Fuente: Censos Generales de Población y Vivienda, 1990 y 2000, y Censo de Población, 1995 de INEGI.

Puerto Morelos ha triplicado su población en la última década, los primeros pobladores llegaron a Puerto Morelos aproximadamente a finales del siglo pasado; el lugar presentaba condiciones idóneas para la construcción de un puerto de embarque que permitiera transportar los principales productos extraídos de la zona: la goma del árbol del chicle y la madera del árbol del tinte. En ese entonces la pesca era una actividad complementaria, ya que sólo se ejercía para obtener alimento. Cuando decayó la actividad forestal los habitantes de Puerto Morelos se dedicaron de lleno a la pesca, la caza y el comercio. Al pasar los años y con el desarrollo de Cancún (a finales de la década de los sesenta), se generó un crecimiento económico y poblacional.

Puerto Morelos tiene 1,097 habitantes, de los cuales 552 son hombres y 545 mujeres, con una tasa de crecimiento de 3.7.

Flujos migratorios

Una característica relevante de la población municipal, es su elevada tasa de crecimiento, determinada sin duda por un número grande de inmigrantes, que han llegado de manera constante desde hace tres décadas para establecerse y consolidar la importante ciudad que es hoy día Cancún. Si bien es cierto que la tasa de crecimiento ha disminuido en la última década en comparación con la de los años ochenta, el Municipio Benito Juárez sigue presentando una de las más altas tasas de crecimiento poblacional la cual asciende al 6.1 % anual durante el último quinquenio (FONATUR, 2000). Si bien, la estimación para la última década es de 9.04 %.

Lo anterior es consecuencia directa del índice de inmigración que se observa en la zona Norte del Estado de Quintana Roo, que es el mayor en todo el país. Esto se explica por el crecimiento constante del sector turístico y sus actividades relacionadas, que han requerido la presencia de gran cantidad de trabajadores y prestadores de servicios, los cuales provienen, en su mayor parte, de otras regiones del país.

De la población total registrada para Benito Juárez en la Encuesta Nacional Demográfica (INEGI, 1997), el 55.09 % eran inmigrantes de otros estados del país, principalmente de las entidades vecinas de Yucatán y Campeche, seguidos por Veracruz y la capital del país. Sin embargo, los resultados definitivos del XII Censo General de Población y Vivienda 2000 (INEGI, 2001), arrojan resultados diferentes: el 70.18 % son inmigrantes de otras partes de

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

México (290,844 = 69.28 %), o el extranjero (3,795 = 0.97 %), lo que delata la fuerte atracción que genera Cancún y su dinámica económica para los mexicanos, principalmente de las entidades cercanas y el Distrito Federal.

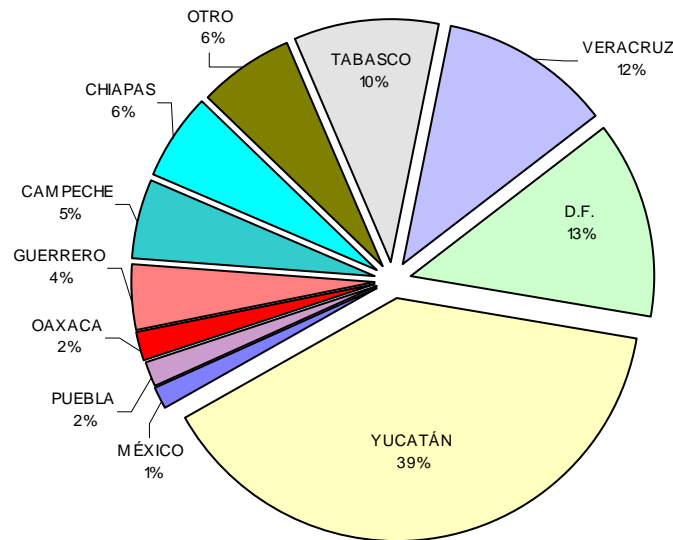


Figura 47. La mayor parte de la población que radica en el Benito Juárez proviene de otras entidades del país, principalmente de los estados vecinos Yucatán, Veracruz y Tabasco, así como del Distrito Federal. Esta situación se ha originado en gran medida por la apertura de centros turísticos en la Costa Norte del Estado y el éxito turístico de Cancún. Fuente: XII Censo General de Población y Vivienda 2000 (INEGI, 2001).

Ubicación de la tenencia de la tierra y núcleos agrarios

El H. Ayuntamiento del Municipio Benito Juárez administra la superficie Municipal, estimada en 196,830.8 ha, desde la cabecera, Cancún, y con apoyo de tres Delegaciones: Puerto Morelos, Leona Vicario y Alfredo V. Bonfil, y de dos subdelegaciones: Puerto Juárez y Central Vallarta.

El territorio municipal, de acuerdo con la estructura de la tenencia de la tierra, se subdivide en terrenos ejidales, nacionales, federales, estatales, privados y fundo legal, según se aprecia en las Figura 50 elaboradas a partir de los datos reportados por FONATUR (2000), Catastro Municipal (2001), y la Dirección de Planeación Urbana dependiente de la Dirección General de Desarrollo Urbano (2002).

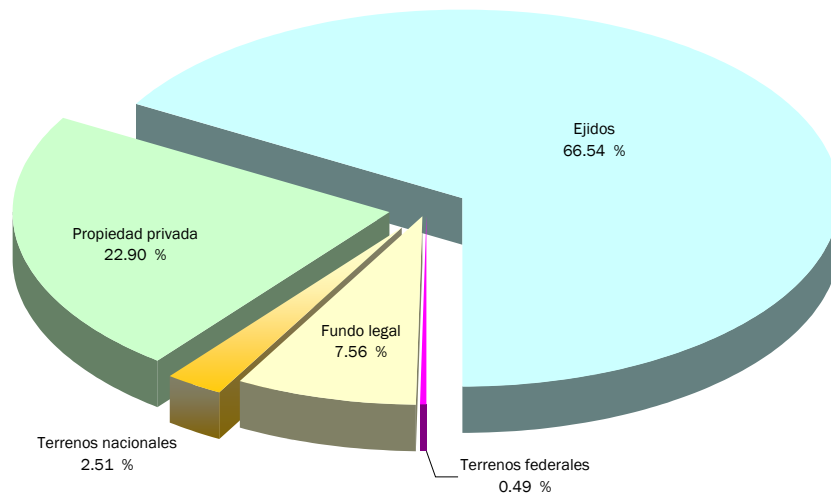


Figura 48. Tenencia de la tierra. Como se puede observar en la gráfica la mayor parte del territorio municipal es propiedad ejidal, seguida de las propiedades privadas y una menor parte pertenece a terrenos nacionales y federales, así como al fondo legal. Fuente: FONATUR, 2000, Catastro Municipal, 2001.

Dotación de servicios públicos e infraestructura

Centros de salud: En Puerto Morelos solo existe un centro de Salud, aunque en la Col. Cetina Gazca, han aumentado el número de consultorios particulares.

Educación: El Municipio reporta 4,681 aulas, en Puerto Morelos en el 2005 se registraron 8 escuelas, 2 de preescolar, 3 primarias, 3 secundarias.

El rezago educativo ha disminuido a nivel primaria, y secundaria, no así a nivel medio superior y superior, no hay suficientes escuelas públicas para los alumnos que ingresan de la secundaria.

Dotación de agua: La prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento en Benito Juárez está concesionada a las empresas DHC-Aguakan, que abastece de agua a la población mediante 5 sistemas de agua potable con un total de 87,340 tomas domiciliarias en 4 localidades con red de distribución. La extracción se hace a partir de 141 fuentes de abastecimiento que corresponden a pozos profundos desde los cuales también se abastece a Isla Mujeres.

En las zonas rurales y en algunos asentamientos humanos irregulares existen pozos que extraen agua del subsuelo mediante bombas. No existe un censo en cuanto al número de pozos en funcionamiento ni sobre el volumen de extracción.

En Puerto Morelos el abastecimiento es por medio de un pozo, los desarrollos hoteleros cuentan con su sistema propio de abastecimiento, no existe un censo acerca de estos pozos.

Drenaje: En Puerto Morelos no hay plantas de tratamiento de aguas residuales, los hoteles cuentan con sus propios sistemas de tratamiento, y la población asentada tiene fosas sépticas para sus aguas residuales.

Rellenos sanitarios: La superficie de los tiraderos de basura a cielo abierto y del relleno sanitario en el municipio Benito Juárez es de 4 y 41 ha respectivamente, con un volumen de recolección de basura anual de 221 mil toneladas.

El único relleno sanitario del municipio se localiza fuera de los límites municipales, en el territorio del municipio Isla Mujeres y da servicio a la ciudad de Cancún y al ejido Alfredo V. Bonfil; cuenta con 4 celdas, todas ellas completas. La quinta celda se realizó en la parte media del relleno actual, está operando desde el mes de mayo de 2002 y tendrá una vida útil de 48 meses.

El rezago en materia de manejo de residuos sólidos es grave en el Municipio, tanto en los ejidos Puerto Morelos y Leona Vicario donde la disposición es a cielo abierto, como en las localidades en las que no hay recolección y por lo tanto la basura se acumula en lotes baldíos sin control alguno. Aún en Cancún la colecta de basura tiene una cobertura menor al 90 % de la ciudad y existen zonas donde la basura se acumula propiciando impactos ambientales.

En Puerto Morelos se reporta un camión recolector, y una hectárea como tiradero a cielo abierto.

En materia de residuos peligrosos se tiene que los desechos hospitalarios generados por las 19 unidades médicas del sector público, las 22 clínicas hospitalarias privadas y los 26 laboratorios de análisis clínicos que hay

registrados en el municipio Benito Juárez, se trasladan a la ciudad de Mérida a través de una empresa yucateca privada que los incinera.

Los aceites quemados que se producen de los talleres automotores se recolectan por una empresa privada que les da un adecuado destino final. No se conocen los volúmenes de colecta ni el porcentaje de cobertura.

Electricidad: La electricidad es abastecida desde las instalaciones generadoras que se encuentran en Yucatán. En la zona urbana, se cuenta con el servicio al 100%.

VIVIENDA

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2005, INEGI, reporta para el Municipio Benito Juárez 147,914 viviendas particulares habitadas por 571,614 ocupantes, lo que arroja un promedio de ocupación de 3.87. Del total de vivienda, 118,800 tienen piso diferente a la tierra, 120,547 disponen de sanitario, 114,125 disponen de agua entubada, 120,902 disponen de drenaje, 120,125 disponen de energía eléctrica,

Según INVIQROO, en Quintana Roo existe un déficit de vivienda de 35,000 unidades que recae principalmente en las ciudades de Cancún y Playa del Carmen, en las que los problemas de tenencia de la tierra y su elevado costo han fomentado el rezago en materia de vivienda, lo que ha causado que una parte de la población recurra a ocupar zonas ejidales estableciendo asentamientos humanos irregulares, carentes de servicios urbanos y con irregularidades en el régimen de propiedad. Lo anterior ha generado un deterioro en la calidad de la vida de los habitantes, así como un grave deterioro ambiental en los denominados cinturones de miseria.

En Puerto Morelos se registraron 317 viviendas, con 1,084 ocupantes, con un promedio de ocupantes de 3.95 habitantes, se reporta que 160 disponen de drenaje, 158 con energía eléctrica, 157 viviendas reciben agua entubada, solo 155 cuentan con los tres servicios.

ECONOMÍA

Quintana Roo ocupa el quinto lugar en la aportación al PIB nacional, aunque solo representa el 1%, con una tasa general de empleo de 98.6%. La población económicamente activa es de 461,749, población ocupada 455,362, población desocupada 6,376.

Tabla 15. PIB que aporta el estado y Cancún.

	PIB Millones de pesos	PIB per capita
Cancún	73,266	133,159
Relativo al Estado %	60.6 %	1.21 veces
Relativo al País %	1.0 %	1.83 veces

Tabla 15. En Cancún a aumentado en los últimos años la tasa de desempleo debido a la alta migración.

Indicadores	Cancún	País
Crecimiento anual de Salario	4.8	2.2
Tasa de desempleo abierto May -2006	7.1	6.2
Ventas Menudeo May- 2006	13.8	2.4

Actualmente (2009), existen aproximadamente 3,000 cuartos de hotel en Puerto Morelos, el crecimiento hotelero en los últimos 10 años, ha sido de más del 200% .

4.2.5. Diagnostico Ambiental

a) Integración e interpretación del inventario ambiental

El diagnóstico ambiental se realiza de forma integral considerando la situación actual del medio natural, reconociendo las relaciones entre los diferentes componentes del sistema, resaltando las formas en que se han llevado a cabo estas interacciones y valorando el estado de sus componentes.

En el análisis se reconocen los factores críticos en el sistema, por su fragilidad, estado de conservación, y por su participación como elemento básico del sistema, como son el suelo, que se puede reflejar o ser resultado de las condiciones de la vegetación.

El diagnóstico ambiental se presenta en forma de cuadro gráfico, donde se le asigna un valor de acuerdo a caracteres universales y que no requieren de metodologías especiales para su apreciación se califican el estado de conservación, fragilidad y capacidad de carga de acuerdo a los fundamentos descritos en la siguiente tabla:

Tabla 16. Calificaciones del diagnóstico ambiental.

	Alto	Medio	Bajo
Estado de conservación	Cuando las condiciones no han sido modificadas, o han sido modificadas de forma poco significativa.	Cuando se ha modificado el estado original, pero existe un grado aceptable de conservación.	La afectación del factor es relevante y su naturaleza ha sido modificada significativamente.
Fragilidad	Un elemento frágil se degrada con facilidad y se recupera con dificultad, es vulnerable.	Se encuentra en un término medio de susceptibilidad y capacidad de recuperación.	Cuando el componente tiene una alta capacidad de regeneración y no se ve afectado con facilidad.
Capacidad de regeneración	Cuando un elemento se recupera en un intervalo de tiempo corto de un efecto impactante.	Cuando un elemento se recupera de forma paulatina de un impacto.	Cuando no se recupera o es un proceso a muy largo tiempo.

Tabla 17. Diagnóstico ambiental del área de influencia.

Est. Cons.= Estado de conservación, Frag= Fragilidad, Cap. Reg.= capacidad de regeneración. A=Alto, M=Medio, B=Bajo.

Elemento indicador	Descripción de la situación actual.	EC	F	CR
Calidad del aire	En la zona no existen emisiones por industria o acciones extractivas, se limita a los gases de combustión que emiten los vehículos en las avenidas colindantes. Por ser una zona donde corre el viento continuamente los gases se dispersan de forma inmediata. En cuanto a los olores no existen emisiones que sean desagradables, el manglar a pesar de estar muy dañado con ejemplares muertos, en los alrededores del predio, tampoco genera malos olores.	Alto	Medio	Alta

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

Elemento indicador	Descripción de la situación actual.	EC	F	CR
Nivel de ruido	El ruido proviene de la operación del hotel, por el paso de trabajadores, de los vehículos y de los visitantes. EL confort sonoro es agradable. Respecto a la fauna esta mantiene su distancia, permaneciendo en la amplia zona de conservación que forma parte del Plan Maestro El Cid De Cancún.	Alto	Alta	Alta
Microclima	El microclima no se ha modificado al estar en la línea de costa la humedad es constante, los edificios brindan sombra y en las áreas verdes se absorbe parte del calor. Si existe algún cambio este no es perceptible.	Alto	Alto	Medio
Agua Superficial	En la zona la cuenca depende de la temporada de lluvias, no tiene conexión con el mar. Los caminos paralelos y perpendiculares a la playa la han fragmentado, en algunos de estos caminos se han dejado pasos de agua, permitiendo que el nivel se mantenga igual a los lados de los caminos, excepto en el camino principal a Puerto Morelos, donde se evidencia la diferencia entre la cuenca al norte y sur del camino, lo que si llega a afectar el crecimiento de la vegetación.	Medio	Alto	Medio
Agua Subterránea	De acuerdo a los estudios que se han realizado en la zona la dirección del flujo subterráneo es de oeste a este, en dirección hacia el mar, con una carga hidráulica de aproximadamente 0.5 m tendiendo a 0 m cuando se acerca a la playa. El agua es salobre, el agua dulce tiene un espesor en el sitio de 2 m aproximadamente. El humedal que colinda con el predio se recarga del agua pluvial, y de algunos manantiales que en temporada de lluvias contribuyen a que se inunde la cuenca de las lagunas paleofosiles. EL agua subterránea en la zona se reporta en algunos sitio con coliformes fecales, esto probablemente se debe al rezago en drenaje de la Colonia Cetina Gazca (Lado Oeste de la carretera) y de Puerto Morelos.	Medio	Alta	Medio
Calidad del suelo	La playa tiene arena con un espesor medio de 2 m, no se reconocieron contaminantes, si se observa un color parduzco en parte de la playa, que es la arena que se regreso, a la playa la cual se lavo por que se había mezclado con turba del manglar (Tras los huracanes Wiloma y Dean).	Alto	Media	Media

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

Elemento indicador	Descripción de la situación actual.	EC	F	CR
Erosión – Acreción de la Playa	SE observa que la dinámica de la zona se ha modificado por la construcción del muelle fiscal, de las escolleras que ahora conforman la Marina El Cid, que la playa al no estar protegida por la rompiente arrecifal, recibe el embate de las olas y sus cambios temporales de forma drástica, aumentando y disminuyendo la playa temporalmente. Es por este punto que se propone el presente proyecto.	Medio	Alta	Baja
Flora playa	En el Hotel se está reforestando con vegetación halofita el frente de playa, en el resto del predio se está combinando la vegetación nativa como el manglar, con vegetación ornamental. En los terrenos colindantes, la vegetación halófito creció sobre la arena que aventó el huracán Wilma, en el caso del manglar también se ha recuperado lentamente, sobre todo las especies de blanco y botoncillo, el mangle rojo fue afectado irreversiblemente, esto se debe como ya se había mencionado a los cambios en el flujo superficial sobre todo por el camino principal a Puerto Morelos, y probablemente al cambio de la localidad fisicoquímica del agua, por la gran cantidad de materia orgánica que genero el mangle muerto.	Medio	Alta	Medio
Fauna playa.	En la playa y en los terrenos aledaños no hay rastros de fauna, la cual es característica de humedal – manglar, esta permanece en las áreas de conservación que rodean el sitio. En la playa se observan algunas aves de paso, estas prefieren sobrevolar sobre la laguna arrecifal donde hay más peces.	Bajo	Alta	Baja
Agua marina	Al no desarrollarse actividades industriales en la zona no se identifican contaminantes, el muelle fiscal, tiene cabida para dos embarcaciones, por lo que el trafico es poco, lo que reduce las posibilidades de accidentes o derrames. Hasta la fecha no se han registrado incidentes en la zona que pudieran provoca cambios en su calidad.	Alto	Alta	Alta

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

Elemento indicador	Descripción de la situación actual.	EC	F	CR
Flora y fauna marina	En la zona de Puerto Morelos el ambiente marino no se ha visto muy afectado, ya que las construcciones en la playa y las actividades son de baja densidad, por lo que en el caso de las lagunas arrecifales se conservan los lechos de pasto, y en la orilla se llegan a ver peces y otros organismos. En el caso de los lechos arenosos como frente al <i>hotel Nh Puerto Morelos</i> la fauna y flora es muy escasa, pero también se conserva la original. EN ambos casos se ha visto afectada por los embates del oleaje de tormenta, que las ha cubierto de arena, pero esto es parte de la dinámica natural.	Alto	Alta	Bajo
Corrientes y oleaje	En este sentido el oleaje y corrientes profundas no han sido modificados ya que no existen construcciones marinas en la zona. Respecto a las microcorrientes en el litoral, estas si se han modificado por la construcción de estructuras como el muelle fiscal y los espigones que ahora conforman la marina El Cid. Estos cambios se reflejan e la dinámica y energía del oleaje que llega a las playas adyacentes a estas construcciones, el resto de la zona no se ve modificada.	Media	Alta	Media
Naturaleza, Fragilidad Calidad Paisajística.	El paisaje terrestre en el sitio es peculiar, ya que se observa la belleza del mar Caribe con zonas de humedal recuperado, donde se pueden observar aves, pero por los manchones de mangle seco (por el huracán Wilma), y el campamento de construcción que aún permanece sobre el boulevard El Cid. Desde la playa esto no se observa por lo que en este sitio la calidad paisajística es alta a pesar de los edificios de los hoteles.	Medio	Alta	Medio
Social y económico.	Puerto Morelos ha crecido muy lentamente desde los años setentas cuando comenzó el desarrollo y crecimiento de Cancún, actualmente la colonia Cetina Gazca es la que tiene una taza alta de crecimiento, con los nuevos fraccionamientos y su expansión hacia el oeste de la carretera. El crecimiento de cuartos ha sido del 200%, pero esto no se refleja en beneficios para la población, ya que existe un marcado rezago de servicios como es el drenaje, escuelas, centros de salud, agua potable, entre otros.	Bajo	Alta	Alta

b) Síntesis del inventario

En general el sistema ambiental, aunque ha sido afectado por el desarrollo humano, siguen conservando sus componentes, y estos a su vez siguen prestando los servicios ambientales que les han sido reconocidos, es decir que en general la integridad funcional del sistema ambiental permanece, bajo la presión constante del crecimiento poblacional y económico.

En el cuadro anterior se observa que el estado de conservación de los componentes naturales va de medio a alto, en general Puerto Morelos, por el lento crecimiento que ha presentado conserva la conexión entre los diversos ecosistemas que le conforman, y para contribuir a que esto continúe, será necesario que el nuevo plan de desarrollo urbano, contemple la conservación de estos conectores biológicos Selva – manglar – duna costera – Laguna arrecifal - arrecifal, que son los que hacen que las playas sean tan atractivas.

Hasta el momento en la zona de Puerto Morelos, no se ha registrado una pérdida irreversible de especies, o de ecosistemas, ya que afortunadamente existen las herramientas de planeación como son el Programa de Ordenamiento Ecológico Municipal (POEL-BJ), anteriormente el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Corredor Cancún – Tulum (POET-CT), y se cuenta con el Plan de Desarrollo Urbano de Puerto Morelos, en proceso de actualización.

El daño evidente hacia la vegetación por el paso del huracán Wilma que deshidrato al mangle rojo, y que no se ha recuperado, ha promovido una sucesión de especies en el manglar, ya que el mangle blanco y el botoncillo, y en menor cantidad el negro se han recuperado con éxito, este año la cuenca presenta aves migratorias, que entre el mangle muerto y el vivo dejan ver que el sistema sigue prestando sus importantes servicios ambientales como refugio de fauna, donde encuentran alimento y en algunos casos sitios de reproducción.

En la zona marina los muelles de pescadores, el muelle fiscal y la marina El Cid, han generado algunos cambios en la línea de costa, pero estos no han modificado la integralidad funcional de esta, los que se han visto afectados son los dueños de los predios colindantes, debido a los cambios en la playa, como es el caso del predio en estudio donde la dinámica de erosión acreción, modifica la anchura de la playa en forma severa. En el caso de los predios entre la marina y el muelle fiscal si va ganando terreno el mar,

provocando un acarreo constante de arena a la laguna arrecifal, cubriendo a los organismos de arena, disminuyendo su supervivencia.

Ya en el caso de los arrecifes, gracias a la existencia del plan de manejo del Parque Marino, y a la supervisión de éste, las actividades que se realizan se regulan impidiendo que se dañe el arrecife con sobreexplotación o sobrecarga de visitas.

El coral si presenta algunos daños, estos se debe a la eutroficación del agua, contaminación y sobrepesca, y también al paso de los huracanes y tormentas tropicales, y no se descarta la teoría de los cambios globales, como es el aumento en la temperatura del mar.

Aquí se observa como las actividades que se realizan tierra adentro, como es la contaminación del agua subterránea, que finalmente desemboca en el mar provoca cambios como es el exceso de materia orgánica, en este caso por falta de un sistema de drenaje adecuado, lo que genera una explosión en el crecimiento de algas filamentosas e incrustantes.

En síntesis los componentes y la dinámica o procesos entre sus ecosistemas en Puerto Morelos, presenta un estado de conservación que va de medio a alto, con un nivel de fragilidad alto, por lo que requiere de meticulosa planeación el establecimiento del uso de suelo, y marino; La capacidad de regeneración a los daños naturales es alta, a los cambios por acciones del hombre es baja o requiere de medidas de prevención y mitigación urgentes, como sería el mejoramiento e incluso la construcción de más pasos de agua en el camino principal, o que el acceso fuera piloteado, disminuir la contaminación del manto freático, investigar otras opciones de pesca, regular las construcciones sobre la duna, el manglar y la selva, entre otros.

Quizás el mayor problema es que el crecimiento económico y la calidad de vida no tienen un crecimiento equitativo, por lo que la autoridad municipal debería dar respuestas a estas demandas básicas de la población antes de impulsar que se modifique la densidad y coeficiente de ocupación del suelo para que se construyan más hoteles, u otro tipo de proyectos.

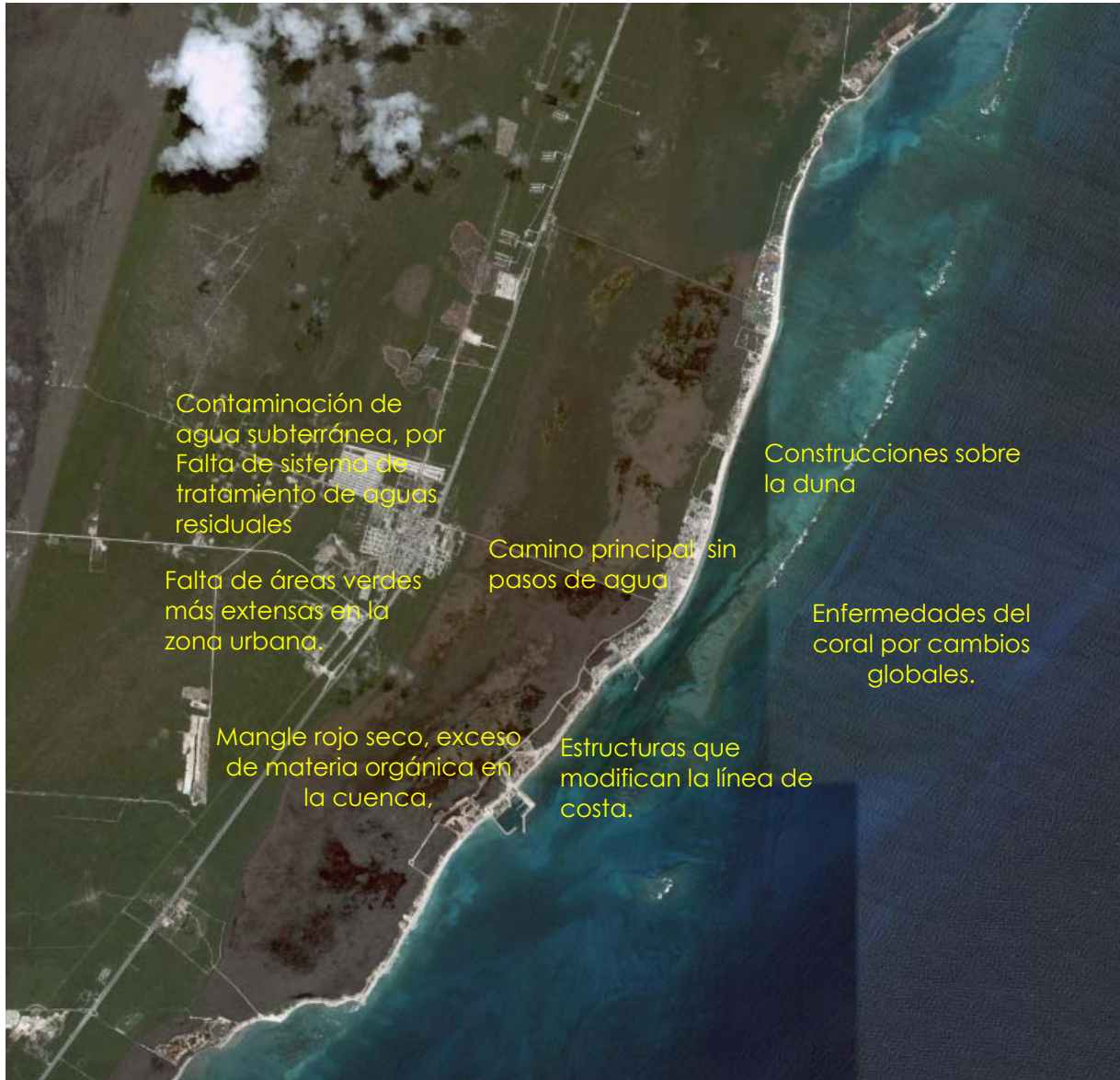


Figura 49. Problemática ambiental, se observa que el uso de suelo en el sistema ambiental catalogado aquí como Puerto Morelos, es aun bajo, manteniendo aun extensas áreas con vegetación original.

5. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

5.1. METODOLOGÍAS PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES

5.1.1. Indicadores de impacto.

Los indicadores de impacto ó índices ambientales se definen como “la expresión medible de un impacto ambiental” con y sin proyecto, por lo que son variables que evidencian las alteraciones sobre el factor ambiental, así un indicador es capaz de caracterizar cualitativa o cuantitativamente el estado del factor que se pretende valorar.

Los indicadores de impacto regularmente están representados en unidades heterogéneas, inconmensurables, por lo que se requiere transformarlos a unidades homogéneas y a dimensionales para hacerlos comparables, a fin de jerarquizar los impactos y totalizar la alteración que generará el proyecto, lo que en este caso se realizó por el método de la *Matriz de Importancia*, ya que el índice de importancia uniformiza los criterios.

Se buscó que los indicadores ambientales cumplieran con los siguientes criterios:

- **Representatividad.**- Se refiere a que es un indicador que evidencia los cambios al elemento afectado.
- **Relevancia.**- La información que aporta es indicativa en términos de tiempo y espacio.
- **Excluyente.**- Que no es repetitiva con otros indicadores, lo que podría llevar a una sobrevaloración de algunos efectos.
- **Cuantificable.**- Que es medible en términos cuantitativos de requerirse.
- **Fácil identificación.**- que es claro y conciso.

Con el fin de elegir los indicadores ambientales que sean representativos y de relevancia en el área de estudio se eligieron los elementos que en base a la caracterización del medio abiótico, biótico y socioeconómico son cuantificables y de fácil identificación.

5.1.1. Lista de indicadores de impacto ambiental.

En este caso la evaluación de impactos ambientales se realizara por el método de *Matriz de Importancia* (Conesa, 1995), la cual señala que no se requiere de una fase de cribado de indicadores ambientales, ya que la matriz permite la identificación y evaluación al mismo tiempo, por lo que se establecieron como indicadores ambientales, los componentes críticos, y que cumplen con los supuestos mencionados anteriormente, destacando la fácil identificación.

A partir de la información de los capítulos anteriores, donde se describieron los componentes del sistema ambiental, se eligieron los indicadores para este sistema en particular. (Conesa, 1995, y Gómez, 2003).

A continuación se describe el término en que se evaluó cada uno de los indicadores:

Tabla 18. Indicadores del sistema ambiental en Puerto Morelos.

Factor ambiental	Elemento indicador	Criterios que lo hacen relevante
Atmósfera	Calidad perceptible del aire	Calidad del aire expresada en términos de percepción ausencia o presencia de contaminantes, los cuales se infieren por el tipo de actividades e insumos a utilizar, así como la concentración de polvo y partículas en suspensión, según la superficie de las zonas homogéneas y la población afectada en cada zona.
	Nivel de ruido	Es el grado de bienestar o confort en función del nivel del ruido durante el día y la noche. Es el nivel sonoro en un punto crítico y/o representativo del impacto ambiental y se determina, por los datos conocidos de la medida ponderada del nivel equivalente (Leq.dB(A) de los equipos y maquinaria a utilizar.
	Microclima	Se refiere a los elementos que conforman el clima en micro escala, como el efecto albedo, humedad, insolación o sombra, entre otros, en este caso el microclima es parte del nicho de especies vegetales y animales, así como un factor de confort social.

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

Factor ambiental	Elemento indicador	Criterios que lo hacen relevante
Hidrología	Calidad del agua.	Esta afectación resulta particularmente sensible en el sistema debido a dos condiciones exclusivas de la Península de Yucatán que corresponden a la existencia de un sustrato calcáreo de alta permeabilidad donde el principal reservorio de agua dulce corresponde al manto freático, del que depende el abastecimiento de agua para la población y que desemboca finalmente al mar, por lo que su alteración repercutiría en las condiciones de éste.
	Escorrentía superficial	En esta zona la recarga de los acuíferos puede verse modificada si cambia la topografía, ya sea por la creación de barreras físicas que impidan que corra el agua sobre la superficie de forma horizontal y vertical. Este indicador se cuantifica considerando las condiciones actuales de la topografía de los terrenos colindantes al predio en estudio, que tengan influencia en éste y el área que será modificada, en extensión parcial y no puntual.
Suelo	Calidad del suelo	Son los niveles de elementos extraños o no procesables en el suelo y el subsuelo que modifican su composición y con ello los procesos físicos, químicos y biológicos, naturales.
	Cantidad y tipos de suelo	Este rubro se refiere al desplazamiento de la capa fértil o rica en nutrientes del suelo así como al tipo de suelo existente y los que serían afectados por las obras.
	Relieve y carácter topográfico	Se refiere a la superficie que será alterada, directa e indirectamente, por las obras o modificación de la topografía.
Suelo y geohidrología marina	Geomorfología de playa.	Se refiere a la modificación de la morfología de la playa, si va a modificarse su forma actual.
	Dinámica litoral	Este indicador más que un elemento aislado, se refiere a la dinámica, o procesos de la playa que integra una serie de elementos entre la parte terrestre y marina, como es la topografía de la playa, el oleaje, la granulometría de la arena. Incluye los procesos de erosión y depositación, en la playa, y la compactación y estabilidad de la arena.
	Relieve marino	El litoral es un elemento de cambio constante, este elemento se refiere a un cambio brusco en la topografía en la zona marina, que sea un cambio extraordinario a la dinámica natural, aun contemplando casos extremos como son los de tormenta.
	Calidad de agua marina	Cambios en la composición fisicoquímica del agua.

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

Factor ambiental	Elemento indicador	Criterios que lo hacen relevante
Biodiversidad ecosistemas	Vegetación terrestre y marina	En este elemento se evalúa su composición en número de especies, de ejemplares por especie y distribución, lo que se define como diversidad. Así como la superficie que ocupa cada ecosistema con obra y sin obra.
	Fauna terrestre y marina	El indicador se refiere al número de especies que podrían ser afectadas, con énfasis en las catalogadas como especies raras, endémicas o amenazadas.
	Procesos bióticos.	Superficie que ocupa cada asociación vegetal o ecosistema y la superficie que existe para el intercambio genético de poblaciones. Los procesos se evaluarán en el sentido de evaluar la afectación en las cadenas tróficas, ciclos reproductivos y movilidad de especies.
Paisaje	Naturalidad.	Son los espacios sin modificación del paisaje en donde no se han producido actuaciones humanas y estas pueden ser: espaciales, puntuales lineales y superficiales.
	Calidad Paisajística	Está conformada por tres elementos de percepción: por las características intrínsecas del sitio, por la calidad visual y la calidad de fondo escénico.
Territorio, Servicios e infraestructura.	Compatibilidad del uso de suelo y cuerpos de agua	Son las actividades que se desarrollan en el predio y sus colindancias, así como la política de uso, y la capacidad de recepción del proyecto, evaluando la congruencia con el desarrollo económico y social en la zona.
	Infraestructura a Redes de abastecimiento básico	Es el impacto que tendrá el proyecto en la red de abastecimiento en el área, como es el abastecimiento y tratamiento del agua, electricidad y comunicaciones en cuanto a la demanda que tendrá de ellos el proyecto, y se mide en función del incremento de esta necesidad a nivel local.
	Congestión de tráfico	Se evalúa el tráfico en comparación con la densidad estimada existente actualmente y con la disponibilidad de caminos.
Economía	Nivel de empleo	Este corresponde a uno de los rubros socioeconómicos más importantes, en el desarrollo de proyectos de construcción, en los cuales se requiere de trabajadores en todas sus etapas. Si bien esta característica constituye un beneficio económico para los involucrados, suele también producir afectaciones de tipo social como: migración, marginación, demanda de servicios, entre otros.

Factor ambiental	Elemento indicador	Criterios que lo hacen relevante
	Cambio de valor de suelo	El valor del suelo dependiendo de la aptitud territorial y el tipo de actividad a realizar puede aumentar o verse degradado.
	Derrama económica	En este rubro se contempla la afectación a la economía local y regional, que puede ser directa o indirecta, como son los ingresos a la administración o economía local, el nivel de consumo.

Es importante señalar, que no se considero el factor poblacional, ya que no hay acciones directas o indirectas que tengan efectos sobre la calidad de vida o dinámica de la población.

5.1.2. Criterios y metodologías de evaluación.

El método de evaluación de impactos ambientales debe permitir la medición del grado de intensidad e incidencia del efecto impactante y de la acción que impacta, definiendo en primer lugar si el efecto es positivo o negativo, a si como su efecto temporal y espacial, tomando en cuenta la capacidad del elemento impactado de absorber o recuperarse de dicho impacto.

En este caso el valor será medido a través de la asignación del “*valor de importancia*” del impacto método descrito por Conesa. (1995), basado en métodos como el de la matriz de Leopold y el método cuantitativo del Instituto Batelle-Colombus.

El método se divide en dos partes la primera que permite identificar y valorar de forma cualitativa la importancia del impacto, y la segunda cuando se asignan valores de calidad ambiental a los factores ambientales que serán impactados.

La matriz de importancia, consiste en un cuadro de doble entrada en cuyas columnas figurarán las acciones impactantes y dispuestas en filas los factores ambientales susceptibles a recibir impactos, es decir los indicadores ambientales que hemos seleccionado y enumerado en el inciso anterior.

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

Los elementos de la matriz de importancia identifican el impacto ambiental (Ii) generado por una acción simple de una actividad (Ai) sobre un factor ambiental considerado (Fj).

En este estadio de valoración, mediremos el impacto, en base al grado de manifestación cuantitativa del efecto que quedará reflejado en lo que definimos como importancia del impacto. Los elementos tipo, o casillas de cruce de la matriz, estarán ocupados por la valoración correspondiente a once símbolos siguiendo el orden espacial, más una casilla que sintetiza en una cifra la importancia del impacto en función de la fórmula:

La importancia de los impactos (I= Importancia), se calculo por medio de la siguiente fórmula:

$$I = \pm (3I+ 2EX + MO +PE + RV+ SI+ AC + EF + PR + MC)$$

Donde la I = importancia es resultado de los valores asignados a cada atributo de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 19. Significado de los símbolos y valores que pueden ser asignados

Naturaleza	Beneficio	+			
	Perjudicial	-			
Intensidad (I) (Grado de destrucción)	Baja	1	Sinergia (SI) (Regularidad de la manifestación)	Sin sinergismo	1
	Media	2		Sinérgico	2
	Alta	4		Muy sinérgico	4
	Muy Alta	8			
	Total	12			
Extensión (EX) (área de influencia)	Puntual	1	Acumulación (AC) (Incremento progresivo)	Simple	1
	Parcial	2		Acumulativo	4
	Extenso	4			
	Total	8			
	Critica	+4			
Momento (MO) (Plazo de manifestación)	Largo plazo	1	Efecto (EF) (Relación causa – efecto)	Indirecto	1
	Medio plazo	2		Directo	4
	Inmediato	4			
	Critico	(+4)			
Persistencia (PE) (Permanencia del efecto)	Fugaz	1	Periodicidad (PR) (Regularidad de la manifestación)	Irregular	1
	Temporal	2		Periódico	2
	Permanente	4		Continuo	4
Reversibilidad (RV)	Corto plazo	1	Recuperabilidad (MC) (por medios humanos)	Inmediato	1
	Medio plazo	2		Medio plazo	2
	Irreversible	4		Mitigable	4
				Irrecuperable	8

El valor de importancia toma valores entre 13 y 100;

Los impactos con valores de importancia inferiores se califican de acuerdo al siguiente rango:

Valor de importancia (I)	Significancia
Menor a 25	Irrelevante
Entre 25 y 50	Moderado
Entre 50 y 75	Severo
Mayor a 75	Crítico

Es importante señalar que al igual que los valores de los distintos símbolos no son comparables, los valores entre distintas casillas de cruce tampoco son comparables.

El impacto final cualitativo se obtiene de la suma de los impactos en la etapa de operación y los de las etapas de preparación y construcción que sean permanentes.

Los resultados de las sumas, pierden la cualidad cuantitativa, ya que no son resultado de la valoración de los criterios, y están en función del grado de manifestación cualitativa de cada criterio que se evaluó, por lo que no se son indicadores de que los valores en las sumas no son comparables.

Análogamente se puede decir que la importancia en la fila $j=2$, es mayor que la fila $k=1$, y deducir que j está siendo agredido en mayor medida que el factor k , pero sin proporción numérica alguna, no significa que j es dos veces más impactada que k . Es importante tener presente lo anterior al interpretar la matriz resultante.

5.2. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Las acciones que se evaluarán también pasan un filtro, de tal forma que no sean redundantes y evitando que se sobrevalúe una acción:

Para el proyecto de habilitación de un arrecife artificial, por medio de módulos comercialmente conocidos como AMA, se especifico en el capítulo 2, no se requiere etapa de preparación y construcción, que en este caso se trata de la colocación de las estructuras en la zona marina frente al Hotel NH Puerto Morelos, que tampoco existe etapa de operación, ya que las

estructuras pasaran a formar parte de los elementos marinos, pero que si se requiere del monitoreo de los cambios que se vayan generando en el área de influencia, tanto en la playa como en el arrecife artificial, para ver cómo se va poblando y registrar la sucesión de especies.

Actividades que se realizaran para habilitar el arrecife artificial:

- Colocación de las estructuras en el sitio asignado.

En este proceso, las actividades específicas que se evaluaran como riesgosas son:

- ✓ Utilización de transporte marino: La Chalana, la cual se calcula estará en el sitio del proyecto dos días.
- ✓ Presencia de trabajadores: Los buzos, técnicos y tripulación de la chalana (Dos días).
- ✓ Presencia de las AMA en la zona marina, los cuales estarán de forma permanente.

La matriz de impactos resulta peculiarmente pequeña, debido a la sencillez de las acciones que requiere el proyecto, la importancia de la evaluación de los impactos recae en el análisis que se presenta en los cuadros del análisis por factor ambiental.

5.2.1. Valor de importancia de los impactos ambientales identificados

La matriz donde se cruzan las acciones con los factores ambientales muestra los valores de importancia del impacto de forma particular para cada elemento ambiental evaluado.

Posteriormente se presenta una ficha por factor donde se analizan y se presentan los valores máximos asignados a cada factor ambiental, detallando los valores que se asignaron a cada uno de los 11 atributos evaluados en cada etapa:

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

Tabla 20. Matriz de identificación y evaluación del valor / (importancia) del impacto.

		Si l simple es: - Menor que 25 el impacto es irrelevante - Entre 25 y 50 el impacto es moderado - Entre 50 - 75 el impacto es severo - Mayor a 75 el impacto es crítico En las sumatorias por fila y columna no aplica el criterio anterior. Los valores no son proporcionales, unicamente indicativos.	Naturaleza del + - 0 neutro	Presencia de embarcación Y plataforma	Presencia del personal	Colocación de los AMA's	TOTAL COLOCACIÓN	Permanencia de los AMA's	Reforestación con especies halofitas	Monitoreo de los AMA's	TOTAL OPERACIÓN	
FACTORES DEL MEDIO												
MEDIO FÍSICO NATURAL	Medio biótico	Atmósfera	Calidad del aire (olores, gases y partículas)	-17			-17					
			Microclima (temperatura, albedo y humedad)									
			Nivel de ruido	-19			-19					
			Total atmósfera	-36			-36					
		Suelo	Calidad del suelo									
			Relieve y carácter topográfico									
			Total suelo									
		Agua continental	Calidad del agua									
			Escorrentía superficial									
			Total Aguas continentales									
	Medio marino y costero	Topografía y naturaleza del fondo marino			23	23	29				29	
		Corrientes										
		Régimen térmico										
		Calidad del agua										
		Dinámica litoral, Geomorfología de la playa					50	25			75	
		Total medio marino y costero			23	23	79	25			104	
	TOTAL MEDIO ABIÓTICO				-36		23	-13	79	25		104
	Medio biótico	Vegetación	Cobertura y número de especies Marina				28					28
			Cobertura y numero de especies terrestre					19				19
			Total vegetación					28				28
Fauna		No. de especies terrestre					28					28
		No.de especies marinas						17				17
		Total Fauna					28					28
Procesos bióticos		Cadenas alimentarias					28					28
		Ciclos de reproducción										
		Ecosistemas especiales					28					28
		Movilidad de especies					28					28
		Procesos bióticos					84					84
TOTAL MEDIO BIOTICO								140			140	

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

Si l simple es:			Naturaleza del		Presencia de embarcación Y plataforma	Presencia del personal	Colocación de los AMA's	TOTAL COLOCACIÓN	Permanencia de los AMA's	Reforestación con especies halófitas	Monitoreo de los AMA's	TOTAL OPERACIÓN	
- Menor que 25 el impacto es irrelevante - Entre 25 y 50 el impacto es moderado - Entre 50 - 75 el impacto es severo - Mayor a 75 el impacto es crítico En las sumatorias por fila y columna no aplica el criterio anterior. Los valores no son proporcionales, unicamente indicativos.			+	-									0
Medio perceptual	Paisaje	Calidad terrestre paisajística						22	17			39	
		Calidad submarina paisajística						36				36	
	TOTAL MEDIO PERCEPTUAL							58	17			75	
TOTAL MEDIO FISICO			-36	0	23	-13	277	25				319	
MEDIO SOCIO ECONÓMICO	Medio social	Territorio	Uso de suelo										
			Uso de los cuerpos de agua continental										
			Actividades costeras y marinas						29				29
			Areas de recreo para población										
			Areas verdes										
			Total territorio							29			
	Población	Dinámica poblacional											
		Actividades económicas y productivas											
		Características culturales e interacciones sociales											
		Total población											
	Infraestructura	Red de abastecimiento de agua, electricidad y comunicaciones											
		Estructura de los núcleos poblacionales											
		Congestión tráfico											
		total											
	TOTAL MEDIO SOCIAL								29				29
Medio económico	Economía	Nivel de empleo		23			23				19	19	
		Nivel de consumo											
		Cambio valor del suelo						25				25	
		Ingresos administración											
		Ingresos economía local	19	19	19	57	25		19	44			
		Total economía	19	42	19	80	50		38	88			
TOTAL MEDIO ECONÓMICO			19	42	19	80	50		38	88			
TOTAL MEDIO SOCIOECONÓMICO			19	42	19	80	79		38	117			
Total			-17	42	42	67	356	42	38	436			

Se observa que los impactos identificados, se generan principalmente por la operación o permanencia de las estructuras arrecifes modulares artificiales (AMA's), que la etapa de preparación de estas estructuras al realizarse en las instalaciones del proveedor, solo requieren del traslado del muelle de Puerto Morelos, a la zona de destino final.

Esto implica únicamente las acciones de manejo de la chalana, conformada por la embarcación de arrastre y la plataforma con grúa, la presencia de los buzos y tripulación, y las maniobras de colocación de los AMA's.

Por ello contrario a la mayoría de los proyectos donde la mayor parte de los impactos se generan en la etapa de preparación y construcción, en este caso el mayor numero de impactos se genera en la etapa de operación, que como ya se menciona se refiere a la permanencia y desarrollo natural del arrecife artificial.

También es un caso peculiar de este proyecto la presencia de impactos neutros es decir que no son positivos ni negativos, y los altos valores de importancia de los impactos positivos.

En las fichas siguientes se hace el análisis por factor ambiental:

FICHA POR CADA FACTOR EVALUADO A FIN DE ESPECIFICAR LOS CRITERIOS CONSIDERADOS PARA LA EVALUACIÓN DEL VALOR DE IMPORTANCIA DE LOS IMPACTOS:

Factor evaluado: CALIDAD DEL AIRE, NIVEL DE RUIDO		
Etapa del proyecto	Colocación de las AMA's	Operación
Acciones Impactantes	<ul style="list-style-type: none"> Embarcación de arrastre de la chalana. 	No existe acción impactante.
Atributos evaluados	Valor asignado al impacto	
Naturaleza	Negativa	
Intensidad	Baja	
Extensión	Puntual	
Momento	Inmediato	
Persistencia	Fugaz	
Reversibilidad	Corto plazo	
Sinergia	Simple	
Acumulación	Simple	
Efecto	Indirecto	
Periodicidad	Irregular	
Recuperabilidad	Inmediata	
Valor de Importancia	Irrelevante -19	
Etapa de Colocación	<p>En el uso de la embarcación cuyo motor funciona por diesel se generan gases producto de la combustión, los cuales se dispersarán de forma inmediata, se planea que la embarcación entre dos días. El impacto resulta irrelevante.</p> <p>El ruido que se genere por esta actividad también es puntual y fugaz, las condiciones normales se recuperan en cuanto se termina la actividad.</p>	
Etapa de operación	No existe impacto a este factor.	

Factor evaluado: SUELO		
Etapa del proyecto	Colocación	Operación
Acciones Impactantes	No existe acción impactante.	No existe acción impactante.
Etapa de Colocación y operación	No se realizan actividades que modifiquen la zona terrestre, los procesos que se espera sucedan en la playa se evalúan en el factor procesos geohídricos.	

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

Factor evaluado: AGUA CONTINENTAL		
Etapa del proyecto	Colocación	Operación
Acciones Impactantes	No existe acción impactante.	No existe acción impactante.
Etapa de Colocación y operación	No se realizan actividades que modifiquen la calidad, cantidad o escorrentía del agua continental superficial o subterránea.	

Factor evaluado: PROCESOS GEOHIDRICOS MARINOS Y COSTEROS.		
Etapa del proyecto	Colocación de las AMA's	Operación
Acciones Impactantes	<ul style="list-style-type: none"> Colocación de los AMA's. 	<ul style="list-style-type: none"> Permanencia de los AMA'S, disminuyendo la energía en la playa.
Atributos evaluados	Valor asignado al impacto	
Naturaleza	Neutro	Positivo
Intensidad	Baja	Total
Extensión	Puntual	Puntual
Momento	Inmediato	Medio plazo
Persistencia	Permanente	Permanente
Reversibilidad	Corto plazo	Medio plazo
Sinergia	Simple	Sinérgico
Acumulación	Acumulativo	Acumulativo
Efecto	Directo	Directo
Periodicidad	Continuo	Continuo
Recuperabilidad	inmediato	Inmediato
Valor de Importancia	Moderado 29	Severo +50
Etapa de Colocación	<p>La colocación de los arrecifes modulares artificiales (AMA's), cambia de forma inmediata la topografía del sitio, así como la energía del oleaje. Aunque en ese momento no tendrá una repercusión inmediata en el área de influencia el impacto por la colocación es puntual, y se considera irreversible de forma inmediata, ya que en cuanto se retiraran las estructuras el sitio quedaría en las condiciones originales, sus efectos por su permanencia se evalúan en el rubro de operación, se considera acumulativo, ya que se une a los efectos de las estructuras existentes en el litoral como es la marina colindante al norte del sitio donde se colocaran las estructuras.</p> <p>El impacto resulta moderado neutro, debido a que en el momento no tiene un efecto positivo y tampoco negativo.</p>	
Etapa de operación	<p>Ya en la etapa de operación los cambios que se espera se den por la presencia de las estructuras AMA's, al atenuar la energía de la playa, se espera que los cambios por temporada de nortes, surestes y tormentas, en la playa sean menos bruscos. Esto permitirá que se establezca la playa permitiendo la depositación de arena, disminuyendo la erosión brusca en</p>	

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

	Factor evaluado: PROCESOS GEOHIDRICOS MARINOS Y COSTEROS.
	<p>las temporadas de mayor oleaje, lo que permitirá que la arena, se vaya compactando y estabilizando permitiendo que se generen otro tipo de procesos, más característicos de las lagunas arrecifales, las cuales de forma natural tienen una rompiente del oleaje.</p> <p>Las estructuras al ser atenuadores de la energía, y por su colocación no modifican la dirección de la corriente en aguas abiertas o en la playa, la circulación de agua seguirá siendo constante por lo que tampoco modificara el régimen térmico, en el sitio.</p> <p>Resulta un impacto positivo severo o de significancia media, debido a que se verá influenciada la totalidad del área que ha sufrido modificaciones severas desde la construcción del espigón al norte del predio, por lo que si se considera la extensión total como el área de influencia, el impacto es puntual.</p>

Factor evaluado: VEGETACIÓN Y FAUNA TERRESTRE.		
Etapas del proyecto	Colocación de las AMA's	Operación
Acciones Impactantes	<ul style="list-style-type: none"> No hay actividades en la zona terrestre. 	<ul style="list-style-type: none"> Permanencia de los AMA'S, disminuyendo la energía en la playa. Reforestación de la playa.
Atributos evaluados	Valor asignado al impacto	
Naturaleza	Positivo	
Intensidad	Bajo	
Extensión	Puntual	
Momento	Medio plazo	
Persistencia	Permanente	
Reversibilidad	Medio plazo	
Sinergia	Sinérgico	
Acumulación	Simple	
Efecto	Directo	
Periodicidad	Continuo	
Recuperabilidad	Inmediato	
Valor de Importancia	Moderado +25	
Etapas de Colocación	No hay impacto	
Etapas de operación	<p>Como una medida para estabilizar la playa se llevara a cabo la reforestación de esta con especies halófilas, características de la playa en la zona, esto disminuye la erosión, dando estabilidad a la arena, por lo que se considera un impacto positivo, que resultado moderado, ya que es puntual, pero sinérgico.</p> <p>La fauna en este sentido por la barrera física que representa el hotel se vería menos beneficiada, pero de cualquier modo al haber una playa más estable organismos como los cangrejos y algunos reptiles podrán utilizar la playa como refugio y para buscar alimento, cabe señalar que antes del hotel si se veían estas especies en la playa y vegetación de la duna costera, por lo que tendrían opción de volver a poblar esta zona.</p>	

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

Factor evaluado: VEGETACIÓN Y FAUNA MARINA.		
Etapas del proyecto	Colocación de las AMA's	Operación
Acciones Impactantes	<ul style="list-style-type: none"> No existen impactos hacia este factor. 	<ul style="list-style-type: none"> Permanencia de los AMA'S, disminuyendo la energía en la playa.
Atributos evaluados	Valor asignado al impacto	
Naturaleza	Positivo	
Intensidad	Bajo	
Extensión	Puntual	
Momento	Medio plazo	
Persistencia	Permanente	
Reversibilidad	Medio plazo	
Sinergia	Sinérgico	
Acumulación	Simple	
Efecto	Directo	
Periodicidad	Continuo	
Recuperabilidad	Medio Plazo	
Valor de Importancia	Moderado +28	
Etapas de Colocación	No hay impacto	
Etapas de operación	<p>Se prevén tres formas en que la vegetación y fauna marina se vería favorecida, la primera es directamente sobre las estructuras, donde se espera el crecimiento de flora y fauna arrecifal, como algas verdes calcáreas, y corales escleractinios, la llegada de peces en busca de refugio y alimento, y posteriormente otros invertebrados comunes en el sitio.</p> <p>Otra forma indirecta en la que se verían favorecidos es la disminución de la energía en la parte frontal del arrecife artificial, es decir entre la playa y el AMA, donde también se desarrollaran camas de pastos o algas como se observa en las lagunas arrecifales de Puerto Morelos.</p> <p>También se prevé que de forma indirecta disminuya la presión al arrecife frontal de Puerto Morelos, sobre todo por visitantes que no son expertos en el buceo que generalmente son los causan mayor daño al arrecife al pararse sobre los organismos o pegarles con las aletas. De este modo tendrían la alternativa de visualizar un arrecife con su magnífica variedad de organismos, en un área cercana y poco profunda.</p>	

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

Factor evaluado: PROCESOS BIÓTICOS.		
Etapa del proyecto	Colocación de las AMA's	Operación
Acciones Impactantes	<ul style="list-style-type: none"> No hay actividades que modifiquen estos procesos. 	<ul style="list-style-type: none"> Permanencia de los AMA'S, disminuyendo la energía en la playa.
Atributos evaluados	Valor asignado al impacto	
Naturaleza	Positivo	
Intensidad	Bajo	
Extensión	Puntual	
Momento	Medio plazo	
Persistencia	Permanente	
Reversibilidad	Medio plazo	
Sinergia	Sinérgico	
Acumulación	Simple	
Efecto	Directo	
Periodicidad	Continuo	
Recuperabilidad	Medio Plazo	
Valor de Importancia	Moderado +28	
Etapa de Colocación	No hay impacto	
Etapa de operación	<p>Este factor con todos sus elementos como son las cadenas tróficas, ciclos de reproducción, movilidad de especies, se ven impactados positivamente. En general se genera un nuevo ecosistema en esta playa, ya que de ser un arenal, se conformara como un arrecife tipo rompiente, y entre él y la playa; una laguna costera artificial.</p> <p>Se proyecta que habrá movilidad de especies entre el arrecife natural a 700 m de distancia aproximadamente y las estructuras AMA's.</p> <p>El impacto resulta moderado, por ser puntual y de intensidad baja en relación a la superficie que actualmente ocupa el arrecife de Puerto Morelos, pero es un impacto que se integra al sistema ambiental arrecifal de Puerto Morelos, de forma permanente y continua.</p>	

Factor evaluado: PAISAJE TERRESTRE Y MARINO		
Etapa del proyecto	Colocación de las AMA's	Operación
Acciones Impactantes	<ul style="list-style-type: none"> Presencia de los equipos y trabajadores por dos días. 	<ul style="list-style-type: none"> Permanencia de los AMA'S, disminuyendo la energía en la playa.
Atributos evaluados	Valor asignado al impacto	
Naturaleza	Positivo	
Intensidad	Bajo	
Extensión	Puntual	
Momento	Medio plazo	

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

Factor evaluado: PAISAJE TERRESTRE Y MARINO	
Persistencia	Permanente
Reversibilidad	Medio plazo
Sinergia	Sinérgico
Acumulación	Simple
Efecto	Directo
Periodicidad	Continuo
Recuperabilidad	Medio Plazo
Valor de Importancia	Moderado +36
Etapas de Colocación	EL impacto no se considero ya que la presencia de los equipos y la chalana es muy corto, ocho horas por dos días. Resulta irrelevante.
Etapas de operación	<p>En la parte terrestre el impacto es indirecto, pero uno de los elementos más apreciados en la zona son las características particulares de las playas del Caribe Mexicano, conformadas por arena muy fina y casi blanca, por lo que al promover la estabilidad de la playa, se contribuye de forma puntual a mejorar el paisaje del frente de Playa del Hotel. Al ser puntual, e indirecto la importancia del impacto resulta irrelevante.</p> <p>En el caso del paisaje submarino, este aunque es puntual se considero de intensidad alta, ya que modificara por completo el paisaje de arenal que se observa actualmente, a un paisaje más asociado a una laguna arrecifal con rompiente arrecifal. Al ser un impacto sinérgico, ya que habrá todo un proceso de sucesión de especies, en la plataforma arenosa frente a la playa y en las estructuras AMA's, el resultado da uno de los valores de importancia más altos en la matriz, aunque el valor es moderado.</p>

Factor evaluado: PAISAJE TERRESTRE Y MARINO		
Etapas del proyecto	Colocación de las AMA's	Operación
Acciones Impactantes	<ul style="list-style-type: none"> Presencia de los equipos y trabajadores por dos días. 	<ul style="list-style-type: none"> Permanencia de los AMA'S, disminuyendo la energía en la playa.
Atributos evaluados	Valor asignado al impacto	
Naturaleza	Positivo	
Intensidad	Bajo	
Extensión	Puntual	
Momento	Medio plazo	
Persistencia	Permanente	
Reversibilidad	Medio plazo	
Sinergia	Sinérgico	
Acumulación	Simple	
Efecto	Directo	
Periodicidad	Continuo	
Recuperabilidad	Medio Plazo	
Valor de	Moderado +36	

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

Factor evaluado: PAISAJE TERRESTRE Y MARINO	
Importancia	
Etapa de Colocación	EL impacto no se considero ya que la presencia de los equipos y la chalana es muy corto, 8cho horas por dos días. Resulta irrelevante.
Etapa de operación	<p>En la parte terrestre el impacto es indirecto, pero uno de los elementos más apreciados en la zona son las características particulares de las playas del Caribe Mexicano, conformadas por arena muy fina y casi blanca, por lo que al promover la estabilidad de la playa, se contribuye de forma puntual a mejorar el paisaje del frente de Playa del Hotel. Al ser puntual, e indirecto la importancia del impacto resulta irrelevante.</p> <p>En el caso del paisaje submarino, este aunque es puntual se considero de intensidad alta, ya que modificara por completo el paisaje de arenal que se observa actualmente, a un paisaje más asociado a una laguna arrecifal con rompiente arrecifal. Al ser un impacto sinérgico, ya que habrá todo un proceso de sucesión de especies, en la plataforma arenosa frente a la playa y en las estructuras AMA's, el resultado da uno de los valores de importancia más altos en la matriz, aunque el valor es moderado.</p>

Factor evaluado: TERRITORIO		
Etapa del proyecto	Colocación de las AMA's	Operación
Acciones Impactantes	<ul style="list-style-type: none"> No hay actividades que alteren este factor en la etapa de colocación. 	<ul style="list-style-type: none"> Permanencia de los AMA'S, disminuyendo la energía en la playa.
Atributos evaluados	Valor asignado al impacto	
Naturaleza	Positivo	
Intensidad	Bajo	
Extensión	Puntual	
Momento	Medio plazo	
Persistencia	Permanente	
Reversibilidad	Medio plazo	
Sinergia	Simple	
Acumulación	Acumulativo	
Efecto	Directo	
Periodicidad	Continuo	
Recuperabilidad	Medio Plazo	
Valor de Importancia	Moderado +29	
Etapa de Colocación	No se genera impacto hacia este componente ambiental.	
Etapa de operación	Respecto al componente territorial, el arrecife artificial representa una opción más de recreación en la zona, tanto para la población residente como para el turismo. La importancia del impacto resulta moderada, ya que si tiene repercusiones fuera de la playa y del hotel, será una opción	

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

	Factor evaluado: TERRITORIO
	más a ofrecer a los servidores turísticos, lo que a su vez permite la conservación de los arrecifes naturales, como ya se ha dicho principalmente a la gente que no es buzo, o nadadores ocasionales, que son los que mayores daños causan. En este caso podrán tener acceso a la zona desde la playa, o desde la zona marina.

	Factor evaluado: POBLACIÓN E INFRAESTRUCTURA.	
Etapa del proyecto	Colocación de las AMA's	Operación
Acciones Impactantes	<ul style="list-style-type: none"> No hay actividades que alteren este factor en la etapa de colocación. 	<ul style="list-style-type: none"> No hay actividades que alteren este factor en la etapa de colocación
Etapa de Colocación	No se genera impacto hacia este componente ambiental.	
Etapa de operación	El proyecto no modifica de ninguna manera la dinámica de la población, y no afecta la infraestructura, o servicios existentes.	

	Factor evaluado: ECONOMÍA.	
Etapa del proyecto	Colocación de las AMA's	Operación
Acciones Impactantes	<ul style="list-style-type: none"> Colocación de las AMA's, 	<ul style="list-style-type: none"> Monitoreo por personal profesional,
Etapa de Colocación	El impacto hacia este factor resulta de importancia irrelevante, por los pocos días que se requiere para su colocación, si genera empleos de la tripulación y personal especializado por dos días. Y Promueve el abastecimiento de materiales para la construcción de los AMA's, es de intensidad baja y temporal, pero si se debe tomar en cuenta que es acumulativo con el resto de los proyectos que se realizan en la zona.	
Etapa de operación	<p>El Monitoreo será periódico, los primeros tres años semestral y posteriormente anual hasta los 5 años, que se espera se establezca el sistema, y posteriormente se verificara en caso de algún evento extraordinario. Para lo que se ocupara únicamente dos buzos y el fotógrafo, por lo que el impacto hacia el sector empleo resulta irrelevante.</p> <p>Aquí se espera un impacto en la economía local, ya que será una opción más a los servidores que ofrecen los paseos en lancha al arrecife o el esnorquel, aunque este será a mediano plazo, después de 2 años, que los AMA's ya presenten una comunidad arrecifal, el impacto resulta de importancia irrelevante, aunque es parcial es puntual y de baja intensidad ya que por el tamaño del arrecife los visitantes serán pocos aunque se prevé el impacto es permanente.</p>	

5.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Posterior a la matriz de identificación y evaluación de importancia se realiza la matriz depurada, donde se visualizan los impactos moderados y severos, eliminando los impactos irrelevantes, para que se aprecien los impactos que en realidad van a modificar el ambiente.

FACTORES DEL MEDIO				Presencia embarcación y plataforma	Presencia del personal	Colocación de los AMA's	TOTAL COLOCACIÓN	Permanencia de los AMA's	Reforestación con especies halofitas	Monitoreo de los AMA's	TOTAL OPERACIÓN	
Medio físico natural	Medio abiótico	Medio marino y costero Procesos geohidricos	Topografía y naturaleza del fondo marino					29			29	
			Dinámica litoral, Geomorfología de la playa					50	25		75	
			Total medio marino y costero					79	25		104	
		TOTAL MEDIO ABIOTICO							79	25		104
	Medio biótico	Vegetación	Cobertura y numero de especies Marina					28			28	
			Total vegetación					28			28	
		Fauna	Numero de especies terrestre					28			28	
			Total Fauna					28			28	
		Procesos bióticos	Cadenas alimentarias					28			28	
			Ecosistemas especiales					28			28	
			Movilidad de especies					28			28	
			Procesos bióticos					84			84	
		TOTAL MEDIO BIOTICO							140			140
				Calidad paisajística submarina					36			36
	TOTAL MEDIO PERCEPTUAL							36			36	
	TOTAL MEDIO FÍSICO								255	25		280
	I y	Territorio	Actividades						29			29

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

FACTORES DEL MEDIO			Presencia embarcación y plataforma	Presencia del personal	Colocación de los AMA's	TOTAL COLOCACIÓN	Permanencia de los AMA's	Reforestación con especies halofitas	Monitoreo de los AMA's	TOTAL OPERACIÓN
		costeras y marinas								
		Total territorio					29			29
		TOTAL MEDIO SOCIAL					29			29
		Cambio valor del suelo					25			25
		Ingresos economía local					25		19	44
		Total economía					50		19	69
		TOTAL MEDIO ECONOMICO					50		19	69
		TOTAL MEDIO SOCIOECONOMICO					79		19	98
		Total					334	25	19	378

Se observa que los impactos de mayor significancia son todos positivos, y se generan por la permanencias de los AMA's. Generándose la mayoría hacia el medio marino, en menor medida a la playa y algunos se reflejaran en la economía local, como un atractivo más en la zona.

En la matriz depurada se ven afectados 11 elementos, de los cuales 10 son positivos y uno se evaluó como neutro, los valores negativos todos resultaron irrelevantes, por lo que al depurar la matriz quedaron descartados.

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

6.1. MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y CORRECTIVAS.

Aun que como se observo en el capitulo anterior la mayoría de los impactos son positivos, si se deberán tener medidas de prevención y mitigación muy claras y del conocimiento de todo el equipo que participara a fin de evitar cualquier incidente no contemplado:

Durante la colocación.-

1. La embarcación, la chalana y la grúa deberán estar en perfectas condiciones, a fin de evitar cualquier derrame de combustible aceite o grasa en la zona marina.
2. El personal que se contrate operadores y buzos deberán contar con experiencia en este tipo de labores a fin de evitar accidentes, por el manejo de las estructuras tan pesadas.
3. Se deberá acordonar la zona de playa a fin de evitar que los turistas o visitantes se acerque al área de maniobra en la colocación de las estructuras AMA's.
4. Se deberá llevar un registro fotográfico de las maniobras que incluya fotografía submarina, en el proceso y al finalizar la colocación.
5. Las estructuras se trasladaran al sitio ya lavadas, a fin de que el resto de material se quede en el sitio donde se elabora, A fin de evitar que se laven en el mar.

Durante la operación.-

6. Se colocara un letrero en la playa señalando que está prohibido pararse sobre las estructuras, tocar o coleccionar cualquier individuo, alimentar a los peces, nadar entre las estructuras.
7. En las labores de monitoreo los buzos solo deberán registrar la situación de las estructuras, no tocando o recolectando ningún organismos.
8. En caso de presentarse un evento extraordinario que pudiera mover las estructuras, si estas se salen del área señalada, se reacomodaran, aunque esta posibilidad es remota, por el diseño, y por el peso de las estructuras.

6.2. IMPACTOS RESIDUALES

Los impactos que se presentan en la matriz depurada que son los que presentan mayor significancia en la evaluación del valor de importancia, son los impactos que son permanentes, en este caso son los impactos residuales.

Los impactos residuales son positivos, y se espera que pasen a formar parte del sistema ambiental.

7. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.

7.1. PRONOSTICO DEL ESCENARIO.

El escenario que se espera en la zona del proyecto se resume en el logro del objetivo principal reducir la energía que llega a la playa del hotel Nh. Lo cual desencadenará una serie de procesos que resultan benéficos tanto para la biota marina como para el uso de suelo en la playa.

Los pronósticos se puntualizan en:

1. Modificación de la topografía en la porción sur de la zona marina ubicada frente al hotel Nh Puerto Morelos, creando un rompiente de 60 m de longitud paralela a la costa, con los arrecifes modulares artificiales (AMA's), diseñados para disminuir la energía sin crear una barrera rígida.
2. Llegada de ictiofauna, y otros invertebrados, que encontraran sombra, refugio, y alimento en las AMA's
3. El crecimiento de organismos arrecifales que tomaran como sustrato las estructuras AMA's algas, esponjas, corales.
4. Al disminuir la energía del oleaje entre las estructuras y la playa, aquí podrán crecer organismos que por la alta energía antes no

ARRECIFE ARTIFICIAL FRENTE AL HOTEL NH PUERTO MORELOS

encontraban las condiciones óptimas para su desarrollo, como pastos, algas calcáreas y verdes, corales escleractinios y gorgonáceos.

No se espera que toda la superficie sea cubierta pero sí que se aproximara a las proporciones que presenta la laguna arrecifal natural a esta profundidad, arenal 40%, pasto 40%, algas 15% y el 5% restante organismos sésiles varios, como corales y esponjas.

7.2. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL.

La propuesta es un monitoreo de las condiciones en el arrecife artificial y la playa; los parámetros y tiempos que se proponen son:

Indicadores	Periodicidad					
	1er año	2º año	3er año	4º año	5º año	6º año
Topografía y Batimetría de la playa y zona marina colindante.	semestral	semestral	anual	anual	anual	-
Porcentaje de cobertura de la zona marina en el área de influencia.	semestral	semestral	anual	anual	anual	-
Presencia de flora u fauna marina en las estructuras, registrando el número de especies y su cobertura o	semestral	semestral	anual	anual	anual	-

Se proyecta que a los 5 años el arrecife artificial ya estará estable, por lo que se daría por terminado el monitoreo.

7.3. CONCLUSIONES.

- *Para poder confrontar el problema de la erosión de playas es fundamental considerar la zona costera como un sistema, de manera tal que la erosión sea realmente mitigada y no solo transferida a otros segmentos de la playa.*
- *Cuando se plantea dar solución a un problema de erosión, es importante conocer su historia y considerar el proceso de formación, dinámica litoral y características morfológicas de la zona, con el objeto que las alternativas que se elaboren realmente mitiguen la erosión playera.*
- *El Dr. Rodolfo Silva Casarín realizó el estudio de las condiciones que determinan la dinámica en la playa, concluyendo que La única posibilidad de modificar las condiciones actuales es mediante la construcción de alguna estructura rígida.*
- *Dicha estructura debía de cumplir mínimo estos tres preceptos:*
 - a) Reducir de la energía en la zona frente al predio del “Hotel NH Puerto Morelos”.
 - b) No generar impacto visual.
 - c) Permitir el transporte litoral, pero controlando la respuesta dinámica de la línea de costa a los cambios de sentido del transporte de sedimentos.
- *Los arrecifes modulares artificiales AMA's cumplen con estas cualidades, contribuyendo a la generación de un arrecife artificial que permitirá el establecimiento y resguardo de especies, que ahora encontrarán las condiciones necesarias para visitar esta zona como área de refugio, alimentación y hasta reproducción.*
- *Se espera que en alguna medida aunque sea mínima permita al Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos reducir la presión de visitantes a los arrecifes, sobre todo de gente no experimentada que termina lastimando los organismos con las aletas, al no controlar bien su nado.*

7.4. LITERATURA CONSULTADA.-

CONESA DEZ-VITORA, V. 1995, *GUIA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL*, 2ª ed. Mundi-Prensa Libros. 390 p.

CORONADO C., J. CANDELA, R. IGLESIAS-PRIETO, J. SHEINBAUM, M. LOPEZ Y F. J. OCAMPO-TORRES. *ON THE CIRCULATION IN THE PUERTO MORELOS FRINGING REEF LAGOON*. Coral Reefs (2007) 26:149-163.

GÓMEZ OREA, D. 2003, *EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL: UN INSTRUMENTO PREVENTIVO PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL*, 2ª ed. Mundi-Prensa Libros. 749 p.

GRANIEL CASTRO E. 2007. "HIDROGEOLOGÍA DE LOS TERRENOS DE "CARIBBEAN REEF VILLAS" EN PUERTO MORELOS, QUINTANA ROO", anexo de la manifestación de impacto ambiental del proyecto Caribbean Reef, Puerto Morelos.

JORDAN, DAHLGREN, E., 2008. Ponencia Los Arrecifes Coralinos del Caribe Mexicano, Perspectivas en los albores del siglo XXI: la urgencia de un Manejo Integral de la Zona Costera. UAPM, ICMYL, UNAM. Panel-Taller Hacia la Gestión Intergrada de la Zona Costera en el Estado, de Quintana Roo, 21 al 23 de Mayo de 2008.

MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL EL CID DE CANCÚN. 1999

MERINO IBARRA M. Y LILIA OTERO DAVALOS, 1991. *ATLAS AMBIENTAL COSTERO DE PUERTO MORELOS*, UNAM –CIQROO,

SEMARNAT – INE, 2000. *PROGRAMA DE MANEJO PARQUE NACIONAL ARRECIFE DE PUERTO MORELOS*. 1RA. EDICION.

SEMARNAP-PROFEPA. 1997. *Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*, 1ra ed.159 pp.

www.cancun.gob.mx

www.conanp.gob.mx/sig/

www.icmyl.unam.mx/arrecifes/seagrass.html

www.unesco.org/csi/pub/papers/ruiz.htm

www.wetlands.org/RSIS/_COP9Directory/Directory/ris/4MX030annex12.pdf

FOTOGRAFIA AEREA INEGI, OCTUBRE 1987, VE.Q.ROO, ESCALA 1:800, D.F153.38 B-1,L-4.

ORTOFOTO DIGITAL INEGI, FEBRERO DEL 2005, F16D51D, DATUM: ITRF92.

7.5. ANEXOS.-

1. Poder notarial del representante legal.- Escritura pública no. 24,377, con fecha de 27 de noviembre del 2006.
2. Documento que acredita a Promociones Marina Morelos S.A. de C.V. ante la SEMARNAT, como propietaria del lote donde se ubica el Hotel NH Puerto Morelos.
3. Estudio.- Caracterización marina.
4. Estudio.- APOYO TÉCNICO PARA LA GENERACIÓN DE UN ARRECIFE ARTIFICIAL QUE SIRVA DE REFUGIO Y ALIMENTO A ESPECIES, PARA REGENERAR LA PLAYA DE LA ZONA COSTERA AFECTADA POR EL HURACÁN DEAN Y COMO DEFENSA NATURAL, EN LA ZONA MARINA ADYACENTE AL PROYECTO "HOTEL NH PUERTO MORELOS", EN LAS CERCANÍAS DEL PARQUE NACIONAL ARRECIFE DE PUERTO MORELOS.
5. Planos.-
 - Localización del Hotel Nh Puerto Morelos y la zona marina.
 - Ubicación del arrecife artificial, sobrepuesto al plano de la zona federal marítimo terrestre.